

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

**PATRONES BIOGEOGRÁFICOS DE NEMATODOS PARÁSITOS DE PECES
DULCEACUÍCOLAS EN MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(SISTEMÁTICA)

P R E S E N T A

LORENA GARRIDO OLVERA

DIRECTOR DE TESIS: DR. GERARDO PÉREZ PONCE DE LEÓN

MÉXICO, D. F.

JUNIO, 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

RECONOCIMIENTOS

◆ Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Dirección General de Estudios de Posgrado (DGEP) por las becas otorgadas para el desarrollo de mis estudios de posgrado.

◆ A los proyectos PAPIIT-UNAM IN220605 (Evolución y biogeografía histórica de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en la zona de transición mexicana) y CONACyT 47233 (Helmintos Parásitos de Ictalúridos y Ciprínidos en el Norte de México: Sistemática y Biogeografía) por el financiamiento para la realización de este trabajo.

◆ A los miembros del Comité Tutoral por su trabajo en mi formación académica:

Dr. Gerardo Pérez Ponce de León

Dra. Virginia León Rêgagnon

Dr. Edmundo Díaz Pardo

DEDICATORIA

A mis padres

Balvina Olvera Pineda y Dagoberto Garrido Garrido

*por la confianza que me han brindado,
pero sobre todo por el gran amor que me tienen.*

.

A mis hermanos

Claudia, Dagoberto, Angélica y Carlos,

*porque a pesar de que somos tan diferentes
siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos.*

A mis tres hermosos sobrinos

Adair, Karla y Pablo

*por haber transformado mi vida
desde su llegada.*

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	iii
I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
II. CHECKLIST OF THE ADULT NEMATODE PARASITES OF FISHES IN FRESHWATER LOCALITIES FROM MEXICO	
Introduction	5
Materials and Methods	6
Results	12
Remarks	42
Acknowledgements	45
References	45
Appendix I	62
Appendix II	64
III. PATRÓN DE LA RIQUEZA DE ESPECIES DE NEMATODOS ADULTOS PARÁSITOS EN PECES DE LOCALIDADES DULCEACUÍCOLAS EN MÉXICO	
Introducción	74
Objetivos	76
Metodología	77
Resultados	86
Discusión	109
Referencias	114
Apéndice I	120
Apéndice II	129
CONCLUSIONES GENERALES	137

RESUMEN

El presente trabajo de tesis consta de tres capítulos. En el primero se presenta una introducción general que sitúa al lector en el contexto del trabajo, tratándose desde conceptos biogeográficos básicos hasta aquellos más específicos sobre la biogeografía de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de México. Las referencias bibliográficas de esta primera parte se presentan a pie de página. Los siguientes dos capítulos son presentados como artículos, cada uno con sus referencias bibliográficas.

El segundo capítulo constituye un listado de los nematodos adultos parásitos de peces dulceacuícolas de México (este trabajo se ha publicado en la revista *Zootaxa*). El listado incluye los 70 taxones (50 identificados a nivel de especie) que han sido registrados hasta el momento en el país, tanto bibliográficamente como en recolectas efectuadas en el presente estudio. Para cada taxón se presenta la información geográfica disponible (incluyendo coordenadas geográficas para cada localidad) y los huéspedes en los cuales los nematodos han sido encontrados. Adicionalmente, en este capítulo se incluyó un apéndice con los registros de las larvas de nematodos recolectadas durante este estudio parasitando peces de localidades dulceacuícolas de los estados de Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz. El segundo apéndice constituye un trabajo con la redescrición de una especie de nematodo, *Goezia nonipapillata*, el cual será enviado para su publicación a la revista *Systematic Parasitology*.

En el tercer capítulo se describe el patrón de la riqueza de especies de este grupo en nuestro país. Para ello se cuantificó la riqueza de especies de nematodos por cuenca hidrológica y por familia de huésped y posteriormente se realizaron comparaciones de riqueza y composición taxonómica de nematodos tanto entre las familias de huéspedes como entre las cuencas hidrológicas. El análisis indicó que el patrón de distribución de los nematodos es asimétrico entre las familias de huéspedes, ya que al parecer, cada familia posee su propia nematofauna; por lo tanto, la especificidad hospedatoria parece ser un factor importante en la distribución de los parásitos. Otro patrón es la representación asimétrica de la riqueza entre las diferentes cuencas hidrológicas, lo cual indica que factores abióticos y bióticos como la disponibilidad de las combinaciones de huéspedes intermediarios y definitivos, juegan un papel importante en la ocurrencia de las especies. El análisis de la riqueza también indicó que el esfuerzo de muestreo está concentrado en la región centro y sureste de México y que además éste no ha sido suficiente para cuantificar la riqueza total de especies. Por esta razón, se utilizaron cinco

estimadores no paramétricos (ICE, Chao2, Jack1, Jack2 y Bootstrap) para obtener un aproximado de cuántas especies faltan por registrar en cada familia de huéspedes y en cada cuenca hidrológica. La influencia de la latitud sobre la riqueza de especies de nematodos, también fue analizada, encontrando que no existe una diferencia significativa entre la riqueza específica de nematodos en los gradientes latitudinales donde éstos se distribuyen. De hecho, se encontró que a diferentes latitudes existe el mismo número de especies de nematodos.

En la última parte de la tesis se presentan las conclusiones generales considerando los resultados obtenidos en los capítulos II y III.

ABSTRACT

This thesis is divided in three chapters. The first one constitutes a general introduction, which includes basic biogeographical concepts and concepts regarding biogeography of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. In this part, the references are presented as footnotes. The next two chapters are written as papers, each one with its own references.

The second chapter is a checklist of the adult nematode parasites of freshwater fishes from Mexico (manuscript published in *Zootaxa*). The checklist was based in original data gathered from field work conducted during this survey and from previous records from all published accounts. In total, this checklist includes 70 taxa (50 identified at species level). Each taxon presents all the available information, with the most complete and detailed data on geographical distribution (including geographical coordinates for each locality) and hosts in which nematodes have been found in each locality. In addition, we included an appendix containing new records of larval nematodes collected during this study from localities in the states of Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Tamaulipas and Veracruz. The second appendix contains a manuscript with the redescription of the nematode *Goezia nonipapillata*. It will be submitted to *Systematic Parasitology*.

In the last chapter, we describe the diversity patterns of the aforementioned helminth group in Mexico. We established the species richness of nematodes in each drainage and each host family. Subsequently, we compared the species richness and the nematode fauna composition among drainages as well as among host families. The analyses indicate that the species richness per family of fishes is asymmetrical and many fish families possess their own characteristic nematode fauna; therefore specificity appears to be an important factor in the distribution of the parasites. Another pattern is the asymmetrical representation of the species richness among different areas of the country, which indicates that abiotic and biotic such as factors and the availability of different host combinations, play an important role in the occurrence of the species. The analysis of the information also indicates that sampling effort has been concentrated in Central and South East Mexico, whereas the northern regions remaining mostly unexplored. Because of the sampling effort has not been completed to count the total species richness, we used non parametric estimators (ICE, Chao2, Jack1, Jack2 and Bootstrap), to obtain an approximation on how many species

are missed in each host family and each drainage. The latitudinal influence on nematode species richness was also assessed, finding that the number of nematode species is the same in different latitudes.

In the last part of this thesis, we present general conclusions considering both second and third chapters.

I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La biogeografía estudia los patrones de distribución geográfica de los organismos (actuales y extintos) y propone hipótesis acerca de los procesos que les dieron origen (Zunino & Zullini, 2003)¹. El estudio de los patrones biogeográficos puede abarcar distintas áreas con un enfoque particular, como los patrones de riqueza específica (ecología geográfica y biogeografía de islas), la distribución de formas de vida (biogeografía ecológica), la corología (areografía) y los patrones de homología biogeográfica (biogeografía histórica), entre otros (Espinosa *et al.*, 2002)². El descubrimiento de los patrones de distribución de los seres vivos y la investigación de las causas o los procesos que los han producido, adquirieron una relevancia especial durante el siglo XIX, con las ideas de De Candolle (Espinosa *et al.*, 2001)³. De Candolle reconoció que en diferentes regiones de la tierra existían asociaciones particulares de plantas, las cuales estaban determinadas por las condiciones ecológicas y la compleja historia geográfica. Más adelante, definió las regiones botánicas, de las cuales señaló 20 en todo el globo terrestre. Sin embargo, el sistema de clasificación biogeográfico más usado es el de Sclater, quien con base en la distribución de las familias de aves, dividió al mundo en seis grandes regiones biogeográficas: Paleártica, Neártica, Neotropical, Etiópica, Oriental y Australiana (Llorente *et al.*, 2001)⁴.

En un contexto biogeográfico la situación de México es privilegiada, puesto que se localiza en una zona de transición entre dos de estas regiones: Neártica y Neotropical, dando como resultado una mezcla de elementos naturales. Sumado a lo anterior, la compleja topografía, la variación climática y su complicada historia geológica, han propiciado que nuestro país presente una alta diversidad biológica, así como una gran cantidad de endemismos (Steheli & Webb, 1985)⁵. Los patrones de riqueza y

¹ Zunino, M. & Zullini, A. (2003) *Biogeografía, la dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica, México, D. F., 359 pp.

² Espinosa-Organista, D., Morrone, J. J., Llorente-Bousquets, J. & Flores Villela, O. (2002) *Análisis de patrones biogeográficos históricos*. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F.

³ Espinosa, D., Aguilar, C. & Escalante, T. (2001) Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. In: Llorente, J. & Morrone, J. J. (Eds.), *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., pp. 31-37.

⁴ Llorente, J., Papavero, N. & Bueno, A. (2001) Síntesis histórica de la biogeografía. In: Llorente, J. & Morrone, J. J. (Eds.), *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., pp. 1-14.

⁵ Stehli, F.G. & Webb, S.D. (1985) *The great American biotic interchange*. Plenum Press, New York, 473 pp.

endemismo descritos, muestran que la primera exhibe una tendencia general a incrementarse hacia el sur del territorio mexicano, alcanzando su valor máximo en Oaxaca, donde convergen la Sierra Madre del Sur, el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental; en cambio, los endemismos son más abundantes hacia el medio tropical semiárido y subhúmedo, lo cual es más acentuado a lo largo de la vertiente del Pacífico y sobre el Altiplano. Las áreas de endemismo son mayores sobre las cordilleras del noroeste y aumentan en número y disminuyen en tamaño hacia el sureste (Espinosa *et al.*, 2000)⁶.

Con respecto a los peces dulceacuícolas de México, Espinosa *et al.* (1998)⁷ mencionaron que se han registrado 152 especies en la porción Neártica, mientras que en la Neotropical apenas suman 27. Además, señalan que existe una clara zona de transición entre ambas regiones biogeográficas, en la que la diversidad es mayor, con 205 especies. El área con un mayor número de especies endémicas para México es la Cuenca del Río Lerma-Santiago (Miller, 1986⁸; Espinosa *et al.*, 1998⁷).

Brooks y Mayden (1992)⁹ resumieron los patrones de distribución de los peces dulceacuícolas de la región Neártica. Analizando éstos con una versión modificada de la regionalización reconocida por Hocutt y Wiley en 1986, dichos autores señalan que el territorio mexicano comprende tres provincias:

1) PROVINCIA DEL RÍO GRANDE: incluye varias cuencas en el norte y centro de México, que estuvieron antiguamente conectadas al Río Grande (= Río Bravo) y a ríos del noreste (Río San Fernando y Soto la Marina). La fauna de peces nativos consiste de 134 especies, siendo el 50 % de ellas endémicas para la provincia.

2) PROVINCIA COSTA SONORENSE-SINALOENSE: se extiende a lo largo de la planicie costera del Pacífico, desde el noroeste del país hasta el Río Grande de Santiago. La fauna es depauperada (45 especies).

⁶ Espinosa, D., Morrone, J. J., Aguilar, C. & Llorente, J. (2000) Regionalización biogeográfica de México: provincias bióticas. In: Llorente, J., González, E. & Papavero, N. (Eds.), *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., pp. 61-94.

⁷ Espinosa, H., Fuentes, P., Gaspar, M. T. & Arenas, V. (1998) Notas acerca de la ictiofauna mexicana. In: Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. & Fa, J. (Eds.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. pp. 27-249.

⁸ Miller, R. R. (1986) Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, 30, 121-153.

⁹ Brooks, M. B. & Mayden, R. L. (1992) Phylogenetics and North American freshwater fishes. In: Mayden, R. L. (Ed.), *Systematics, Historical Ecology, and North American freshwater fishes*. Stanford University Press, Stanford, California, pp. 18-75.

3) PROVINCIA CENTRO DE MÉXICO: se extiende desde el Río Pánuco hasta el Río Papaloapan en la vertiente del Atlántico y desde el Río Grande de Santiago hasta el Río Verde / Atoyac en la vertiente del Pacífico. La fauna de peces consta de 205 especies nativas, siendo los goodeidos, poecílidos y aterínidos los elementos más diversos. Las cuencas más importantes en cuanto al número de endemismos son las del Río Lerma-Santiago y del Río Pánuco.

Los patrones de distribución de la fauna ictiológica dulceacuícola mexicana han sido analizados con cierta profundidad, sin embargo, los estudios donde se describe algún patrón biogeográfico de los helmintos que parasitan a estos peces son relativamente escasos (Pérez-Ponce de León *et al.*, 2000¹⁰; Vidal –Martínez & Kennedy, 2000¹¹; Choudhury & Pérez-Ponce de León, 2001¹²; Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2002¹³; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2003¹⁴; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2005¹⁵; Rosas-Valdez & Pérez Ponce de León, 2005¹⁶). Estos trabajos son descriptivos o emplean algún método de análisis tal como el análisis de parsimonia de endemismos (PAE) o bien análisis panbiogeográficos.

-
- ¹⁰ Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L., León-Règagnon, V. & Choudhury, A. (2000) Helminth communities of native and introduced fishes in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Fish Biology*, 57, 303-325.
- ¹¹ Vidal-Martínez, V. M. & Kennedy, C. R. (2000) Zoogeographical determinants of the composition of the helminth fauna of neotropical cichlid fish. *In*: Salgado-Maldonado, G., García-Aldrete, A. N. & Vidal-Martínez, V. M. (Eds.), *Metazoan parasites in the Neotropics: a systematic and ecological perspective*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., pp. 227-290.
- ¹² Choudhury, A. & Pérez-Ponce de León, G. (2001) *Spinitectus osorioi* n. sp. (Nematoda: Cystidicolidae) from *Chirostoma* spp. (Osteichthyes: Atherinidae) in Lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Journal of Parasitology*, 87, 648-655.
- ¹³ Pérez-Ponce de León, G. & Choudhury, A. (2002) Adult endohelminth parasites of ictalurid fishes (Osteichthyes: Ictaluridae) in Mexico: empirical evidence for biogeographical patterns. *Comparative Parasitology*, 69, 10-19.
- ¹⁴ Aguilar-Aguilar, R., Contreras-Medina, R. & Salgado-Maldonado, G. (2003) Parsimony Analysis of Endemicity (PAE) of Mexican hidrological basins based on helminth parasites of freshwater fishes. *Journal of Biogeography*, 30, 1861-1872.
- ¹⁵ Aguilar-Aguilar, R., Contreras-Medina, R., Martínez-Aquino, A., Salgado-Maldonado, G. & González-Zamora, A. (2005) Aplicación del análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en los sistemas hidrológicos de México: un ejemplo con los helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. *In*: Llorente Bousquets, J. & Morrone, J. J. (Eds.), *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática (RIBES XII.I-CYTED)*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., 227 pp.
- ¹⁶ Rosas-Valdez, R. & Pérez-Ponce de León, G. (2005) Biogeografía histórica de helmintos parásitos de ictalúridos en América del Norte: una hipótesis preliminar utilizando el método panbiogeográfico. *In*: Llorente Bousquets, J. & Morrone, J. J. (Eds.), *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática (RIBES XII.I-CYTED)*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., 217 pp.

Recientemente, Pérez-Ponce de León y Choudhury (2005)¹⁷ analizaron los patrones de distribución y diversidad de la helmintofauna parásita de peces dulceacuícolas mexicanos, con base en los registros de helmintos en estado adulto. Estos autores evaluaron tres hipótesis biogeográficas, encontrando que la mayoría de las especies de parásitos son específicas a ciertos linajes de huéspedes (familias, órdenes); reconocen la persistencia de helmintofaunas “principales” no sólo en áreas disyuntas, sino aún en zonas donde se superponen las distribuciones de aquellos peces cuyo origen es neártico o neotropical. Estos autores registraron un total de 120 especies de helmintos adultos que parasitan a los peces de dichos ambientes y señalaron que los nematodos, además de ser uno de los grupos de helmintos más frecuentemente encontrado en peces dulceacuícolas, son el grupo con mayor número de especies endémicas para nuestro país (27 especies).

Con base en lo anterior, el presente estudio pretende analizar la diversidad, endemidad y distribución de los nematodos que en estado adulto parasitan a peces dulceacuícolas de México. El trabajo se sitúa en el contexto de la importancia que los parásitos tienen en las iniciativas sobre conservación de los recursos bióticos. En este sentido, recientemente Brooks *et al.* (2000)¹⁸ y Pérez-Ponce de León y García-Prieto (2001)¹⁹ señalaron que el estudio de los parásitos constituye una valiosa fuente de información que debe ser considerada al tomar decisiones con respecto a la conservación y el manejo de la diversidad biológica, ya que la presencia o ausencia de organismos parásitos hace posible inferir la riqueza de vertebrados e invertebrados en un hábitat particular, mediante el conocimiento de sus ciclos biológicos; de igual manera, la ausencia de ciertos helmintos o la presencia de otros puede ser indicativa del estrés de un huésped individual, lo que a menudo refleja las alteraciones ambientales.

Trabajos como el presente son muy importantes no solo porque recopilan, ordenan y organizan información que está dispersa en distintas fuentes bibliográficas, sino también porque permiten determinar de manera más precisa el “tamaño de la fauna”, mediante métodos de estimación de riqueza.

¹⁷ Pérez-Ponce de León, G. & Choudhury, A. (2005) Biogeography of helminth parasites of freshwater fishes in Mexico: the search for patterns and processes. *Journal of Biogeography*, 32, 645-659.

¹⁸ Brooks, D. R., León-Règagnon, V. & Pérez-Ponce de León, G. (2001) Los parásitos y la biodiversidad. In: Hernández, H., García, A. N., Álvarez, F. & Ulloa (Eds.), *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad*. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F. pp. 245-289.

¹⁹ Pérez Ponce de León, G. & García Prieto, L. (2001) Los parásitos en el contexto de la biodiversidad y la conservación. *Biodiversitas*, 6, 11-15.

II. CHECKLIST OF THE ADULT NEMATODE PARASITES OF FISHES IN FRESHWATER LOCALITIES FROM MÉXICO

INTRODUCTION

Nematodes (Phylum Nematoda) are recognized as a natural group (Blaxter *et al.* 1998), and they are probably the second largest in the Animal Kingdom after arthropods, when considering the number of described and estimated unknown species. This phylum is represented by free living and parasitic species, and they constitute an extremely diverse group of organisms. Parasitic species are found in plants and animals, including both vertebrates and invertebrates.

The number of estimated nematode species vary between 500,000 (Hammond, 1992) and one million (May, 1988). The number of nematode species described from vertebrates has also been variably reported as 14, 000 (Gardner, 2000) or 8,359 (Hugot *et al.*, 2001) reported. In Mexico, Pérez-Ponce de León and García-Prieto (2001) mentioned that the number of nematode species described as parasites of vertebrates is 490, 155 of which are endemic. These authors also pointed out that fishes are the most intensively sampled group of hosts. However, the majority of the described nematode species are found in mammals (137), followed by marine, brackish and freshwater fishes (127), reptiles (105), birds (79) and amphibians (42).

Particularly with respect to nematodes parasitizing freshwater fishes, Moravec (1998) compiled all the information available up to that time from the Neotropical region, providing identification keys, descriptions and illustrations of most of the species. However, this author did not consider the nematode species occurring in Northern Mexico, since only the neotropics were included. The main objective of our paper is precisely to present all the available information published about adult nematode parasites of freshwater fishes in Mexico, with the most complete and detailed information on geographical distribution (including geographical coordinates for each sampled locality) and hosts in which nematodes have been found in each locality. The geographic distributional data about the localities we provide herein represent a valuable and comprehensive source of information for variety of biogeographical and ecological studies that may wish to examine the special distribution of this group of helminths.

MATERIALS AND METHODS

During the past 4 years (1999-2003), we collected 43 fish taxa from 26 freshwater localities, distributed in 9 states of the Mexican Republic (Table 1). Hosts were examined immediately after capture while the nematodes were still alive. Nematodes were obtained, processed and identified following Moravec (1998); voucher specimens were deposited in the Colección Nacional de Helminthos (CNHE), Instituto de Biología, UNAM, Mexico City. Based on this information we built a database (using Microsoft Access 2000) which also included the records of parasitic nematodes of freshwater fishes from Mexico, obtained from different published accounts through a detailed bibliographic search. In addition, we used information from parasitological collections such as: CNHE; Harold W. Manter Laboratory of Parasitology (HWML), University of Nebraska-Lincoln, Nebraska, USA and United States National Parasite Collection (USNPC), Beltsville, Maryland, USA.

The database consists of 20 fields, and includes information regarding fish hosts, localities, bibliographic references and specimen deposition. Criteria for the inclusion of hosts as freshwater species followed Myers (1938; 1963) classification, who grouped freshwater fishes with respect to their tolerance to salinity. However, since some fish species, typical components of coastal lagoons are also found in freshwater environments, we decided to include them in the checklist, albeit they are not strictly freshwater.

Most of the geographical coordinates were obtained from original references; when localities in the original sources lacked this information, we obtained it by using cartographic maps made by Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Mexico City (scale: 1:50000).

Table 1. Sampled sites and hosts examined during this survey.

State / Locality	Description	Drainage	Latitude (N)	Longitude (W)	Host species
COLIMA					
Amela	Lagoon	Coahuayana	18°50'00"	103°46'00"	<i>Astyanax</i> sp. (16) ⁶ Cichlidae, not identified (2) ⁶ <i>Cyprinus carpio</i> (1) ⁶ Poeciliidae, not identified (6) ⁶
Jala	Dam	Armería	19°07'38"	103°51'15"	Gobiidae, not identified (2) ⁶ Goodeidae, not identified (15) ⁶ Poeciliidae, not identified (16) ⁶
ESTADO DE MÉXICO					
Ixtapantongo	Spring	Lerma-Santiago	19°10'45"	100°14'45"	<i>Cyprinus carpio</i> (1) ¹¹ <i>Poecilia</i> sp. (20) ¹¹ <i>Xiphophorus</i> sp. (6) ¹¹
Valle de Bravo	Dam	Lerma-Santiago	19°11'30"	100°09'00"	Centrarchidae, not identified (10) ¹¹ Cichlidae, not identified (13) ¹¹ Salmonidae, not identified (2) ¹¹
JALISCO					
Chapala	Lake	Lerma-Santiago	20°14'05"	103°10'19"	<i>Ictalurus dugesii</i> (11) ⁹

Santa Rosa	Dam	Lerma-Santiago	20°53'58"	103°42'25"	<i>Poecilia mexicana</i> (15) ⁷ <i>Poecilia reticulata</i> (15) ⁷
Teuchitlán	Headwaters	Ameca	20°41'20"	103°50'29"	<i>Ameca splendens</i> (13) ⁷ <i>Poecilia mexicana</i> (3) ⁷
MICHOACÁN					
Aristeo Mercado	Dam	Lerma-Santiago	19°55'34"	101°39'38"	<i>Chirostoma melanococcus</i> (10) ⁵ <i>Goodea atripinnis</i> (15) ⁵
Chapultepec	Spring	Lerma-Santiago	19°34'20"	101°31'18"	<i>Allotoca diazi</i> (15) ⁵ (19) ⁷ (9) ¹⁰ <i>Goodea atripinnis</i> (3) ¹⁰ <i>Skiffia lermae</i> (24) ⁵ (27) ⁷ (10) ¹⁰
Cutzaróndiro	Spring	Balsas	19°10'59"	101°30'31"	<i>Hybopsis boucardi</i> (21) ¹² <i>Ilyodon cortesae</i> (30) ¹²
La Luz	Spring	Lerma-Santiago	20°09'10"	102°28'45"	<i>Xiphophorus hellerii</i> (2) ⁵ (13) ⁷ <i>Goodea atripinnis</i> (15) ⁵ (4) ⁷ <i>Chapalichthys encaustus</i> (7) ⁷ <i>Allophorus robustus</i> (3) ¹ (7) ⁷ <i>Skiffia multipunctata</i> (27) ¹ (5) ⁷
La Mintzita	Dam	Lerma-Santiago	19°38'40"	101°16'28"	<i>Allophorus robustus</i> (4) ⁷ <i>Goodea atripinnis</i> (3) ⁵ (2) ⁷ <i>Moxostoma austrinum</i> (1) ¹²

					<i>Notropis calientis</i> (30) ⁵ (10) ⁷ (5) ¹⁰
					<i>Skiffia lermae</i> (15) ⁵ (10) ⁷ (4) ¹⁰
					<i>Xenotoca variata</i> (2) ⁵ (10) ⁷
					<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i> (15) ⁵ (10) ⁷ (10) ¹⁰
Naranja de Tapia	Dam	Lerma-Santiago	19°46'25"	101°45'30"	<i>Chirostoma humboldtianum</i> (15) ⁵
					<i>Goodea atripinnis</i> (15) ⁵
					<i>Xenotoca variata</i> (12) ⁵
Orandino	Dam	Lerma-Santiago	19°57'21"	102°19'29"	<i>Allophorus robustus</i> (1) ⁵ (12) ⁷
					<i>Goodea atripinnis</i> (16) ⁵ (1) ⁷
					<i>Poecilia mexicana</i> (7) ⁵
					<i>Poeciliopsis</i> sp. (10) ⁵
					<i>Skiffia multipunctata</i> (1) ⁷
					<i>Xenotoca variata</i> (11) ⁵ (15) ⁷
					<i>Xiphophorus hellerii</i> (3) ⁷
Pátzcuaro	Lake	Lerma-Santiago	19°35'00"	101°39'00"	<i>Allophorus robustus</i> (19) ⁵
					<i>Allotoca diazi</i> (10) ⁵
					<i>Goodea atripinnis</i> (18) ⁵
					<i>Poeciliopsis</i> sp. (9) ⁵
San Cristóbal	Dam	Lerma-Santiago	19°57'45"	101°18'57"	<i>Allophorus robustus</i> (1) ⁵ (4) ¹⁰
					<i>Goodea atripinnis</i> (15) ⁵ (1) ¹⁰

					<i>Poeciliopsis infans</i> (7) ⁵ (11) ¹⁰
					<i>Xenotoca variata</i> (21) ⁵
					<i>Xiphophorus maculatus</i> (16) ⁵ (12) ¹⁰
					<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i> (10) ¹⁰
San Juanico	Dam	Balsas	19°50'00"	102°41'00"	<i>Ictalurus dugesii</i> (6) ⁵ (9) ⁹
					<i>Ictalurus punctatus</i> (10) ⁷ (30) ⁹
NAYARIT					
Jesús María Corte	River	Lerma-Santiago	21°43'08"	104°53'08"	<i>Cichlasoma beani</i> (17) ³
					<i>Xiphophorus hellerii</i> (2) ³
OAXACA					
Cerro de Oro	Dam	Papaloapan	18°01'00"	96°17'15"	<i>Ictalurus furcatus</i> (10) ²
Miguel Alemán (Temascal)	Dam	Papaloapan	18°15'00"	96°27'00"	<i>Cathorops aguadulce</i> (14) ³
					<i>Ictalurus furcatus</i> (3) ³
					<i>Rhamdia</i> sp. (11) ³
					<i>Rhamdia guatemalensis</i> (3) ²
Tonto	River	Papaloapan	18°11'00"	96°14'00"	<i>Cathorops aguadulce</i> (10) ³
					<i>Ictalurus furcatus</i> (17) ³
TABASCO					
Carrizal	River	Grijalva -Usumacinta	18°01'45"	92°55'00"	<i>Ictalurus furcatus</i> (11) ⁸

TAMAULIPAS

Falcón	Dam	Bravo	26°34'30"	99°12'00"	<i>Ameiurus</i> sp. (2) ¹
Marte R. Gómez	Dam	Bravo	26°14'10"	98°57'05"	<i>Astyanax</i> sp. (13) ¹ <i>Micropterus salmoides</i> (7) ¹
Soto la Marina	River	Soto La Marina	13°47'30"	98°17'28"	<i>Centropomus</i> sp. (3) ¹ <i>Gobiomorus</i> sp. (2) ¹

VERACRUZ

Papaloapan (Tlacotalpan)	River	Papaloapan	18°36'45"	95°39'04"	<i>Centropomus</i> sp. (6) ⁴ <i>Centropomus undecimalis</i> (5) ⁴ <i>Ictalurus furcatus</i> (6) ⁴
--------------------------	-------	------------	-----------	-----------	--

Sample size is given in parentheses; superscript refers to collection date: ¹ = October 1999; ² = May 2001; ³ = September 2001; ⁴ = December 2001; ⁵ = May 2002; ⁶ = July 2002; ⁷ = September 2002; ⁸ = November 2002; ⁹ = February 2003; ¹⁰ = March 2003; ¹¹ = August 2003; ¹² = September 2003.

RESULTS

As a result of our sampling effort, 43 host taxa were analyzed from 26 localities in Mexico between October, 1999 and September, 2003; only 9.3% of the host taxa harbored adult nematodes, while 48.8% were infected by larval stages and 44.2% were free to the infection by nematodes. Seven adult nematode taxa (*Goezia* sp., Capillariidae gen. sp., *Cucullanus mexicanus*, *Dichelyne (Dichelyne) mexicanus*, *Spinitectus* sp., *Spinitectus mexicanus* and *Rhabdochona* sp.) were found parasitizing 4 fish species from 7 localities. Ten host records are new and these records extend the geographic ranges of all seven species.

The database of the adult nematode parasites of freshwater fishes from Mexico consists of 580 records. Nowadays, 70 taxa have been reported (50 identified at specific level), included in 13 families. These taxa have been collected in 198 localities pertaining to 23 States of the Mexican Republic (Table 2).

The following checklist is organized alphabetically by nematode family name, followed by genera and species included in each family. The list includes the current scientific name followed by authorities, publication year, site of infection, and the host(s)/localities in which the nematode species was collected. All the subgenera considered in the checklist are not supported by any phylogenetic analyses that suggest that they form some natural monophyletic group, however, we decided to use them here in order to maintain the original denomination. Endemic nematode species are referred as E in parentheses; previous records are indicated with a number in parentheses, which correspond to the list of references at the end. Asterisks following locality names are used to differentiate between two homonymous sites; new host and locality records we establish in this checklist are indicated with the accession number of the CNHE. Host names are in accordance with Froese and Pauly (2005).

In addition, we present in the Appendix I information about the larval forms of nematodes collected during surveys that we have conducted for helminth parasites of freshwater fishes in the past 4 years; the arrangement of this list is similar to the adult nematodes list referred previously.

Table 2. Locality names and geographical coordinates of sites sampled in this study or reported in the literature.

State/Locality	Description	Drainage	Latitude (N)	Longitude (W)
BAJACALIFORNIA NORTE				
San Rafael	Stream	Santo Domingo	31°06'35"	115°38'05"
CAMPECHE				
Champotón	River	Champotón	19°17'00"	90°40'30"
El Vapor	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	18°21'00"	91°50'30"
Palizada	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	18°30'37"	91°52'23"
Santa Gertrudis	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	18°24'38"	91°46'22"
Santa Gertrudis*	Brook	Grijalva-Usumacinta	18°26'51"	91°49'38"
Silvituc	Lake	Lago Noh	18°37'50"	90°16'50"
COAHUILA				
La Rosa (General Cepeda)	Fish faro	Arroyo de Patos	25°31'05"	101°23'17"
CHIAPAS				
Cedros	River	Grijalva-Usumacinta	16°45'21"	91°09'30"
Chicoasén	Dam	Grijalva-Usumacinta	16°54'53"	93°05'51"
La Angostura	Dam	Grijalva-Usumacinta	16°13'30"	92°54'30"
La Angostura (Loma Bonita)	Dam	Grijalva-Usumacinta	16°13'30"	92°56'15"
Lacanjá	River	Grijalva-Usumacinta	16°46'21"	91°04'21"

Usumacinta (Frontera Echeverria = Frontera Corozal)	River	Grijalva-Usumacinta	16°49'24"	90°53'18"
DURANGO				
Los Berros	Stream	Mezquital	23°56'18"	104°16'26"
ESTADO DE MÉXICO				
Ignacio Ramírez	Dam	Lerma-Santiago	19°27'00"	99°43'32"
San Jerónimo (Ixtapan de la Sal)	River	Balsas	18°59'39"	99°40'31"
GUANAJUATO				
Comonfort	?	Lerma-Santiago	20°43'42"	100°45'55"
Ignacio Allende	Dam	Lerma-Santiago	20°53'00"	100°45'56"
La Biznaga	Dam	Lerma-Santiago	21°25'30"	100°52'52"
La Laja (Los Galvanes)	River	Lerma-Santiago	21°03'57"	100°48'45"
Manzanares	River	Lerma-Santiago	21°20'16"	100°02'35"
GUERRERO				
Atenango del Río	?	Balsas	18°06'02"	99°06'28"
Chontalcoatlán	River	Balsas	18°39'37"	99°34'09"
Inzcuinatoyac	Stream near to Inzcuinatoyac	Papagayo	17°21'39"	99°44'00"
La Hamaca (Coyuca de Benítez)	River	La Hamaca	17°10'03"	100°35'02"
Petatlán	River	Balsas	17°35'31"	99°00'27"

HIDALGO

Acamaluco	Stream of Río Acamaluco	Pánuco	21°09'45"	98°33'28"
Atlapexco	River	Pánuco	21°00'53"	98°20'24"
Atlapexco*	Stream of Río Atlapexco	Pánuco	20°54'57"	98°26'34"
Calabozo	River	Pánuco	20°55'16"	98°17'27"
Candelaria	River	Pánuco	21°04'59"	98°10'27"
San Pedro	River	Pánuco	21°10'17"	98°35'47"
Talol	River	Pánuco	21°10'00"	98°36'56"
Tecoluco	River	Pánuco	21°11'42"	98°17'18"
Tecoluco*	Stream near to Tecoluco River	Pánuco	21°11'16"	98°35'47"
Tenango	Stream	Pánuco	20°43'28"	98°38'34"

JALISCO

Ayuquila	River	Armería	19°38'50"	104°02'30"
Chapala	Lake	Lerma-Santiago	20°14'05"	103°10'19"
Chapala (Chapala)	Lake	Lerma-Santiago	20°16'55"	103°10'00"
Chapala (Isla de los Alacranes)	Lake	Lerma-Santiago	20°15'45"	103°10'00"
Chapala (Mismaloya)	Lake	Lerma-Santiago	20°11'50"	103°07'00"
Chapala (San Antonio Tlayacapan)	Lake	Lerma-Santiago	20°16'07"	103°14'10"
Cuitzmala	River	Cuitzmala	19°23'28"	104°58'30"
Cuitzmala (Emiliano Zapata)	River	Cuitzmala	19°23'37"	104°58'11"

Cuitzmala (Limón)	River	Cuitzmala	19°32'43"	104°49'36"
Guachinango	Stream	Ameca	20°32'00"	104°24'08"
La Coronilla	River	Ameca	20°28'09"	104°04'10"
Manantlán	Stream	Armería	19°37'06"	104°12'11"
Pihuamo	River	Coahuayana	19°15'23"	103°22'37"
Purificación	River	Purificación	19°21'16"	104°53'47"
Tamazula	River	Coahuayana	19°43'22"	103°12'08"
Tecolote	River	Purificación	19°27'40"	104°19'12"
Teuchitlán	Headwaters	Ameca	20°41'20"	103°50'29"
Verde	River	Lerma-Santiago	21°49'12"	101°46'21"
MICHOACÁN				
Aristeo Mercado	Dam	Lerma-Santiago	19°55'34"	101°39'38"
Caltzontzin	Dam	Balsas	19°25'14"	102°07'05"
Chapultepec	Spring	Lerma-Santiago	19°34'20"	101°31'18"
Cuitzeo	Lake	Lerma-Santiago	19°55'00"	101°10'00"
El Infiernillo	Dam	Balsas	18°37'12"	101°52'36"
La Luz	Spring	Lerma-Santiago	20°09'10"	102°28'45"
La Mintzita	Dam	Lerma-Santiago	19°38'40"	101°16'28"
Maravatío	Spring	Lerma-Santiago	19°52'56"	100°26'51"
Naranja de Tapia	Dam	Lerma-Santiago	19°46'25"	101°45'30"

Orandino	Dam	Lerma-Santiago	19°57'21"	102°19'29"
Pátzcuaro	Lake	Lerma-Santiago	19°35'00"	101°39'00"
Puente Las Yeguas	?	Balsas	19°00'46"	102°16'21"
Queréndaro	River	Lerma-Santiago	19°53'09"	100°57'06"
San Cristóbal	Dam	Lerma-Santiago	19°57'45"	101°18'57"
San Juanico	Dam	Balsas	19°50'00"	102°41'00"
Tocumbo	River	Balsas	19°42'07"	102°30'58"
Zacapu	Lake	Lerma-Santiago	19°49'30"	101°47'10"
Zirahuén	Lake	Lerma-Santiago	19°26'00"	101°49'00"
MORELOS				
Amacuzac (Amacuzac)	River	Balsas	18°35'57"	99°22'05"
Amacuzac (Contlalco)	River	Balsas	18°38'58"	99°27'38"
Amacuzac (El Chisco)	River	Balsas	18°33'00"	99°13'00"
Amacuzac (Las Planchas)	River	Balsas	18°49'03"	99°30'14"
Chalma (El Platanar)	River	Balsas	18°39'38"	99°10'32"
Chalma (La Angostura)	River	Balsas	18°49'55"	98°57'43"
Huajintlán	?	Balsas	18°36'29"	99°25'34"
Yautepec	River	Balsas	18°51'21"	99°04'33"
NAYARIT				
Colonia 6 de enero	Stream	Lerma-Santiago	21°31'31"	104°48'14"

Santiago	River	Lerma-Santiago	21°44'10"	105°15'00"
NUEVO LEÓN				
Pesquería	River	Bravo	25°47'05"	100°03'03"
Salinillas (Anáhuac)	Lagoon	Bravo	27°26'04"	100°22'08"
Salinillas*	Fish farm	Bravo	27°26'05"	100°24'06"
OAXACA				
Cerro de Oro	Dam	Papaloapan	18°01'00"	96°17'15"
Cuyotepeji	Stream near to Cuyotepeji	Balsas	17°57'35"	97°41'06"
El Saltillo	Stream	Papaloapan	18°31'00"	96°25'00"
Grande (Guelatao)	River	Papaloapan	17°18'26"	96°30'38"
Huajuapán de León	?	Balsas	17°45'25"	97°48'03"
Michapa	?	Balsas	17°30'11"	98°04'35"
Miguel Alemán (Temascal)	Dam	Papaloapan	18°15'00"	96°27'00"
Petlalingo	Stream near to Petlalingo	Balsas	18°01'30"	97°56'58"
Puente Valle Nacional	Stream	Papaloapan	17°46'15"	96°18'33"
San Agustín Atenango	Stream near to San Agustín Atenango	Balsas	17°36'36"	98°00'50"
San Juan Bautista	Stream	Papaloapan	17°43'13"	96°18'46"
San Juan Evangelista	Stream	Papaloapan	17°24'24"	96°32'20"
San Juan Valle Nacional	Stream	Papaloapan	17°46'15"	96°18'00"
Santiago Domínguillo	Stream	Papaloapan	17°41'16"	96°56'02"

Tonto	River	Papaloapan	18°11'00"	96°14'00"
Valle Nacional	Stream	Papaloapan	17°46'00"	96°18'00"
PUEBLA				
Ahuehuello (Huaquechula)	River	Balsas	18°45'19"	98°34'20"
Alchichica	Lake	Balsas	19°24'39"	97°24'14"
La Preciosa (= Las Minas)	Lake	Balsas	19°22'00"	97°23'20"
Nexapa (Chietla)	River	Balsas	18°31'27"	98°34'51"
QUERÉTARO				
Estorax	River	Pánuco	21°02'28"	99°46'57"
Las Zuñigas	River	Pánuco	20°19'13"	100°08'38"
Oasis	River	Pánuco	21°00'02"	99°42'43"
Presa de los Pirules	Stream	Lerma-Santiago	20°48'17"	100°14'06"
Presa del Carmen	Stream	Lerma-Santiago	20°48'21"	100°18'52"
QUINTANA ROO				
Azul	Sinkhole	Yucatán Peninsula	18°38'11"	88°24'46"
Box Toro	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°16'27"	87°29'09"
Cabañas	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°07'51"	87°27'57"
Cueva Nohoch	?	Yucatán Peninsula	20°12'29"	87°27'59"
Dos Bocas	Sinkhole	Yucatán Peninsula	17°54'38"	88°51'20"
Guerrero	Lagoon	Hondo	18°15'25"	88°41'45"

Gran Cenote	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°14'44"	87°27'54"
Kawash	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°14'40"	87°27'54"
Noh-Bek	Lagoon	Yucatán Peninsula	19°08'01"	88°10'49"
San Pedro 1	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°27'27"	87°50'00"
San Pedro 2	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°27'27"	87°50'04"
SAN LUIS POTOSÍ				
Canoas	Stream	Pánuco	21°55'10"	99°30'34"
Cascada Canoas	Waterfall	Pánuco	21°54'52"	99°30'33"
Cascadas Tamasopo	Waterfall	Pánuco	21°56'03"	99°23'07"
El Carpintero	Stream	Pánuco	21°53'57"	99°15'02"
El Rascón	River	Pánuco	22°00'04"	99°15'15"
Fracción Sánchez	Stream near to Fracción Sánchez	Pánuco	21°40'05"	100°41'11"
Jesús María	Stream	Pánuco	21°55'31"	100°54'38"
La Media Luna	Lake	Pánuco	21°51'18"	100°01'22"
Tierra Quemada	River	Pánuco	21°42'39"	100°41'32"
Verde (La Plazuela)	Stream near to Río Verde	Pánuco	21°47'28"	99°55'31"
TABASCO				
Camellones Chontales	River	Grijalva-Usumacinta	18°11'30"	92°59'00"
Carrizal	River	Grijalva-Usumacinta	18°01'45"	92°55'00"
Centla	Swamp	Grijalva-Usumacinta	18°22'00"	92°35'03"

Centla (Canal Nueva Esperanza)	Swamp	Grijalva-Usumacinta	18°23'00"	92°34'00"
Centla (Canal Tabasquillo)	Swamp	Grijalva-Usumacinta	18°22'30"	92°39'25"
Chiribital	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	18°05'00"	93°00'01"
El Espino (=El Horizonte)	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	18°01'10"	92°56'25"
El Guanaj	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	17°43'45"	91°35'36"
El Rosario	Lagoon	Coatzacoalcos	17°52'47"	93°52'04"
Emiliano Zapata	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	17°45'00"	91°46'00"
Jonuta	River	Grijalva-Usumacinta	18°05'15"	92°08'30"
Las Ilusiones	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	18°01'00"	92°56'15"
Loncho	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	18°02'00"	92°15'00"
Muerto (Tacotalpa)	River	Grijalva-Usumacinta	17°35'00"	92°50'00"
San Pedro (Balancán)	River	Grijalva-Usumacinta	17°46'30"	91°09'58"
Santa Anita	Lagoon	Grijalva-Usumacinta	18°22'00"	92°52'03"
Tucta	Pond	Grijalva-Usumacinta	18°10'40"	92°59'01"
Usumacinta (Tenosique)	River	Grijalva-Usumacinta	17°27'30"	91°26'10"
Usumacinta (Boca del Cerro)	River	Grijalva-Usumacinta	17°27'15"	91°29'45"
TAMAULIPAS				
Falcón	Dam	Bravo	26°34'30"	99°12'00"
Falcón (Benavides)	Dam	Bravo	26°35'40"	99°13'00"
Falcón (Coyotes)	Dam	Bravo	26°36'30"	99°12'00"

Falcón (Poste 2)	Dam	Bravo	26°35'30"	99°11'20"
Falcón (Salinillas)	Dam	Bravo	26°35'50"	99°14'08"
VERACRUZ				
Agrio	Stream	Papaloapan	18°20'50"	95°08'40"
Balzapote	Stream	Papaloapan	18°40'00"	95°10'00"
Bobos (Tlapacoyan)	River	Nautla	19°59'00"	97°00'05"
Catemaco	Lake	Papaloapan	18°23'00"	95°05'00"
Escondida	Lagoon	Papaloapan	18°38'09"	95°07'28"
Frío	River	La Antigua	19°23'07"	96°58'18"
Jalapa	Small artificial ponds	Papaloapan	19°32'00"	96°55'00"
La Antigua	River	La Antigua	19°19'15"	96°19'05"
La Antigua (El Samoral)	River	La Antigua	19°20'00"	96°22'30"
La Basura (Los Tuxtlas)	Stream	Papaloapan	18°31'27"	95°02'54"
La Máquina (Los Tuxtlas)	River	Papaloapan	18°36'41"	95°06'27"
La Palma (Los Tuxtlas)	River	Papaloapan	18°33'21"	95°02'59"
Pantepec	River	Tuxpan	20°55'48"	97°40'00"
Papaloapan (Tlacotalpan)	River	Papaloapan	18°36'45"	95°39'04"
San Joaquín	River	Papaloapan	18°26'27"	95°09'44"
Tecolutla	River	Tecolutla	20°28'00"	97°03'24"
Tecolutla (Gutiérrez Zamora)	River	Tecolutla	20°26'20"	97°04'30"

Tesechoacán	River	Papaloapan	18°30'50"	95°40'45"
YUCATÁN				
Chelentún	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°43'28"	89°20'04"
Chen-há	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°41'24"	89°52'36"
Ciruak	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°40'32"	88°34'12"
Cueva Luchil	?	Yucatán Peninsula	20°56'31"	89°42'47"
Cueva San Bulha	?	Yucatán Peninsula	20°05'42"	89°16'59"
Homún	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°44'19"	89°17'49"
Hoctún	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°41'10"	88°36'15"
Hubicu	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°49'08"	88°10'21"
Ixin-há	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°37'14"	89°06'40"
Lagartos	Sinkhole near to Ría Lagartos	Yucatán Peninsula	21°34'45"	88°09'00"
Mitza	Artificial pond	Yucatán Peninsula	21°14'40"	89°40'00"
Noc-ac	Sinkhole	Yucatán Peninsula	21°04'22"	88°43'14"
Pisté	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°41'51"	88°34'41"
Sacamucuy	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°33'33"	88°59'49"
Sahkaba	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°48'41"	88°07'27"
Scan Yui	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°40'20"	88°32'20"
Tixkanka	Sinkhole	Yucatán Peninsula	21°14'55"	88°58'45"
Xanaba Chico	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°41'00"	88°36'00"

Xcangachén	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°36'43"	89°05'32"
Xkeken	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°39'37"	88°14'33"
Xmucuy	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°33'36"	88°59'50"
Yokdzonot	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°42'24"	88°43'51"
Zaci	Sinkhole	Yucatán Peninsula	20°41'29"	88°11'40"
Xpoc	Small freshwater lake ("aguada")	Yucatán Peninsula	20°35'12"	89°19'00"

? = locality description not indicated in original reference.

Checklist of the adult nematode parasites of freshwater fishes from México

ANISAKIDAE Railliet & Henry

Goezia sp.

Body cavity, gonads, heart, intestine, kidney, liver, mesentery, stomach, swim bladder.

CAMPECHE: El Vapor: *Cichlasoma geddesi*, *Herichthys pearsei*, *Petenia splendida*, *Vieja synspila*⁽¹⁴²⁾, *Cichlasoma urophthalmus*^(137, 142). **CHIAPAS:** La Angostura (Loma Bonita): *Vieja hartwegi*⁽¹²⁵⁾. **TABASCO:** El Espino: *C. urophthalmus*⁽¹⁴²⁾.

Goezia nonipapillata Osorio-Sarabia, 1981^(E)

Intestine, pyloric caeca, stomach.

CHIAPAS: Chicoasén: *Brycon guatemalensis*⁽⁶¹⁾, *Ictalurus furcatus*⁽¹⁰⁷⁾. **JALISCO:** Chapala: *Ictalurus dugesii*^(116, CNHE 5230); Chapala (Chapala, Isla de los Alacranes, Mismaloya, San Antonio Tlayacapan): *I. dugesii*⁽¹²⁹⁾. **MICHOACÁN:** El Infiernillo: *Cichlasoma istlanum*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus*⁽¹⁰⁹⁾, *Tilapia zillii*⁽¹¹⁰⁾; San Juanico: *I. dugesii*^(116, CNHE 5253), *Ictalurus punctatus*^(116, CNHE 5231, 5252).

Note: Records from Chapala, Jalisco^(116, 129) and San Juanico⁽¹¹⁶⁾, Michoacán were originally reported as *Goezia* sp.; later, they were re-determined as *G. nonipapillata*^(see Appendix II).

Hysterothylacium sp.

Intestine.

MICHOACÁN: El Infiernillo: *Ictalurus balsanus*, *Oreochromis aureus*, *Poeciliopsis balsas*⁽¹¹⁰⁾. **TABASCO:** Usumacinta (Tenosique): *Ictalurus furcatus*⁽⁶²⁾.

Note: Specimens collected in both States were included in the genus *Thynnascaris*, which is considered as a synonym of *Hysterothylacium*⁽²⁸⁾. Nematodes from Michoacán were identified as *Thynnascaris habena* (Linton)⁽¹¹⁰⁾; however, this record was considered doubtful after voucher specimens were examined⁽¹⁴⁹⁾. A recent study pointed out several discrepancies between Mexican specimens and Linton's original description, and for this reason these nematodes were considered as belonging to *Hysterothylacium* sp.⁽⁵⁰⁾.

***Hysterothylacium cenotae* (Pearse, 1936) Moravec, Vivas-Rodríguez, Scholz,
Vargas-Vázquez, Mendoza-Franco & González-Solís, 1995^(E)**

Intestine.

QUINTANA ROO: Kawash: *Rhamdia guatemalensis*^(47, 100, 104); Cueva Nohoch: *R. guatemalensis*⁽¹⁰⁰⁾. **YUCATÁN:** Ciruak, Cueva San Bulha: *R. guatemalensis*⁽¹¹⁴⁾; Xmucuy: *R. guatemalensis*^(47, 100, 104).

Note: Species described as *Dujardinia cenotae*⁽¹¹⁴⁾, transferred to *Dujardinascaris*⁽⁷⁾, and finally included in *Hysterothylacium*^(100, 104).

ATRACTIDAE Railliet

***Atractis bravoae* (Osorio-Sarabia, 1983) Moravec, 2000^(E)**

Intestine, rectum.

MICHOACÁN: El Infiernillo: *Atherinella balsana*, *Cichlasoma istlanum*⁽¹¹¹⁾.

Note: Species recorded as *Laurotravassoxyuris bravoae*⁽¹¹¹⁾, and transferred to *Atractis*⁽⁷⁹⁾.

***Atractis vidali* González-Solís & Moravec, 2002^(E)**

Intestine.

CAMPECHE: Santa Gertrudis*: *Herichthys pearsei*⁽⁴⁸⁾. **CHIAPAS:** Cedros: *H. pearsei*, *Vieja intermedia*⁽⁴⁸⁾; Lacanjá: *V. intermedia*⁽⁴⁸⁾.

***Orientattractis campechensis* González-Solís & Moravec, 2004^(E)**

Intestine.

CAMPECHE: Silvituc: *Vieja bifasciata*⁽⁴⁹⁾. **CHIAPAS:** Lacanjá: *Herichthys pearsei*⁽⁴⁹⁾.

***Orientattractis chiapasensis* González-Solís & Moravec, 2004^(E)**

Intestine.

CHIAPAS: Cedros, Lacanjá: *Vieja intermedia*⁽⁴⁹⁾.

CAMALLANIDAE Railliet & Henry

***Camallanus* sp.**

Intestine.

MORELOS: Amacuzac (El Chisco): *Ilyodon whitei*⁽¹⁴⁾.

***Camallanus oxycephalus* Ward & Magath, 1917**

Intestine.

TAMAULIPAS: Falcón (Benavides, Coyotes, Poste 2, Salinillas): *Ictalurus furcatus*⁽⁶³⁾, *Ictalurus punctatus*⁽¹³⁾.

***Procamallanus* sp.**

Intestine.

CAMPECHE: El Vapor: *Cichlasoma urophthalmus*, *Petenia splendida*, *Vieja synspila*⁽¹⁴⁸⁾. **CHIAPAS:** La Angostura: *Ictalurus furcatus*⁽¹⁴⁸⁾. **TABASCO:** El Chiribital: *Thorichthys meeki*⁽¹⁴⁸⁾; El Espino: *C. urophthalmus*, *Thorichthys helleri*⁽¹⁴¹⁾; Santa Anita: *P. splendida*⁽¹⁴¹⁾.

***Procamallanus (Spirocamallanus)* sp.**

Intestine.

CHIAPAS: La Angostura: *Ictalurus furcatus*⁽¹⁴⁸⁾. **TABASCO:** El Rosario: *Astyanax fasciatus*, *Centropomus parallelus*, *Strongylura* sp.^(40, 148). **VERACRUZ:** La Antigua: *Gobiomorus dormitor*⁽⁹³⁾; Catemaco: *Dorosoma petenense*⁽¹³³⁾.

Note: Specimens recorded as *Spirocamallanus* sp.^(40, 148), which is currently a subgenus of *Procamallanus*⁽¹⁰¹⁾.

***Procamallanus (Spirocamallanus) gobiomori* Moravec, Salgado-Maldonado & Caspeta-Mandujano, 2000^(E)**

Intestine.

JALISCO: Cuitzmala (Emiliano Zapata): *Gobiomorus maculatus*, *Gobiomorus polylepis*⁽⁹³⁾; Purificación: *Eleotris picta*, *G. maculatus*⁽⁹³⁾.

***Procamallanus (Spirocamallanus) jaliscensis* Moravec, Salgado-Maldonado & Caspeta-Mandujano, 2000^(E)**

Intestine.

JALISCO: Ayuquila: *Agonostomus monticola*⁽¹³⁸⁾; Cuitzmala (Emiliano Zapata): *A. monticola*^(68, 93).

***Procamallanus (Spirocamallanus) mexicanus* Moravec, Salgado-Maldonado & Caspeta-Mandujano, 2000^(E)**

Intestine.

VERACRUZ: Jalapa: *Cichlasoma geddesi*⁽⁹³⁾.

Note: Host fishes were introduced from unknown localities into small artificial ponds, no longer existing⁽⁹³⁾.

***Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi* (Caballero-Deloya, 1977) Moravec, Vivas-Rodríguez, Scholz, Vargas-Vázquez, Mendoza-Franco & González-Solís, 1995^(E)**

Intestine, pyloric caeca.

HIDALGO: Acamaluco, Atlapexco, Calabozo, Candelaria, Tecoloco, Tecoloco*: *Astyanax mexicanus*⁽¹³⁶⁾. **QUINTANA ROO:** Box Toro, Gran Cenote, Kawash: *Astyanax fasciatus*⁽¹⁰⁴⁾. **TABASCO:** El Rosario: *A. fasciatus*⁽⁶²⁾; Muerto (Tacotalpa): *Thorichthys pasionis*⁽²⁷⁾. **VERACRUZ:** Catemaco: *A. fasciatus*⁽⁹⁾, *Bramocharax caballeroi*^(57, 133), *Rhamdia* sp.⁽⁵⁷⁾, *Rhamdia guatemalensis*^(59, 122, 133).

Note: Species recorded as *Spirocamallanus neocaballeroi*^(9, 27, 57, 59, 122) and transferred to *Procamallanus (Spirocamallanus)*⁽¹⁰⁴⁾.

***Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai* (Annereaux, 1946) Olsen, 1952**

Intestine.

MICHOACÁN: El Infiernillo: *Atherinella balsana*, *Ictalurus balsanus*, *Oreochromis aureus*⁽¹¹⁰⁾.

Note: Species included in *Spirocamallanus*⁽¹¹⁰⁾, which is considered as a subgenus of *Procamallanus*⁽¹⁰¹⁾.

***Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae* (Andrade-Salas, Pineda-López & García-Magaña, 1994) Moravec, Vivas-Rodríguez, Scholz, Vargas-Vázquez, Mendoza-Franco & González-Solís, 1995^(E)**

Intestine.

CAMPECHE: El Vapor: *Cichlasoma geddesi*, *Cichlasoma urophthalmus*, *Parachromis managuensis*, *Petenia splendida*, *Vieja synspila*⁽¹⁴²⁾, *Thorichthys helleri*^(4, 142); Santa Gertrudis: *C. urophthalmus*⁽¹⁴²⁾; Silvituc: *Amphilopus robertsoni*, *Cichlasoma rectangulare*, *C. urophthalmus*, *P. managuensis*, *P. splendida*⁽¹⁴²⁾, *V. synspila*^(4, 142).

MICHOACÁN: El Infiernillo: *Cichlasoma istlanum*^(CNHE 2194). **OAXACA:** Puente Valle Nacional: *Cichlasoma* sp.⁽¹³³⁾. **QUINTANA ROO:** Azul: *Thorichthys meeki*, *V. synspila*⁽¹⁰⁴⁾; Cabañas: *C. urophthalmus*, *T. meeki*⁽¹⁰⁴⁾; Guerrero, Noh-Bek: *C. urophthalmus*⁽¹⁴²⁾. **TABASCO:** Camellones Chontales: *Thorichthys pasionis*⁽¹⁴⁸⁾; Chiribital: *T. meeki*^(113, 148), *T. pasionis*, *P. splendida*⁽¹¹³⁾; El Espino: *T. helleri*^(141, 142), *C. urophthalmus*⁽¹⁴²⁾; El Guanajal: *P. managuensis*, *C. urophthalmus*⁽¹⁴²⁾; El Rosario: *T. helleri*^(40, 148), *C. geddesi*, *Cichlasoma* sp., *V. synspila*, *C. urophthalmus*, *P. splendida*⁽⁴⁰⁾; Emiliano Zapata: *C. rectangulare*⁽¹²⁶⁾; Jonuta: *P. splendida*⁽¹²⁶⁾; Las Ilusiones: *T. helleri*, *T. pasionis*^(4, 142), *V. synspila*⁽⁴³⁾; Muerto (Tacotalpa): *T. pasionis*⁽²⁷⁾; Santa Anita: *V. synspila*⁽¹²⁶⁾, *P. splendida*⁽¹⁴²⁾; San Pedro (Balancán): *Cichlasoma* sp.⁽¹²⁶⁾, *T. helleri*⁽⁶²⁾; Tucta: *C. geddesi*, *C. urophthalmus*, *T. helleri*, *T. pasionis*, *V. synspila*⁽¹⁴²⁾. **VERACRUZ:** Papaloapan (Tlacotalpan): *P. splendida*⁽¹²⁰⁾. **YUCATÁN:** Chen-há: *C. urophthalmus*^(86, 104); Mitza: *C. urophthalmus*⁽¹⁴²⁾.

Note: This species was described as *Spirocamallanus rebecae*^(4, 27, 148); however, *Spirocamallanus* is considered as a subgenus of *Procamallanus*⁽¹⁰¹⁾. Specimens reported as *Spirocamallanus pereirai*^(40, 113, 120, 126) were re-identified as *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *rebecae* from Tabasco⁽¹⁴²⁾ and Veracruz⁽¹⁴⁹⁾. Record from Michoacán constitutes unpublished data, not collected during this survey.

***Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *spiralis* (Baylis, 1923) Olsen, 1952**

Intestine.

TABASCO: Chiribital, Loncho: *Petenia splendida*⁽¹²⁷⁾.

Note: Species included in *Spirocamallanus*⁽¹²⁷⁾, which is considered as a subgenus of *Procamallanus*⁽¹⁰¹⁾. The distribution of this species in Mexico has been questioned⁽⁴¹⁾.

CAPILLARIIDAE Railliet

Capillariidae gen. sp.

Intestine, mesentery.

GUANAJUATO: Ignacio Allende: *Allophorus robustus*, *Cyprinus carpio*⁽⁵⁵⁾, *Goodea atripinnis*^(55, 135); La Biznaga: *G. atripinnis*⁽¹³⁵⁾. **OAXACA:** Miguel Alemán (Temascal): *Ictalurus furcatus*^(CNHE 4260).

***Capillaria* sp.**

Intestine.

MORELOS: Yautepec: *Archocentrus nigrofasciatus*⁽¹²⁰⁾.

***Capillaria (Hepatocapillaria) cichlasomae* Moravec, Scholz & Mendoza-Franco,
1995^(E)**

Liver.

YUCATÁN: Xpoc: *Cichlasoma urophthalmus*⁽⁹⁷⁾.

***Capillaria cyprinodonticola* Huffman & Bullock, 1973**

Intestine, liver, mesentery.

HIDALGO: Candelaria, San Pedro, Talol: *Poecilia mexicana*⁽¹³⁶⁾. **JALISCO:** Manantlán: *Ilyodon furcoidens*⁽¹³⁸⁾. **MICHOACÁN:** Puente Las Yeguas: *Poecilia sphenops*⁽¹³⁴⁾. **MORELOS:** Amacuzac (Amacuzac, Contlalco), Huajintlán: *P. sphenops*⁽¹³⁴⁾; Amacuzac (El Chisco): *Archocentrus nigrofasciatus*, *P. sphenops*⁽¹³⁴⁾; Amacuzac (Las Planchas): *Astyanax fasciatus*, *P. sphenops*⁽¹³⁴⁾. **PUEBLA:** Nexapa (Chietla): *Ilyodon whitei*, *P. mexicana*, *P. sphenops*, *Poeciliopsis gracilis*⁽⁷¹⁾, *Poeciliopsis* sp.⁽¹²⁰⁾.

***Capillostrongyloides* sp.**

Intestine (?).

QUINTANA ROO: Dos Bocas: *Astyanax fasciatus*⁽¹⁰⁴⁾.

***Ornithocapillaria appendiculata* (Freitas, 1933) Moravec, Salgado-Maldonado &
Osorio-Sarabia, 2000**

Intestine.

MICHOACÁN: Pátzcuaro: *Chirostoma estor*, *Cyprinus carpio*⁽⁹⁵⁾.

Note: Fishes are considered as accidental hosts⁽⁹⁵⁾.

***Paracapillaria* sp.**

Mesentery, stomach, swim bladder.

YUCATÁN: Chen-há, Hubicu, Ixin-há: *Rhamdia guatemalensis*⁽⁴⁷⁾.

Note: Specimens from same host and localities were identified as *Paracapillaria rhamdiae* (see bellow).

***Paracapillaria rhamdiae* Moravec, González-Solís & Vargas-Vázquez, 1995^(E)**

Stomach.

YUCATÁN: Chen-há, Hubicu, Ixin-há: *Rhamdia guatemalensis*^(84, 104).

***Paracapillaria teixeirafreitasi* (Caballero-Rodríguez, 1971) Moravec, 1982^(E)**

Intestine.

JALISCO: Cuitzmala (Emiliano Zapata): *Gobiomorus maculatus*, *Gobiomorus polylepis*⁽⁹²⁾. **QUINTANA ROO:** Azul: *Gobiomorus dormitor*⁽¹⁰⁴⁾. **TABASCO:** Centla: *G. dormitor*⁽¹⁴¹⁾. **VERACUZ:** La Antigua (El Samoral): *G. dormitor*⁽¹⁴⁷⁾; Tecolutla (Gutiérrez Zamora): *G. dormitor*^(12, 147); La Máquina (Los Tuxtlas): *G. dormitor*⁽¹³³⁾; Papaloapan (Tlacotalpan): *Dormitator maculatus*⁽¹³³⁾, *G. dormitor*^(133, 147); Tecolutla: *G. dormitor*⁽⁹²⁾.

Note: Species described as *Capillaria teixeirafreitasi* from *Gobiomorus dormitor* in Laguna Chairel, Tamaulipas⁽¹¹⁾, which was transferred to *Paracapillaria*^(76, 104). Specimens from Jalisco were recorded as *Paracapillaria teixeirafreitasi pacifica* and specimens from Tecolutla, Veracruz as *Paracapillaria teixeirafreitasi teixeirafreitasi*⁽⁹²⁾.

***Paracapillaroides agonostomi* Moravec, Salgado-Maldonado & Capeta-Mandujano, 1999^(E)**

Intestine, stomach.

JALISCO: Cuitzmala (Emiliano Zapata, Limón): *Agonostomus monticola*⁽⁹²⁾.

***Pseudocapillaria* sp.**

Intestine, stomach.

YUCATÁN: Chen-há, Ixin-há, Tixkanka, Xmucuy: *Rhamdia guatemalensis*⁽⁴⁷⁾.

Note: Material from same host and localities was identified as *Pseudocapillaria yucatanensis* (see below).

***Pseudocapillaria (Ichthyocapillaria) ophisterni* Moravec, Salgado-Maldonado & Jiménez-García, 2000^(E)**

Stomach, intestine.

VERACRUZ: Catemaco: *Ophisternon aenigmaticum*^(94, 133); Tesechoacán: *O. aenigmaticum*⁽¹³³⁾.

***Pseudocapillaria tomentosa* (Dujardin, 1843) Moravec, 1987**

Intestine.

COAHUILA: La Rosa (General Cepeda): *Cyprinus carpio*⁽¹⁰⁾. **ESTADO DE MÉXICO:** Ignacio Ramírez: *Aztecula sallaiei*⁽¹³⁵⁾. **GUANAJUATO:** Ignacio Allende: *C. carpio*⁽⁵⁵⁾. **MICHOACÁN:** Chapultepec: *Skiffia lermae*⁽⁷²⁾; Maravatío: *Goodea atripinnis*⁽⁷²⁾; Pátzcuaro: *Algansea lacustris*⁽¹²⁰⁾, *Alloophorus robustus*^(80, 135), *Chirostoma attenuatum*⁽¹²¹⁾, *Chirostoma estor*^(60, 80, 95, 112, 135, 140), *C. carpio*⁽¹⁴⁰⁾, *G. atripinnis*^(70, 72, 140.); Zacapu: *Chirostoma humboldtianum*^(42, 60), *G. atripinnis*, *Notropis calientis*, *Xenotoca variata*⁽⁴²⁾. **SAN LUIS POTOSÍ:** Jesús María: *Goodea gracilis*⁽⁷²⁾.

Note: Specimens from Coahuila⁽¹⁰⁾ and some of Michoacán^(70, 95, 112, 120, 121, 140) states were identified as *Capillaria patzcuarensis*. This species is currently a junior synonym of *Pseudocapillaria tomentosa*⁽⁸⁰⁾. Some specimens identified as *C. patzcuarensis*⁽¹¹²⁾ were re-determined as *Ornithocapillaria appendiculata*⁽⁹⁵⁾.

***Pseudocapillaria yucatanensis* Moravec, Scholz & Vivas-Rodríguez, 1995^(E)**

Intestine.

YUCATÁN: Chen-há, Ixin-há, Tixkanka, Xmucuy: *Rhamdia guatemalensis*^(98, 104).

COSMOCERCIDAE Railliet

***Raillietnema* sp.**

Intestine.

CHIAPAS: Chicoasén: *Herichthys pearsei*⁽⁶¹⁾.

Note: Specimens from same host and locality were identified as *Raillietnema kritscheri* (see bellow).

***Raillietnema kritscheri* Moravec, Salgado-Maldonado & Pineda-López, 1993^(E)**

Intestine.

CAMPECHE: El Vapor: *Herichthys pearsei*⁽⁹⁶⁾, *Vieja synspila*^(96, 148); Silvituc: *H. pearsei*⁽¹⁴⁸⁾. **CHIAPAS:** Chicoasén: *H. pearsei*⁽⁹⁶⁾. **TABASCO:** El Rosario: *H. pearsei*⁽⁶²⁾; Emiliano Zapata: *H. pearsei*⁽¹²⁶⁾; San Pedro (Balancán): *H. pearsei*⁽⁹⁶⁾.

Note: Specimens recorded as *Oxyuroidea*⁽¹²⁶⁾ and subsequently identified as *R. kritscheri*^(142, 149).

CUCULLANIDAE Cobbold

Cucullanus sp.

Intestine.

CHIAPAS: La Angostura: *Ictalurus furcatus*⁽¹⁴⁸⁾. **HIDALGO:** Atlapexco: *Ictalurus mexicanus*⁽¹⁾. **JALISCO:** Cuitzmala: *Agonostomus monticola*⁽⁶⁸⁾. **TABASCO:** El Rosario: *Thorichthys helleri*⁽⁶²⁾; San Pedro (Balancán): *Ariopsis felis*⁽¹²⁶⁾; Santa Anita: *Vieja synspila*⁽¹⁴²⁾. **VERACRUZ:** Bobos (Tlapacoyan): *A. monticola*⁽⁴⁶⁾.

Cucullanus (Cucullanus) caballeroi Petter, 1977

Intestine.

OAXACA: Puente Valle Nacional: *Cichlasoma* sp.⁽¹³³⁾; San Juan Evangelista: *Rhamdia guatemalensis*⁽¹³³⁾. **VERACRUZ:** Balzapote, La Palma (Los Tuxtlas): *Dormitator maculatus*⁽²¹⁾; La Máquina (Los Tuxtlas): *Dormitator maculatus*⁽²¹⁾, *Gobiomorus dormitor*⁽¹³³⁾; Papaloapan (Tlacotalpan): *G. dormitor*, *R. guatemalensis*⁽¹³³⁾.

Note: Material not included in the subgenus *Cucullanus*⁽²¹⁾.

Cucullanus mexicanus Caspeta-Mandujano, Moravec & Aguilar-Aguilar, 2000^(E)

Intestine, mesentery.

OAXACA: Cerro de Oro: *Rhamdia guatemalensis*^(CNHE 5225); El Saltillo, San Juan Bautista, Valle Nacional: *R. guatemalensis*⁽¹⁹⁾; Puente Valle Nacional, San Juan Valle Nacional: *R. guatemalensis*⁽¹³³⁾.

Dichelyne sp.

Intestine.

NUEVO LEÓN: Salinillas*: *Ictalurus punctatus*⁽¹²⁰⁾. **TAMAULIPAS:** Falcón (Benavides, Coyotes, Poste 2, Salinillas): *Ictalurus furcatus*⁽⁶³⁾, *I. punctatus*⁽¹³⁾.

Note: Specimens recorded as *Neocucullanellus* sp.^(13, 63, 120), which is considered as a subgenus of *Dichelyne*⁽¹²³⁾. However, the poor descriptions and drawings of these records preclude their inclusion in this subgenus.

Dichelyne (Dichelyne) mexicanus Caspeta-Mandujano, Moravec & Salgado-Maldonado, 1999^(E)

Intestine.

GUERRERO: Chontalcoatlán: *Ictalurus balsanus*⁽²¹⁾. **NAYARIT:** Santiago: *Cichlasoma beanii*⁽²¹⁾. **OAXACA:** Cerro de Oro: *Ictalurus furcatus*^(CNHE 5226); Miguel Alemán (Temascal): *I. furcatus*⁽¹¹⁶⁾; Tonto: *I. furcatus*^(CNHE 5228). **TAMAULIPAS:** Falcón: *I. furcatus*⁽¹¹⁶⁾. **VERACRUZ:** La Palma (Los Tuxtlas): *Agonostomus monticola*⁽²¹⁾; Pantepec: *Ictalurus punctatus*⁽¹¹⁶⁾; Papaloapan (Tlacotalpan): *I. furcatus*^(CNHE 5227).

Note: Specimens recorded as *Dichelyne mexicanus*⁽¹¹⁶⁾.

Neocucullanus neocucullanus Travassos, Artigas & Pereira, 1928

Intestine.

CHIAPAS: Usumacinta (Frontera Echeverría): *Brycon guatemalensis*⁽¹⁶⁾.

CYSTIDICOLIDAE Skrjabin

Spinitectus sp.

Intestine.

CHIAPAS: La Angostura: *Potamarius nelsoni*⁽¹⁴⁸⁾. **NUEVO LEÓN:** Salinillas (Anáhuac): *Aplodinotus grunniens*⁽³²⁾. **TABASCO:** Carrizal: *Ictalurus furcatus*^(CNHE 5258); El Rosario: "ronco amarillo", *I. furcatus*, *Petenia splendida*, *Vieja fenestrata*⁽⁴⁰⁾, *Centropomus parallelus*, *Strongylura* sp.^(40, 148); San Pedro (Balancán): *I. furcatus*⁽¹²⁶⁾; Usumacinta (Tenosique): *I. furcatus*⁽⁶²⁾. **TAMAULIPAS:** Falcón (Benavides): *Ictalurus punctatus*⁽¹³⁾; Falcón (Poste 2): *I. furcatus*⁽⁶³⁾, *I. punctatus*⁽¹³⁾; Falcón (Salinillas): *I. furcatus*⁽⁶³⁾. **VERACRUZ:** Bobos (Tlapacoyan): *Agonostomus monticola*⁽⁴⁶⁾.

Note: Nematodes collected in Bobos River were identified as *Spinitectus agonostomi*⁽⁴⁵⁾. Later, the same author published it as *Spinitectus* sp.⁽⁴⁶⁾. A recent paper suggests that the first determination is correct⁽¹¹⁶⁾.

Spinitectus agonostomi Moravec & Barus, 1971

Intestine.

JALISCO: Ayuquila: *Agonostomus monticola*⁽¹³⁸⁾; Cuitzmala: *A. monticola*⁽⁶⁸⁾. **VERACRUZ:** Balzapote, Frío, La Máquina (Los Tuxtlas), La Palma (Los Tuxtlas): *A. monticola*⁽¹³³⁾.

***Spinitectus humbertoi* Caspeta-Mandujano & Moravec, 2000^(E)**

Intestine.

GUERRERO: Inzcuinatoyac: *Profundulus labialis*⁽¹⁸⁾.

***Spinitectus mexicanus* Caspeta-Mandujano, Moravec & Salgado-Maldonado,
2000^(E)**

Fat, intestine, mesentery.

VERACRUZ: Frío: *Heterandria bimaculata*⁽¹³³⁾; La Basura (Los Tuxtlas): *H. bimaculata*^(23, 133); La Máquina (Los Tuxtlas): *H. bimaculata*^(23, 133), *Poecilia mexicana*⁽¹³³⁾; La Palma (Los Tuxtlas): *H. bimaculata*⁽²³⁾; Papaloapan (Tlacotalpan): *Ictalurus furcatus*^(CNHE 5229); San Joaquín: *H. bimaculata*, *P. mexicana*⁽¹³³⁾.

***Spinitectus osorioi* Choudhury & Pérez-Ponce de León, 2001^(E)**

Intestine.

MICHOACÁN: Pátzcuaro: *Algansea lacustris*⁽¹²⁰⁾, *Chirostoma attenuatum*^(25, 34, 60, 121, 132), *Chirostoma estor*^(60, 112, 132, 140, 150), *Chirostoma grandocule*^(60, 132); Zirahuén: *C. attenuatum*⁽³⁴⁾, *C. estor*⁽⁵⁸⁾.

Note: Specimens reported as *Spinitectus* sp.⁽⁵⁸⁾ and *Spinitectus carolini*^(34, 112, 120, 121, 132, 140, 150), were re-determined as *S. osorioi*⁽²⁵⁾.

***Spinitectus tabascoensis* Moravec, García-Magaña & Salgado-Maldonado, 2002^(E)**

Intestine.

TABASCO: Usumacinta (Boca del Cerro): *Ictalurus furcatus*⁽⁸³⁾.

Note: Specimens were originally recorded as *Spinitectus* sp.⁽²⁹⁾.

CYSTOOPSIDAE Skrjabin

***Cystoopsis* sp.**

Scales.

TABASCO: Chiribital, Loncho: *Atractosteus tropicus*⁽¹²⁷⁾.

Note: Specimens from the same host from Chiribital were identified as *Cystoopsis atractostei* (see below).

***Cystoopsis atractostei* Moravec & Salgado-Maldonado, 2003^(E)**

Scales, skin.

TABASCO: Chiribital: *Atractosteus tropicus*⁽¹¹³⁾; Centla (Canal Nueva Esperanza): *A. tropicus*^(87, 139); Centla (Canal Tabasquillo): *A. tropicus*⁽⁸⁷⁾.

Note: Specimens recorded as *Cystoopsis* sp.⁽¹¹³⁾ and currently included in *C. atractostei*⁽⁸⁷⁾.

DANICONEMATIDAE Moravec & Køie

***Mexiconema cichlasomae* Moravec, Vidal-Martínez & Salgado-Maldonado, 1992^(E)**

Body cavity, intestine, kidney, liver, mesentery, scales, serous membrane covering intestine, swim bladder.

CAMPECHE: El Vapor: *Cichlasoma urophthalmus*^(103, 137, 142), *Herichthys pearsei*, *Parachromis managuensis*, *Thorichthys helleri*^(103, 142), *Vieja synspila*⁽¹⁴⁸⁾; Champotón, Santa Gertrudis: *C. urophthalmus*^(103, 142); Palizada: *C. urophthalmus*^(103, 137, 142); Silvituc: *H. pearsei*⁽¹⁴⁸⁾. **QUINTANA ROO:** Noh-Bek: *C. urophthalmus*^(103, 142).

TABASCO: Centla: *Cathorops melanopus*⁽⁶²⁾. **VERACRUZ:** Agrio, Catemaco: *Xiphophorus hellerii*⁽⁸⁵⁾. **YUCATÁN:** Mitza: *C. urophthalmus*⁽¹⁴⁸⁾; Lagartos: *C. urophthalmus*⁽¹³⁷⁾.

PHARYNGODONIDAE Travassos

Pharyngodonidae gen. sp.

Intestine.

HIDALGO: Atlapexco: *Astyanax mexicanus*⁽¹³⁶⁾.

PHILOMETRIDAE Baylis & Daubney

Philometridae gen. sp.

Body cavity.

MICHOACÁN: Pátzcuaro: *Algansea lacustris*⁽⁷⁴⁾.

***Neophilometroides caudatus* (Moravec, Scholz & Vivas-Rodríguez, 1995) Moravec, Salgado-Maldonado & Aguilar-Aguilar, 2002^(E)**

Body cavity, swim bladder.

VERACRUZ: Papaloapan (Tlacotalpan): *Rhamdia guatemalensis*^(90, 133). **YUCATÁN:** Ixin-há, Xmucuy: *R. guatemalensis*^(99, 104).

Note: Species described as *Philometroides caudata*^(99, 104) and transferred to *Neophilometroides*⁽⁹⁰⁾.

***Philometra ophisterni* Moravec, Salgado-Maldonado & Aguilar-Aguilar, 2002^(E)**

Mesentery.

VERACRUZ: Papaloapan (Tlacotalpan): *Ophisternon aenigmaticum*⁽⁸⁸⁾.

***Philometroides* sp.**

Body cavity, swim bladder.

YUCATÁN: Ixin-há, Xmucuy: *Rhamdia guatemalensis*⁽⁴⁷⁾.

Note: Nematodes from the same host and localities were identified as *Philometroides caudata*^(99, 104), currently *Neophilometroides caudatus*⁽⁹⁰⁾.

***Philonema* sp.**

Intestine.

NUEVO LEÓN: Pesquería: *Herichthys cyanoguttatus*⁽¹²⁰⁾.

QUIMPERIIDAE Gendre

***Gibsonnema ophisterni* (Moravec, Salgado-Maldonado & Aguilar-Aguilar, 2002a)**

Moravec, Salgado-Maldonado & Aguilar-Aguilar, 2002^(E)

Intestine.

VERACRUZ: Papaloapan (Tlacotalpan): *Ophisternon aenigmaticum*⁽⁸⁸⁾.

Note: Species described as *Paraseuratoides ophisterni*⁽⁸⁸⁾ and transferred to *Gibsonnema*⁽⁸⁹⁾.

RHABDOCHONIDAE Travassos, Artigas & Pereira

***Beaninema nayaritense* Caspeta-Mandujano, Moravec & Salgado-Maldonado,
2001^(E)**

Gall bladder.

NAYARIT: Santiago: *Cichlasoma beanii*⁽²⁴⁾.

***Rhabdochona* sp.**

Intestine.

MORELOS: Amacuzac (Las Planchas), Chalma (La Angostura): *Hybopsis boucardi*⁽³⁷⁾; Yautepec: *Archocentrus nigrofasciatus*⁽¹²⁰⁾. **NUEVO LEÓN:** Salinillas (Anáhuac): *Aplodinotus grunniens*, *Oreochromis aureus*⁽³²⁾. **PUEBLA:** Alchichica: *Poblana alchichica*⁽³⁶⁾; La Preciosa: *Poblana letholepis*⁽³⁶⁾. **TABASCO:** Carrizal: *Ictalurus furcatus*^(CNHE 5257); El Rosario: *A. grunniens*, *Guavina guavina*, *I. furcatus*, *Megalops atlanticus*, *Strongylura* sp.⁽⁴⁰⁾; San Pedro (Balancán): *I. furcatus*⁽¹²⁶⁾; Usumacinta (Boca del Cerro): *I. furcatus*⁽²⁹⁾. **TAMAULIPAS:** Falcón (Benavides): *I. furcatus*⁽⁶³⁾. **VERACRUZ:** Pantepec: *Ictalurus punctatus*⁽¹¹⁶⁾.

***Rhabdochona acuminata* (Molin, 1860)**

Intestine.

CHIAPAS: Usumacinta (Frontera Echeverría): *Brycon guatemalensis*⁽¹⁶⁾.

***Rhabdochona ahuehuellensis* Mejía-Madrid & Pérez-Ponce de León, 2003^(E)**

Intestine.

JALISCO: Guachinango: *Ilyodon furcoidens*⁽⁷²⁾; Pihuamo: *Allodontichthys hubbsi*, *I. furcoidens*⁽⁷²⁾; Tamazula: *Allodontichthys tamazulae*, *I. furcoidens*⁽⁷²⁾; Tecolote: *Xenotaenia resolanae*⁽⁷²⁾. **PUEBLA:** Ahuehuello (Huaquechula): *Ilyodon whitei*^(72, 73). **SAN LUIS POTOSÍ:** La Media Luna: *Ataeniobius toweri*⁽⁷²⁾.

***Rhabdochona canadensis* Moravec & Arai, 1971**

Intestine.

ESTADO DE MÉXICO: San Jerónimo (Ixtapan de la Sal): *Hybopsis boucardi*⁽¹³⁴⁾. **GUERRERO:** Petatlán: *H. boucardi*⁽¹³⁴⁾. **HIDALGO:** Tenango: *Dionda ipni*⁽¹³⁶⁾. **MICHOACÁN:** San Juanico: *H. boucardi*⁽¹³⁴⁾. **MORELOS:** Amacuzac (Las Planchas): *H. boucardi*⁽¹³⁴⁾; Chalma (El Platanar): *H. boucardi*⁽¹⁷⁾. **OAXACA:** Cuyotepeji, Huajuapán de León, Michapa, Petlalcingo: *H. boucardi*⁽¹³⁴⁾. **QUERÉTARO:** Las Zuñigas: *Aztecula sallaei*⁽¹³⁶⁾.

***Rhabdochona cascadilla* Wigdor, 1918**

Intestine.

BAJA CALIFORNIA NORTE: San Rafael: *Oncorhynchus mykiss nelsoni*⁽¹⁴⁶⁾.

***Rhabdochona guerreroensis* Caspeta-Mandujano, Aguilar-Aguilar & Salgado-Maldonado, 2002^(E)**

Intestine.

GUERRERO: La Hamaca (Coyuca de Benítez): *Sicydium multipunctatum*⁽¹⁵⁾.

JALISCO: Manantlán: *S. multipunctatum*^(15, 138).

***Rhabdochona kidderi* Pearse, 1936**

Intestine.

CAMPECHE: El Vapor: *Vieja synspila*⁽¹⁴²⁾. **GUERRERO:** Atenango del Río: *Archocentrus nigrofasciatus*⁽¹³⁴⁾. **HIDALGO:** Atlapexco: *A. nigrofasciatus*, *Herichthys cyanoguttatus*⁽¹³⁶⁾, *Herichthys labridens*^(1, 136), *Ictalurus mexicanus*⁽¹⁾; Atlapexco*: *H. labridens*⁽¹³⁶⁾; Candelaria: *H. cyanoguttatus*⁽²⁾; San Pedro: *H. cyanoguttatus*⁽¹³⁶⁾, *H. labridens*^(1, 136); Talol: *H. cyanoguttatus*, *H. labridens*⁽¹³⁶⁾; Tecoloco: *H. cyanoguttatus*⁽¹³⁶⁾. **JALISCO:** Ayuquila: *Cichlasoma istlanum*⁽¹³⁸⁾. **MORELOS:** Amacuzac (Amacuzac, Contlalco): *C. istlanum*, *A. nigrofasciatus*⁽¹³⁴⁾; Amacuzac (El Chisco): *A. nigrofasciatus*^(20, 30, 134), *Ilyodon whitei*^(14, 20); Huajintlán: *A. nigrofasciatus*⁽¹³⁴⁾. **OAXACA:** Puente Valle Nacional, San Juan Valle Nacional: *Cichlasoma* sp.⁽¹³³⁾. **QUINTANA ROO:** Gran Cenote, San Pedro 1, San Pedro 2: *Rhamdia guatemalensis*^(47, 104); Cueva Nohoch: *Ogilbia pearsei*⁽¹⁰²⁾. **SAN LUIS POTOSÍ:** Verde (La Plazuela), El Rascón: *H. labridens*⁽¹³⁶⁾; Canoas: *H. labridens*^(1, 2); Cascadas Tamasopo: *H. labridens*⁽²⁾; Cascada Canoas: *H. labridens*⁽¹³⁶⁾; El Carpintero: *H. labridens*^(1, 136). **TABASCO:** Emiliano Zapata: *Parachromis managuensis*⁽¹⁴⁸⁾; Las Ilusiones: *Thorichthys helleri*⁽¹⁴²⁾; El Rosario: *T. helleri*^(40, 148), *Guavina guavina*, *Strongylura* sp.⁽¹⁴⁸⁾; San Pedro (Balancán): *Vieja bifasciata*⁽⁶²⁾. **VERACRUZ:** Balzapote: *Gobiomorus dormitor*⁽¹³³⁾; Catemaco: *Vieja fenestrata*^(56, 57, 59); Escondida: *V. fenestrata*⁽¹³³⁾; La Máquina (Los Tuxtlas): *Eleotris* sp., *P. mexicana*, *G. dormitor*, *Dorosoma anale*, *V. fenestrata*⁽¹³³⁾; La Palma (Los Tuxtlas): *G. dormitor*, *Poecilia mexicana*, *V. fenestrata*⁽¹³³⁾; Papalopan (Tlacotalpan): *G. dormitor*⁽¹³³⁾. **YUCATÁN:** Chelentún, Hubicu, Ixin-há, Noc-ac, Sahkaba, Tixkanka, Xcanganchén, Xkeken, Xmucuy, Yokdzonot: *R. guatemalensis*^(47, 104); Ciruak, Hotún, Pisté, Xanaba Chico: *R.*

guatemalensis⁽¹¹⁴⁾; Homún: *Gambusia yucatanana*⁽¹⁰⁴⁾, *R. guatemalensis*^(47, 104); Sacamucuy: *R. guatemalensis*⁽¹⁰⁴⁾; Scan Yui: *R. guatemalensis*^(47, 104, 114); Zaci: *Cichlasoma urophthalmus*⁽¹⁰²⁾, *R. guatemalensis*^(47, 104); Cueva Luchil, Cueva San Bulha: *R. guatemalensis*⁽¹¹⁴⁾.

Note: Specimens recorded as *Rhabdochona* sp.^(14, 40) were re-identified as *R. kidderi*^(20, 142). Nematodes from *O. pearsei* from Cueva Nohoch were determined as *Rhabdochona kidderi kidderi*⁽¹⁰²⁾ and those from *C. urophthalmus* from Zaci⁽¹⁰²⁾ and *V. fenestrata* from Catemaco^(56, 57, 59) were included in *Rhabdochona kidderi texensis*. Some specimens from Yucatán and Quintana Roo were included in the subgenus *Rhabdochona*^(47, 104).

***Rhabdochona lichtenfelsi* Sánchez-Álvarez, García-Prieto & Pérez-Ponce de León,
1998^(E)**

Intestine.

DURANGO: Los Berros: *Characodon audax*⁽⁷²⁾. **GUANAJUATO:** Comonfort, La Laja (Los Galvanes): *Goodea atripinnis*⁽²⁾; Ignacio Allende: *Xenotoca variata*, *Cyprinus carpio*⁽⁵⁵⁾; Manzanares: *Poeciliopsis infans*⁽²⁾. **JALISCO:** Ayuquila: *Ilyodon furcidens*⁽¹³⁸⁾; Chapala: *Chapalichthys encaustus*⁽⁶⁶⁾; La Coronilla, Verde: *G. atripinnis*⁽⁷²⁾; Teuchitlán: *Ameca splendens*, *G. atripinnis*⁽⁷²⁾. **MICHOACÁN:** Aristeo Mercado: *G. atripinnis*⁽⁷²⁾; Cuitzeo: *Allophorus robustus*, *G. atripinnis*⁽¹⁴³⁾; La Luz: *A. robustus*, *C. encaustus*, *G. atripinnis*, *Skiffia multipunctata*⁽⁷²⁾; La Mintzita: *A. robustus*, *G. atripinnis*, *Skiffia lermæ*^(72, 131), *Zoogoneticus quitzeoensis*⁽¹³¹⁾; Naranja de Tapia: *G. atripinnis*, *X. variata*⁽⁷²⁾; Orandino: *A. robustus*, *G. atripinnis*, *X. variata*⁽⁷²⁾; Pátzcuaro: *A. robustus*, *Allotoca diazi*^(72, 115, 130), *G. atripinnis*^(70, 72, 115, 130, 140), *Micropterus salmoides*⁽¹²⁰⁾; Queréndaro: *Skiffia bilineata*, *G. atripinnis*⁽⁷²⁾; San Cristobal: *A. robustus*, *G. atripinnis*, *X. variata*⁽⁷²⁾; San Juanico: *G. atripinnis*⁽¹³⁴⁾; Tocumbo: *Chapalichthys pardalis*, *G. atripinnis*⁽⁷²⁾; Zacapu: *A. robustus*, *G. atripinnis*, *Notropis calientis*, *Xenotoca variata*⁽⁴²⁾, *Allotoca zacapuensis*, *Hubbsina turneri*, *Z. quitzeoensis*⁽⁷²⁾. **QUERÉTARO:** Estorax: *G. atripinnis*, *Poecilia mexicana*⁽¹³⁶⁾; Presa de los Pirules, Presa del Carmen: *G. atripinnis*⁽²⁾. **SAN LUIS POTOSÍ:** Tierra Quemada: *Goodea gracilis*⁽⁷²⁾.

Note: Records from Pátzcuaro were originally reported as *Rhabdochona* sp.⁽¹⁴⁰⁾, *Rhabdochona milleri*⁽¹³⁰⁾ and *Rhabdochona (Filochona) milleri*^(70, 115, 120); later, they were re-determined as *R. lichtenfelsi*⁽¹⁴³⁾. A recent study pointed out nematodes from

Ayuquila⁽¹³⁸⁾ probably belong to *R. ahuehuellensis*⁽⁷²⁾.

***Rhabdochona mexicana* Caspeta-Mandujano, Moravec & Salgado-Maldonado, 2000^(E)**

Intestine, mesentery.

GUERRERO: Petatlán: *Astyanax fasciatus*^(22, 134). **JALISCO:** Ayuquila: *Astyanax aeneus*⁽¹³⁸⁾. **MORELOS:** Amacuzac (Amacuzac, Contlalco, Las Planchas): *A. fasciatus*⁽¹³⁴⁾. **OAXACA:** Cuyotepeji, Petlalcingo, San Agustín Atenango: *A. fasciatus*^(22, 134); Grande (Guelatao), Puente Valle Nacional, San Juan Bautista, Santiago Domingullo: *A. aeneus*⁽¹³³⁾. **QUERÉTARO:** Estorax, Oasis: *Astyanax mexicanus*^(22, 136). **SAN LUIS POTOSÍ:** Fracción Sánchez: *A. mexicanus*^(22, 136); Cascada Canoas: *A. mexicanus*⁽¹³⁶⁾; El Rascón: *A. mexicanus*^(22, 136). **VERACRUZ:** Escondida: *A. aeneus*⁽¹³³⁾.

***Rhabdochona salgadoi* Caspeta-Mandujano & Moravec, 2000^(E)**

Intestine.

GUERRERO: Inzcuinatoyac: *Profundulus labialis*⁽¹⁸⁾.

***Rhabdochona xiphophori* Caspeta-Mandujano, Moravec & Salgado-Maldonado, 2001^(E)**

Intestine.

HIDALGO: Tenango: *Xiphophorus* sp.^(24, 136). **MICHOACÁN:** Caltzontzin: *Allotoca catarinae*⁽⁷²⁾. **NAYARIT:** Colonia 6 de enero: *Xenotoca eiseni*⁽⁷²⁾.

***Vasorhabdochona cablei* Martin & Zam, 1967^(E)**

Liver, mesentery.

JALISCO: Cuitzmala (Emiliano Zapata): *Gobiomorus maculatus*⁽⁹¹⁾.

Doubtful records

Next we present some records that represent doubtful determination according with available information of the taxonomy of some groups. Quite possibly, they represent misidentifications.

ANISAKIDAE Railliet & Henry

Pseudoterranova sp.

Intestine.

SAN LUIS POTOSI: Fracción Sánchez: *Astyanax mexicanus*⁽²⁾.

Note: Adult members of this genus do not occur in fishes, they parasitize marine mammals, in particular pinnipeds⁽³⁾.

Contraecum sp.

Mesentery.

YUCATÁN: Undetermined locality: *Cichlasoma mayorum*, *Rhamdia guatemalensis*⁽¹⁴⁾.

Note: Adult members of this genus do not occur in fishes, they parasitize birds and mammals⁽³⁾. In addition, description of this material did not provide sufficient information which would enable precise identification.

REMARKS

Mexico incorporates both Nearctic and Neotropical realms. In addition, its climatic variation is high, while its surface configuration and geological history are complex; as a result, a biotic composition with a particularly high diversity and levels of endemism is characteristic of this country (Robles-Gil *et al.* 1993). However, knowledge of biodiversity in Mexico is far from complete. Some patterns of species richness and endemism show that the number of species tends to increase towards the south, reaching the highest values in Oaxaca, the place where the Sierra Madre del Sur, the Neovolcanic axis, and the Sierra Madre Oriental converge; in terms of endemism, a higher abundance of endemic species is present towards semi-arid areas and tropical rain forest, mainly along the Pacific slope and the Mexican Altiplano (Espinosa *et al.* 2000).

In this context, Pérez-Ponce de León and Choudhury (2005) pointed out that among helminths, nematodes are the most prevalent group parasitizing Mexican freshwater fishes. Likewise, nematodes show the highest proportion of endemic species in Mexico. The total number of adult nematode parasites of this host group includes 70,

37 are exclusively found or have been only found in Mexico so far. These species are parasites of 107 taxa of fishes, and were collected in 198 localities in 23 states of Mexico. The analysis of the information we have provided in this checklist clearly indicates that sampling effort has been concentrated in Central and South East Mexico with the Northern regions remaining mostly unexplored. For example, in some States of the Mexican Republic such as Chihuahua, there are no records of adult nematodes infecting freshwater fishes, while in Yucatán and Veracruz States 11 and 19 taxa have been recorded, respectively. This two States represent the most intensively sampled areas considering not only the number of localities studied, but also the number of hosts examined.

Of the approximately 500 species of fishes that occur in freshwater habitats in Mexico (see Froese & Pauly, 2005), 101 have been reported to harbor adult nematodes. However, fish families have not been sampled evenly, e. g., Cichlidae is probably one of the families that has been most intensively studied for helminths in Mexico, since 22 of the 50 species occurring within the country (Espinosa-Pérez *et al.* 1993) have been recorded as host of adult nematodes, most of them in the southeastern part of Mexico, in the states of Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, and Veracruz (see Vidal-Martínez *et al.* 2001). In contrast, 86 poeciliid species have been recorded in Mexico (Espinosa-Pérez *et al.* 1993), and only 8 of them have been examined for nematodes.

Representation of the nematode species richness per family of fishes is also asymmetrical. In the 22 species of cichlids, 26 taxa of adult nematodes have been recorded, and 11 are exclusively found in this host group at family level (*Atractis vidali*, *Orientattractis capechensis*, *Orientattractis chiapasensi*, *Procamallanus (Spirocamallanus) mexicanus*, *Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae*, *Capillaria (Hepatocapillaria) ciclasoma*, *Capillaria* sp., *Raillietnema kritscheri*, *Philonema* sp., *Beaninema nayaritense* and *Mexiconema cichlasomae*). However, 7 taxa were exclusive parasites of a particular cichlid species, but since they represented unique records we can not ascertain that they are specific to that family, in the absence of information about the helminth fauna in other freshwater fishes from the same localities, e.g., *Beaninema nayaritense*, a species only found in *Cichlasoma beani* in Santiago River where no other fishes have been examined for parasites. In contrast, 42 goodeid species occur in Mexico, 23 (54.76%) have been reported to harbor adult nematodes. However, in this host group, only 9 taxa of nematodes have been recorded, and apparently, only one species of *Rhabdochona* is exclusively found in this fish family: *R. ahuehuellensis*.

We acknowledge that, at individual level, more cichlids have been studied for helminths than goodeids, and probably the distributional range of the former family is larger than the latter, but in our opinion even if the sampling effort could be extended for goodeids, the number of species of nematodes will not be increased in the same proportion, since we have sampled most of the goodeid species so far. In addition, the geographical region in which goodeids occur is characterized by having depauperate helminth parasite communities in freshwater fishes (Espinosa-Huerta *et al.* 1996; Rojas *et al.* 1997, Pérez-Ponce de León *et al.* 2000; Sánchez-Nava *et al.*, 2004), while the parasite communities in cichlids are richer along their distributional range (see Vidal-Martínez, 1995; Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997).

Another pattern derived from the analysis of the information presented in the checklist is the asymmetrical representation of the species richness per family of nematodes. The richest group is found within the Rhabdochoniidae with 12 species, followed by Capillariidae with 9, and Camallanidae with 8. We can not establish at this point the reason for this asymmetrical pattern, however it has been shown (Mejía-Madrid per. com.) that species of *Rhabdochona* in freshwater fishes occurring in Mexico do not conform a monophyletic assemblage i.e. their diversification is not associated with vicariance/dispersal events from the same ancestor, but they derive from different lineages from both the Nearctic and Neotropical biogeographical regions. Likewise, it is possible that some historical and ecological factors such as host shifting or differential requirement of intermediate hosts have contributed to the observed asymmetrical pattern of nematode species richness among fish families. However, no evidence is available at the moment to describe with precision these processes.

Considering the diversity of aquatic ecosystems in Mexico, and species richness of fishes in this country, the present list of nematodes parasitizing freshwater fishes in Mexico is without a doubt incomplete, and it can be expected that subsequent studies will increase the number of these parasites, especially if more detailed surveys are conducted in the northern regions of the country, where Nearctic freshwater fishes are the dominant group. This prediction is reinforced by observing the richness of species in the helminth communities of Nearctic freshwater fishes such as Cyprinids and Catostomids (see Margolis & Arthur, 1979; McDonald & Margolis, 1995; Hoffman, 1999). Although Neotropical freshwater fish fauna will still present a richer helminth fauna, the dominant fish group in that region, the Cichlidae, has been intensively studied and it is not likely that we will keep finding different species of helminths. Our

prediction is that just a few new species of nematodes will be described in the next years, and that is why we propose to focus the sampling program to the north of the country. Notwithstanding, the estimation of diversity of nematodes parasitic in freshwater fishes has to be determined with the proper methodology that includes the use of diversity estimators such as Jackknife 1, Chao 2 and ICE (Colwell & Coddington, 1994; Walther *et al.* 1995; Walther & Morand, 1998).

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Rosario Mata-López, Hugo Mejía-Madrid, Alejandro Ocegüera-Figueroa, Rogelio Rosas-Valdéz, Teodiceldo Camargo-Guerra, Joel Loera-Pérez, Noemí Zea-Escalona for their help during field work. Special thanks to Virginia León for helpful observations to the manuscript. L. G. O. wishes to thank DGEP and CONACyT for scholarships to accomplish her Masters degree. This study was supported by grants from PAPIIT-UNAM IN220605 and CONACyT 47233 to G. P. P. L.

REFERENCES

1. Aguilar-Aguilar, R., Salgado-Maldonado, G., Moreno-Navarrete, R.G. & Cabañas-Carranza, G. (2004) Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. *In*: Luna, I., Morrone, J.J. & Espinosa, D. (Eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Las Prensas de Ciencias, Mexico City, pp. 261-270.
2. Aguilar-Castellanos, E. (2002) *Inventario de helmintos parásitos de peces de la cuenca del Río Pánuco y parte del Lerma-Santiago*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 53 pp.
3. Anderson, R.C. (2000) *Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission*. CABI Publishing, Oxon, UK, 650 pp.
4. Andrade-Salas, O., Pineda-López, R.F. & García-Magaña, L. (1994) *Spirocamallanus rebecae* sp. n. (Nematoda: Camallanidae) from freshwater fishes in South-Eastern Mexico. *Folia Parasitologica*, 41, 259-270.
5. Annereaux, R.F. (1946) A new nematode, *Procamallanus pereirai*, with a key to the genus. *Transactions of the American Microscopical Society*, 65, 299-303.
6. Baylis, H.A. (1923) Note on *Procamallanus spiralis* Baylis, 1923 (Nematoda). *Parasitology*, 15, 137-138.

7. Baylis, H.A. (1947) The nematode genus *Dujardinascaris* (nom. nov. pro. *Dujardinia*) in Crocodilia, with a description of a new species. *Annals and Magazine of Natural History*, 14, 123-134.
8. Blaxter, M.L., De Ley, P., Garey, J.R., Liu, L.X., Scheldeman, P., Vierstraete, A., Vanfleteren, J.R., Mackey, L.Y., Dorris, M., Frisse, L.M., Vida, J.T. & Thomas, W.K. (1998) A molecular evolutionary framework for the phylum Nematoda. *Nature*, 392, 71-75.
9. Caballero-Deloya, J. (1977) Estudio helmintológico de los animales silvestres de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtla", Veracruz. Nematoda II. Descripción de *Spirocamallanus neocaballeroi* sp. nov. (Nematoda: Camallanidae), del intestino de *Astyanax fasciatus* (Cuvier). In: Villa-Ramírez, B. (Ed.), *Excursa Parasitológica en Memoria del Doctor Eduardo Caballero y Caballero*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, pp. 409-414.
10. Caballero-Padilla, M.A. (1988) *Interrelación de factores bióticos y abióticos con las endoparasitosis presentes en los peces cultivados en el Centro Acuícola La Rosa, General Cepeda, Coahuila, México*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México, 98 pp.
11. Caballero-Rodríguez, G. (1971) Contribución al conocimiento de los nematodos de peces de los litorales de México. I. Una nueva especie de *Capillaria*. *Revista Ibérica de Parasitología*, 31, 121-128.
12. Campos-Pérez, J.J. (1992) *Fauna helmintológica de la "guavina" Gobiomorus dormitor (Lacépède 1800) en el Río Tecolutla, Veracruz, México*. B. S. Thesis, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, Mexico, 99 pp.
13. Casanova-Bustillos, J.A. (1984) *Helmintos parásitos de Ictalurus punctatus en la presa Falcón, Nueva Ciudad Guerrero, Tamaulipas, México*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México, 54 pp.
14. Caspeta-Mandujano, J.M. (1996) *Helmintos parásitos de Ilyodon whitei (Pisces: Goodeidae) en el Río Amacuzac, localidad "El Chisco", municipio de Jojutla, Morelos, México*. M. S. Thesis, Facultad de Ciencias Agropecuarias,

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, 62 pp.

15. Caspeta-Mandujano, J.M., Aguilar-Aguilar, R. & Salgado-Maldonado, G. (2002) *Rhabdochona guerreroensis* n. sp. (Nematoda: Rhabdochonidae) from the intestine of the gobiid *Sicydium multipunctatum* from fresh waters in Mexico. *Journal of Parasitology*, 88, 746-749.
16. Caspeta-Mandujano, J.M., Cabañas-Carranza, G., Salgado-Maldonado, G., Gosztonyi, A.E. & Cremonte, S. (2005) Nematode parasites of the characid freshwater fish *Brycon guatemalensis* in the Usumacinta River, Chiapas, Mexico. *Helminthologia*, 42, 41-44.
17. Caspeta-Mandujano, J.M. & Mejía-Mojica, H. (2004) Seasonal dynamics of the occurrence and maturation of *Rhabdochona canadensis* in its definitive host, *Notropis boucardi*, of the Chalma River, State of Morelos, Mexico. *Helminthologia*, 41, 121-123.
18. Caspeta-Mandujano, J.M. & Moravec, F. (2000) Two new intestinal nematodes of *Profundulus labialis* (Pisces, Cyprinodontidae) from fresh waters in Mexico. *Acta Parasitologica*, 45, 332-339.
19. Caspeta-Mandujano, J.M., Moravec, F. & Aguilar-Aguilar, R. (2000) *Cucullanus mexicanus* sp. n. (Nematoda: Cucullanidae) from the intestine of the freshwater catfish *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae) in Mexico. *Helminthologia*, 37, 215-217.
20. Caspeta-Mandujano, J.M., Moravec, F., Delgado-Yoshino, M.A. & Salgado-Maldonado, G. (2000) Seasonal variations in the occurrence and maturation of the nematode *Rhabdochona kidderi* in *Cichlasoma nigrofasciatum* of the Amacuzac River, Mexico. *Helminthologia*, 37, 29-33.
21. Caspeta-Mandujano, J.M., Moravec, F. & Salgado-Maldonado, G. (1999) Observations on cucullanid nematodes from freshwater fishes in Mexico, including *Dichelyne mexicanus* sp. n. *Folia Parasitologica*, 46, 289-295.
22. Caspeta-Mandujano, J.M., Moravec, F. & Salgado-Maldonado, G. (2000) *Rhabdochona mexicana* sp. n. (Nematoda: Rhabdochonidae) from the intestine of characid fishes in Mexico. *Folia Parasitologica*, 47, 211-215.
23. Caspeta-Mandujano, J.M., Moravec, F. & Salgado-Maldonado, G. (2000) *Spinitectus mexicanus* n. sp. (Nematoda: Cystidicolidae) from the intestine of the freshwater fish *Heterandria bimaculata* in Mexico. *Journal of Parasitology*, 86,

83-88.

24. Caspeta-Mandujano, J.M., Moravec, F. & Salgado-Maldonado, G. (2001) Two new species of rhabdochonids (Nematoda: Rhabdochonidae) from freshwater fishes in Mexico, with a description of a new genus. *Journal of Parasitology*, 87, 139-143.
25. Choudhury, A. & Pérez-Ponce de León, G. (2001) *Spinitectus osorioi* n. sp. (Nematoda: Cystidicolidae) from *Chirostoma* spp. (Osteichthyes: Atherinidae) in Lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Journal of Parasitology*, 87, 648-655.
26. Colwell, R.K. & Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)*, 345, 101-118.
27. Contreras-Denis, J. (1997) *Análisis de la comunidad de parásitos de Cichlasoma pasionis (Cortin Rojo) en el meandro "Río Muerto", Tacotalpa, Tabasco*. B. S. Thesis, División Académica de Ciencia Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, 65 pp.
28. Deardorff, T.L. & Overstreet, R.M. (1981) Review of *Hysterothylacium* and *Iheringascaris* (both previously = *Thynnascaris*) (Nematoda: Anisakidae) from the Northern Gulf of Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 93, 1035-1079.
29. Del Río-Rodríguez, E. (1994) *Estudio prospectivo de la infracomunidad de parásitos que infectan al "bobo" Ictalurus meridionalis (Günther, 1864) en Boca del Cerro, Tenosique, Tabasco, como antecedente al proyecto de embalsamiento de esta área*. B. S. Thesis, División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, 112 pp.
30. Delgado-Yoshino, M.A. (1998) *Helminfos parásitos de Cichlasma (Archocentrus) nigrofasciatum (Pisces: Cichlidae) en el Río Amacuzac, localidad "El Chisco", municipio de Jojutla, Morelos, México*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, 37 pp.
31. Dujardin, M.F. (1843) Mémoire sur les helminthes des muscaraignes et en particulier sur les trichosomes, les distomes et les taenias, sur leurs métamorphoses et leurs transmigrations. *Annales des Sciences Naturelles Zoologie*, 20, 329-349.

32. Escobar-González, B. (1997) *Parásitos del besugo (Aplodinotus grunniens) Rafinesque, 1819 y de la tilapia (Sarotherodon aurea) Steindachner, 1864 en la Laguna de Salinillas, Anáhuac, Nuevo León, México*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México, 54 pp.
33. Espinosa, D., Morrone, J.J., Aguilar, C. & Llorente, J. (2000) Regionalización biogeográfica de México: provincias bióticas. *In: Llorente, J., González, E. & Papavero, N. (Eds.), Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Vol. II*. Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, pp. 61-94.
34. Espinosa-Huerta, E., García-Prieto, L. & Pérez-Ponce de León, G. (1996) Helminth community structure of *Chirostoma attenuatum* (Osteichthyes: Atherinidae) in two Mexican Lakes. *Southwestern Naturalist*, 41, 288-292.
35. Espinosa-Pérez, H., Gaspar-Dillanes, M.T. & Fuentes-Mata, R. (1993). *Listados faunísticos de México III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 98 pp.
36. Flores-Negrete, E. (1998) *Estudio poblacional de tres especies de Poblana (Pisces: Atherinopsidae) en tres lagos cráter de Puebla, México*. M. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 101 pp.
37. Flores-Sotelo, M.T. (1998) *Comparación de los helmintos parásitos de Hybopsis boucardi (Günther, 1968) (Pisces: Cyprinidae) en dos localidades del Municipio de Coatlán del Río en el estado de Morelos, México*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, 45 pp.
38. Freitas, J.F. (1933) Sur deux nouvelles espèces du genre *Capillaria* Zeder, 1800. *Comptes Rendus de la Société de Biologie*, 114, 962-964.
39. Froese, R. & Pauly, D. (2005) Fishbase. Available from [http://: www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (accessed June 2005).
40. Fucugauchi-Suárez del Real, M. G., García-Magaña, L. & Brito-Arjona, B. del R. (1988) Análisis previo de la parasitofauna de peces de la Laguna del Rosario, Huimanguillo, Tabasco. *Divulgación Científica*, 1, 319-335.
41. Fusco, A.C. & Overstreet, R.M. (1978) *Spirocamallanus cricotus* sp. n. and *S. halitrophus* sp. n. (Nematoda: Camallanidea) from fishes in the Northern Gulf of Mexico. *Journal of Parasitology*, 64, 239-244.

42. Galicia-Guerrero, S. (2001) *Helminthos parásitos de algunas especies de peces en el Lago de Zacapu, Michoacán*. M. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 127 pp.
43. García-Magaña, L. (1990) *Variación estacional de los helmintos endoparásitos de Cichlasoma synspilum en la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México*. B. S. Thesis, División de Ciencias Básicas (Biología), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, 123 pp.
44. Gardner, S.L. (2000) Worms, Nematoda. In: Levin, S. A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press, San Diego, pp. 843-862.
45. Garduño-Lugo, M. (1984). *Prevalencia de helmintos gastrointestinales en las truchas (Agonostomus monticola) del Río Bobos de Tlapacoyan, Veracruz*. B. S. Thesis, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 17 pp.
46. Garduño-Lugo, M., Soffer-Chicurel, I. & Adame de Paasch, P. (1987) Prevalencia de helmintos gastrointestinales en las lisas *Agonostomus monticola* del Río Bobos de Tlapacoyan, Veracruz. *Veterinaria Mexico*, 18, 139-141.
47. González-Solís, D. (1995) *Nematodos parásitos del bagre Rhamdia guatemalensis (Gunther) (Pisces: Pimelodidae) en cenotes de la Península de Yucatán, México*. B. S. Thesis, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz, México, 108 pp.
48. González-Solís, D. & Moravec, F. (2002) A new attractid nematode, *Atractis vidali* sp. n. (Nematoda: Atractidae) from cichlid fishes in Southern Mexico. *Folia Parasitologica*, 49, 227-230.
49. González-Solís, D. & Moravec, F. (2004) Two new nematode species, *Orientattractis campechensis* n. sp. and *Orientattractis chiapasensis* n. sp. (Nematoda: Atractidae) from cichlid fishes in Southern Mexico and Nicaragua. *Journal of Parasitology*, 90, 1443-1449.
50. Gopar-Merino, L.F., Osorio-Sarabia, D. & García-Prieto, L. (2005) A new species of *Hysterothylacium* (Nematoda: Anisakidae) parasite of *Ariopsis guatemalensis* (Osteichthyes: Ariidae) from Tres Palos Lagoon, Mexico. *Journal of Parasitology*, 91, 909-914.

51. Hammond, P.M. (1992) Species inventory. *In*: Groombridge, B. (Ed.), *Global diversity: status of the earth's living resources*. Chapman & Hall, London, pp. 17-39.
52. Hoffman, G.L. 1999. *Parasites of North American freshwater fishes*. Cornell University Press, Ithaca, New York, 539 pp.
53. Huffman, D.G. & Bullock, W.L. (1973) *Capillaria cyprinodonticola* sp. n. (Nematoda: Trichinellida) from the livers of cyprinodontiform fishes of the Florida Keys. *Journal of Parasitology*, 59, 260-263.
54. Hugot, J.P., Baujard, P. & Morand, S. (2001) Biodiversity in helminth and nematodes as a field of study: an overview. *Nematology*, 3, 199-208.
55. Jiménez-Cortes, J.G. (2003) *Comunidades de helmintos parásitos de los peces de la Presa Ignacio Allende, Guanajuato, México*. B. S. Thesis, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 96 pp.
56. Jiménez-García, M.I. (1993) Fauna helmintológica de *Cichlasoma fenestratum* (Pisces: Cichlidae) del Lago de Catemaco, Veracruz, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 64, 75-78.
57. Jiménez-García, M.I. (1996) *Comunidades de helmintos parásitos de los peces del Lago de Catemaco, Veracruz, México*. M. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 110 pp.
58. Juárez-González, M.L. (1999) *Fauna helmintológica del "pescado blanco" *Chirostoma estor* var. *copandaro* del Lago de Zirahuén, Michoacán, México*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 62 pp.
59. León-Règagnon, V. (1993) *Estructura de las comunidades de helmintos entéricos de *Rhamdia guatemalensis* y *Cichlasoma fenestratum* (Pisces) del Lago de Catemaco, Veracruz*. M. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 96 pp.
60. Lira-Guerrero, G. (2002) *Helmintos parásitos de algunas especies de aterínidos (Pisces: Atherinidae) de la Mesa Central de México*. M. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 110 pp.
61. López-Hernández, S. (1995) *Comparación de la fauna helmintológica de*

- Cichlasoma pearsei* (Hubbs, 1936), *Brycon guatemalensis* (Regan, 1908), *Diapterus mexicanus* (Steindachner, 1863), en la Presa Manuel Moreno Torres "Chicoasén", Chiapas, México. B. S. Thesis, Escuela de Biología, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 81 pp.
62. López-Jiménez, S. (2001) Estudio parasitológico de los peces de aguas dulces del estado de Tabasco. *Gaceta Regional Sistema de Investigación del Golfo de México*, 3, 8-10.
63. Mancias-Hinojosa, B. (1984) *Helminthos parásitos de Ictalurus furcatus en la Presa Falcón, Nueva Ciudad Guerrero, Tamaulipas, México*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México, 58 pp.
64. Margolis, L. & Arthur, J.R. (1979) Synopsis of the parasites of fishes of Canada. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 199, 1-269.
65. Martin, E.W. & Zam, S.G. (1967) *Vasorhabdochona cablei*, gen. et. sp. n. (Nematoda) from blood vessels of the marine fish, *Gillichthys mirabilis* Cooper. *Journal of Parasitology*, 53, 389-391.
66. Martínez-Aquino, A., Salgado-Maldonado, G., Aguilar-Aguilar, R., Cabañas-Carranza, G. & Ortega-Olivares, M.P. (2004) Helminth parasites of *Chapalichthys encaustus* (Pisces: Goodeidae), an endemic freshwater fish from Lake Chapala, Jalisco, Mexico. *Journal of Parasitology*, 90, 889-890.
67. May, R.M. 1988. How many species are there on the Earth? *Science*, 241, 141-149.
68. Mayén-Peña, E. (2003) *Distribución intestinal de helmintos parásitos de los peces Agonostomus monticola (Pisces: Mugilidae) y Dormitator latifrons (Eleotridae) en tres localidades del estado de Jalisco, México*. M. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 98 pp.
69. McDonald, T.E. & Margolis, L. (1995) Synopsis of the parasites of fishes of Canada: supplement (1978-1993). *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatics Sciences*, 122, 1-265.
70. Mejía-Madrid, H.H. (1987) *Helminthofauna del "tiro" Goodea atripinnis Jordan, 1880, en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Algunas consideraciones ecológicas de las poblaciones de helmintos en sus huéspedes*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 122 pp.
71. Mejía-Madrid, H.H. (2001) *Ecología de poblaciones de los helmintos de Poeciliidae y Goodeidae del Río Nexapa, Puebla, México*. M. S. Thesis, Facultad de

- Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 55 pp.
72. Mejía-Madrid, H.H., Domínguez-Domínguez, O. & Pérez-Ponce de León, G. (2005) Adult endohelminth parasites of Goodeinae (Cyprinodontiformes: Goodeidae) from Mexico with biogeographical considerations. *Comparative Parasitology*, 72, 200-211.
 73. Mejía-Madrid, H.H. & Pérez-Ponce de León, G. (2003) *Rhabdochona ahuehuellensis* n. sp. (Nematoda: Rhabdochonidae) from the balsas goodeid, *Ilyodon whitei* (Osteichthyes: Goodeidae), in Mexico. *Journal of Parasitology*, 89, 356-361.
 74. Mendoza-Garfias, M.B., García-Prieto, L. & Pérez-Ponce de León, G. (1996) Helmintos de la "acúmara" *Algansea lacustris* en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 67, 77-88.
 75. Molin, R. (1860) Trenta specie di nematoidi. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen*, 40, 331-358.
 76. Moravec, F. (1982) Proposal of a new systematic arrangement of nematodes of the family Capillariidae. *Folia Parasitologica*, 29, 119-132.
 77. Moravec, F. (1987) *Revision of capillariid nematodes (Subfamily Capillariinae) parasitic in fishes*. Academia, Prague, 141 pp.
 78. Moravec, F. (1998) *Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region*. Academia, Praha, 464 pp.
 79. Moravec, F. (2000) Systematic status of *Laurotravassoxyuris bravoae* Osorio-Sarabia, 1984 (Nematoda: Pharyngodonidae) (= *Atractis bravoae* (Osorio-Sarabia, 1984) n. comb.: Cosmocercidae). *Systematic Parasitology*, 46, 117-122.
 80. Moravec, F., Aguilar-Aguilar, R. & Salgado-Maldonado, G. (2001) Systematic status of *Capillaria patzcuarensis* Osorio-Sarabia, Pérez-Ponce de León et Salgado-Maldonado, 1986 (Nematoda, Capillariidae) from freshwater fishes in Mexico. *Acta Parasitologica*, 46, 8-11.
 81. Moravec, F. & Arai, H.P. (1971) The North and Central American species of *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Nematoda: Rhabdochonidae) of fishes, including *Rhabdochona canadensis* sp. nov. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 28, 1645-1662.
 82. Moravec, F. & Barus, V. (1971) Studies on parasitic worms from Cuban fishes. *Acta Societatis Zoologicae Bohemoslovacae*, 35, 56-74

83. Moravec, F., García-Magaña, L. & Salgado-Maldonado, G. (2002) *Spinitectus tabascoensis* sp. nov. (Nematoda, Cystidicolidae) from *Ictalurus furcatus* (Pisces) in Southeastern Mexico. *Acta Parasitologica*, 47, 224-227.
84. Moravec, F., González-Solís, D. & Vargas-Vázquez, J. (1995) *Paracapillaria rhamdiae* sp. n. (Nematoda: Capillariidae) from *Rhamdia guatemalensis* (Pisces) in Yucatan, Mexico. *Parasite*, 2, 235-238.
85. Moravec, F., Jiménez-García, M.I. & Salgado-Maldonado, G. (1998) New observations on *Mexiconema cichlasomae* (Nematoda: Dracunculoidea) from fishes in Mexico. *Parasite*, 5, 289-293.
86. Moravec, F., Mendoza-Franco, E., Vargas-Vázquez, J. & Vivas-Rodríguez, C. (1995) Studies on the development of *Procamallanus (Spirocamallanus) rebecca* (Nematoda: Camallanidae), a parasite of cichlid fishes in Mexico. *Folia Parasitologica*, 42, 281-292.
87. Moravec, F. & Salgado-Maldonado, G. (2003) *Cystoopsis atractostei* n. sp. (Nematoda: Cystoosidae) from the subcutaneous tissue of the tropical gar, *Atractosteus tropicus* (Pisces), in Mexico. *Journal of Parasitology*, 89, 137-140.
88. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Aguilar-Aguilar, R. (2002) Two new nematodes, *Paraseuratoides ophisterni* gen. et sp. n. (Quimperidae) and *Philometra ophisterni* sp. n. (Philometridae), from the swamp-eel *Ophisternon aenigmaticum* in Mexico. *Folia Parasitologica*, 49, 109-117.
89. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Aguilar-Aguilar, R. (2002) *Gibsonnema* nom. n., a new name for the nematode genus *Paraseuratoides* Moravec, Salgado-Maldonado et Aguilar-Aguilar. *Folia Parasitologica*, 49, 217.
90. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Aguilar-Aguilar, R. (2002) *Neophilometroides* n. gen. (Nematoda: Philometridae) for *Philometroides caudatus* Moravec, Scholz and Vivas-Rodríguez, 1995, with erection of *Neophilometroidinae* n. subfam. *Journal of Parasitology*, 88, 774-777.
91. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Cabañas-Carranza, G. (2001) New observations on *Vasorhabdochona cablei* (Nematoda: Rhabdochonidae) with remarks to the family Rhabdochonidae. *Helminthologia*, 38, 231-235.
92. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Caspeta-Mandujano, J.M. (1999) Capillariids (Nematoda, Capillariidae) from *Agonostomus monticola* and *Gobiomorus* spp. (Pisces, Mugilidae and Eleotridae) from fresh waters in Mexico. *Acta Parasitologica*, 44, 180-187.

93. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Caspeta-Mandujano, J.M. (2000) Three new *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) species from freshwater fishes in Mexico. *Journal of Parasitology*, 86, 119-127.
94. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Jiménez-García, M.I. (2000) *Pseudocapillaria* (*Ichthyocapillaria*) *ophisterni* sp. n. (Nematoda: Capillariidae) from the swamp-eel *Ophisternon aenigmaticum* (Pisces) in Mexico. *Parasitology Research*, 86, 290-293.
95. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Osorio-Sarabia, D. (2000) Records of the bird capillariid nematode *Ornithocapillaria appendiculata* (Freitas, 1933) n. comb. from freshwater fishes in Mexico, with remarks on *Capillaria patzcuarensis* Osorio-Sarabia *et al.* 1986. *Systematic Parasitology*, 45, 53-59.
96. Moravec, F., Salgado-Maldonado, G. & Pineda-López, R. (1993) *Raillietnema kraitscheri* sp. n. (Nematoda: Cosmocercidae) from *Cichlasoma* spp. (Pisces) from Mexico. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien*, 94/95, 35-40.
97. Moravec, F., Scholz, T. & Mendoza-Franco, E. (1995) *Capillaria* (*Hepatocapillaria*) *cichlasomae* (Nematoda: Capillariidae) from the liver of the cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from Yucatan, Mexico. *Folia Parasitologica*, 42, 65-68.
98. Moravec, F., Scholz, T. & Vivas-Rodríguez, C. (1995) *Pseudocapillaria yucatanensis* sp. n. (Nematoda: Capillariidae) from the bagre *Rhamdia guatemalensis* (Pisces) from cenotes in Yucatan, Mexico. *Folia Parasitologica*, 42, 61-64.
99. Moravec, F., Scholz, T. & Vivas-Rodríguez, C. (1995) *Philometroides caudata* sp. n. (Nematoda: Philometridae) from *Rhamdia guatemalensis* (Pisces) in Yucatan, Mexico. *Folia Parasitologica*, 42, 293-298.
100. Moravec, F., Scholz, T., Vivas-Rodríguez, C., Vargas-Vázquez, J. & Mendoza-Franco, E. (1996) Systematic status and first description of male of *Dujardinia cenotae* Pearse, 1936 (= *Hysterothylacium cenotane* (Pearse, 1936) Moravec *et al.*, 1995) (Nematoda: Anisakidae). *Systematic Parasitology*, 33, 143-148.
101. Moravec, F. & Thatcher, V.E. (1997) *Procamallanus* (*Denticamallanus* subgen. n.) *dentatus* n. sp. (Nematoda: Camallanidae) from the characid fish, *Bryconops alburnoides* in the Brazilian Amazon. *Parasite*, 4, 239-243.
102. Moravec, F., Vargas-Vázquez, J. & González-Solís, D. (1999) Nematode parasites from the blind fish *Ogilbia pearsei* from the Nohoch cave system with remarks

- on *Rhabdochona kidderi* (Nematoda) from fishes of Yucatan, Mexico. *Acta Societas Zoologicae Bohemicae*, 63, 295-300.
103. Moravec, F., Vidal-Martínez, V.M. & Salgado-Maldonado, G. (1992) *Mexiconema cichlasomae* gen. et sp. (Nematoda: Daniconematidae) from *Cichlasoma* spp. (Pisces) from Mexico. *Folia Parasitologica*, 39, 33-40.
 104. Moravec, F., Vivas-Rodríguez, C., Scholz, T., Vargas-Vázquez, J., Mendoza-Franco, E. & González-Solís, D. (1995) Nematodes parasitic in fishes of cenotes (=sinkholes) of the Peninsula of Yucatan, Mexico. Part 1. Adults. *Folia Parasitologica*, 42, 115-129.
 105. Myers, G.S. (1938) *Freshwater fishes and West-Indian zoogeography*. Annual Report of the Smithsonian Institution, Washington, 339-364.
 106. Myers, G.S. (1963) *The freshwater fish fauna of North America*. Proceedings of the XVI International Congress of Zoology, Washington, 4, 15-20.
 107. Ocaña-Nañez, M.E. (1992) *Fauna helmintológica de los peces de hábitos bentónicos en la presa Manuel Moreno Torres (Chicoasén), Chiapas, México*. B. S. Thesis, Escuela de Biología, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 129 pp.
 108. Olsen, L.S. (1952) Some nematodes parasitic in marine fishes. *Publications of the Institute of Marine Science*, 2, 175-215.
 109. Osorio-Sarabia, D. (1981) Descripción de una nueva especie del género *Goezia* Zeder, 1800 (Nematoda: Goeziidae) en peces de agua dulce de México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 52, 71-87.
 110. Osorio-Sarabia, D. (1982) *Contribución al estudio parasitológico de las especies de peces nativas e introducidas en la Presa Adolfo López Mateos "El Infiernillo"*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 194 pp.
 111. Osorio-Sarabia, D. (1983) Descripción de una especie nueva del género *Laurotravassoxyuris* Viguera, 1938 (Nematoda: Syphaciidae) en peces de agua dulce de México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 54, 23-33.
 112. Osorio-Sarabia, D., Pérez-Ponce de León, G. & Salgado-Maldonado, G. (1986) Helminths of fishes of the lake of Patzcuaro, Michoacán I: Helminths of *Chirostoma estor* the white fish. Taxonomy. *Anales del Instituto de*

- Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, 57, 61-92.*
113. Osorio-Sarabia, D., Pineda-López, R. & Salgado-Maldonado, G. (1987) Fauna helmintológica de peces dulceacuícolas de Tabasco. Estudio preliminar. *Universidad y Ciencia, 4, 5-31.*
 114. Pearse, A.S. (1936) Parasites from Yucatán. *Carnegie Institute of Washington, 457, 45-59.*
 115. Peresbarbosa-Rojas, E., Pérez-Ponce de León, G. & García-Prieto, L. (1994) Helmintos parásitos de tres especies de peces (Goodeidae) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, 65, 201-204.*
 116. Pérez-Ponce de León, G. & Choudhury, A. (2002) Adult endohelminth parasites of ictalurid fishes (Osteichthyes: Ictaluridae) in Mexico: empirical evidence for biogeographical patterns. *Comparative Parasitology, 69, 10-19.*
 117. Pérez-Ponce de León, G. & Choudhury, A. (2005) Biogeography of helminth parasites of freshwater fishes in Mexico: the search for patterns and processes. *Journal of Biogeography, 32, 645-659.*
 118. Pérez-Ponce de León, G. & García-Prieto, L. (2001) Diversidad de helmintos parásitos de vertebrados silvestres de México. *Biodiversitas, 6, 7-11.*
 119. Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L., León-Règagnon, V. & Choudhury, A. (2000) Helminth communities of native and introduced fishes in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Fish Biology, 57, 303-325.*
 120. Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D. & León-Règagnon, V. (1996) *Listados faunísticos de México VI. Helmintos parásitos de peces de aguas continentales de México.* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 100 pp.
 121. Pérez-Ponce de León, G., Mendoza-Garfias, M.B. & Pulido-Flores, G. (1994) Helminths of the "charal prieto", *Chirostoma attenuatum* (Osteichthyes: Atherinidae) from Patzcuaro Lake, Michoacan, Mexico. *Journal of the Helminthological Society of Washington, 61, 139-141.*
 122. Pérez-Ponce de León, G., Osorio-Sarabia, D. & García-Prieto, L. (1992) Helmintofauna del "juile", *Rhamdia guatemalensis* (Pisces: Pimelodidae), del Lago de Catemaco, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, 43, 25-31.*

123. Petter, A. J. (1974) Essai de classification de la famille des Cucullanidae. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, Zoologie*, 177, 1459-1467.
124. Petter, A. J. (1977) Description d'un nouveau nématode parasite de poisson en Guadeloupe : *Cucullanus caballeroi* sp. nov. In: Villa-Ramírez, B. (Ed.), *Excerta Parasitológica en Memoria del Doctor Eduardo Caballero y Caballero*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, pp. 459-462.
125. Pineda-López, R., Andrade-Salas, O., Páramo-Delgadillo, S., Trejo-Pérez, L., Pérez-Méndez, M.A., Almeyda-Artigas, J., Osorio-Sarabia, D. & Pérez-Ponce de León, G. (1985) *Estudio del control sanitario de la piscifactoría Benito Juárez y en los vasos de las presas Malpaso y La Angostura, Chiapas*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco - Secretaría de Pesca, Mexico City, 309 pp.
126. Pineda-López, R., Carballo-Cruz, V., Fucugauchi-Suárez del Real, M.G. & García-Magaña, L. (1985) Metazoarios parásitos de peces de importancia comercial de la Región de los Ríos, Tabasco, México. *Usumacinta*, 1, 197-270.
127. Reséndez-Medina, A. & Salvadores, M.L. (1983) Contribución al conocimiento de la biología del pejelagarto *Lepisosteus tropicus* (Gill) y la tenguayaca *Petenia splendida* Günther, del Estado de Tabasco. *Biótica*, 8, 413-426.
128. Robles-Gil, P., Ceballos, G. & Eccardi, F. (1993) *Diversidad de fauna mexicana*. CEMEX – Agrupación Sierra Madre, Mexico City, 191 pp.
129. Rodríguez-Hernández, M.M. (1985) *Algunas especies parásitas del bagre Ictalurus dugesi del Lago de Chapala, Jalisco*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 110 pp.
130. Rojas, E., Pérez-Ponce de León, G. & García-Prieto, L. (1997) Helminth community structure of some freshwater fishes from Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Tropical Ecology*, 38, 129-131.
131. Romero-Tejeda, M.L. (2005) *Helmintofauna de algunas especies de peces de la Represa La Mintzita, Michoacán*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 88 pp.
132. Salazar-Pantoja, A.L. (1994) *Estudio comparativo de las comunidades de helmintos en tres especies de aterínidos del Lago de Pátzcuaro, Michoacán*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 56 pp.

133. Salgado-Maldonado, G., Aguilar-Aguilar, R., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E. & Mendoza-Palmero, C. (2005) Helminth parasites in freshwater fish from the Papaloapan river basin, Mexico. *Parasitology Research*, 96, 69-89.
134. Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Caspeta-Mandujano, J.M., Soto-Galera, E., Mayén-Peña, E., Brailovsky, D. & Baéz-Vale, R. (2001) Helminth parasites of freshwater fishes of the Balsas River drainage basin of Southwestern Mexico. *Comparative Parasitology*, 68, 196-203.
135. Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Caspeta-Mandujano, J.M., Moreno-Navarrete, G., Sánchez-Nava, P. & Aguilar-Aguilar, R. (2001) A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago River Basin, Mexico. *Comparative Parasitology*, 68, 204-218.
136. Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Pineda-López, R., Caspeta-Mandujano, J.M., Aguilar-Castellanos, E. & Mercado-Silva, N. (2004) Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco River Basin, East Central México. *Comparative Parasitology*, 71, 190-202.
137. Salgado-Maldonado, G. & Kennedy, C.R. (1997) Richness and similarity of helminth communities in the tropical cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology*, 114, 581-590.
138. Salgado-Maldonado, G., Mercado-Silva, N., Cabañas-Carranza, G., Caspeta-Mandujano, J.M., Aguilar-Aguilar, R. & Iñiguez-Dávalos, L.I. (2004) Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila River, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, West Central Mexico. *Comparative Parasitology*, 71, 67-72.
139. Salgado-Maldonado, G., Moravec, F., Cabañas-Carranza, G., Aguilar-Aguilar, R., Sánchez-Nava, P., Báez-Valé, R. & Scholz, T. (2004) Helminth parasites of the Tropical Gar, *Atractosteus tropicus* Gill, from Tabasco, Mexico. *Journal of Parasitology*, 90, 260-265.
140. Salgado-Maldonado, G. & Osorio-Sarabia, D. (1987) Helminths de algunos peces del lago de Pátzcuaro. *Ciencia y Desarrollo*, 13, 41-57.
141. Salgado-Maldonado, G., Pineda-López, R., García-Magaña, L., López-Jiménez, S., Vidal-Martínez, V.M. & Aguirre-Macedo, M.L. (2005) Helminths parasites of freshwater fishes. In: Bueno, J., Álvarez, F. & Santiago, S. (Eds.), *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Instituto de Biología UNAM - CONABIO, Mexico City, pp. 145-166.

142. Salgado-Maldonado, G., Pineda-López, R., Vidal-Martínez, V.M. & Kennedy, C.R. (1997) A checklist of metazoan parasites of cichlid fish from Mexico. *Journal of the Helminthological Society of Washington*, 64, 195-207.
143. Sánchez-Álvarez, A., García-Prieto, L. & Pérez-Ponce de León, G. (1998) A new species of *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Nematoda: Rhabdochonidae) from endemic goodeids (Cyprinodontiformes) from two Mexican Lakes. *Journal of Parasitology*, 84, 840-845.
144. Sánchez-Nava, P., Salgado-Maldonado, G., Soto-Galera, E. & Jaimes-Cruz, B. (2004) Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the upper Lerma River sub-basin, Mexico. *Parasitology Research*, 93, 396-402.
145. Travassos, L.P., Artigas, P. & Pereira, C. (1928) Fauna helmintologica dos peixes de agua doce do Brasil. *Arquivos do Instituto Biologico Sao Paulo*, 1, 5-68.
146. Valles-Ríos, M.E. & Ruiz-Campos, G. (1997) Prevalencia e intensidad de helmintos parásitos del tracto digestivo de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Pisces: Salmonidae) de Baja California, México. *Revista de Biología Tropical*, 44, 579-584.
147. Velásquez-Silvestre, M.G. (1994) *Comparación de la fauna helmintológica de Gobiomorus dormitor (Lacépède: 1800) en tres localidades del Estado de Veracruz, México*. B. S. Thesis, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México, 92 pp.
148. Vidal-Martínez, V.M. (1995) *Processes structuring the helminth communities of native cichlid fishes from Southern Mexico*. Ph. D. Thesis, Faculty of Science, University of Exeter, Exeter, U.K., 164 pp.
149. Vidal-Martínez, V.M., Aguirre-Macedo, M.L., Scholz, T., González-Solís, D. & Mendoza-Franco, E. (2001) *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Academia, Praha, 165 pp.
150. Vilchis del Olmo, R. (1985) *Contribución al conocimiento de los helmintos endoparásitos del "pescado blanco" Chirostoma estor del Lago de Pátzcuaro, Michoacán*. B. S. Thesis, Escuela de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, 52 pp.
151. Walther, B.A., Cotgreave, P., Gregory, R.D., Price, R. D., Clayton, D.H. (1995) Sampling effort and parasite species richness. *Parasitology Today*, 11, 306-310.

152. Walther, B.A. & Morand, S. (1998) Comparative performance of species richness estimation methods. *Parasitology*, 116, 395-405.
153. Ward, H.B. & Magath, T.B. (1917) Notes on some nematodes from freshwater fishes. *Journal of Parasitology*, 3, 57-64.
154. Wigdor, M. (1918) Two new nematodes common in some fishes of Cayuga Lake. *Journal of Parasitology*, 5, 29-34.

APPENDIX I

In this section we present the larval nematodes collected during this study. The arrangement of this list is similar to the checklist of adult nematodes.

ANISAKIDAE Railliet & Henry

Contraecum sp.

Body cavity, fat, intestinal wall, intestine, mesentery, serous membrane covering stomach, stomacal wall.

MICHOACÁN: Chapultepec: *Allotoca diazi*^(CNHE 4871); Orandino: *Goodea atripinnis*^(CNHE 4858). **NAYARIT:** Jesús María Corte: *Cichlasoma beanii*^(CNHE 4972, 4973, 4974), *Xiphophorus hellerii*^(CNHE 4971). **OAXACA:** Miguel Alemán (Temascal): *Cathorops aguadulce*^(CNHE 4964, 4968), *Rhamdia* sp.^(CNHE 4961, 4962, 4963, 4966); Tonto: *C. aguadulce*^(CNHE 4967), *Ictalurus furcatus*^(CNHE 4965, 4969, 4970). **TAMAULIPAS:** Falcón: *Ameiurus* sp.^(CNHE 4992); Marte R. Gómez: *Astyanax* sp.^(CNHE 4989), *Micropterus salmoides*^(CNHE 4990, 4991); Soto La Marina: *Centropomus* sp.^(CNHE 4988), *Gobiomorus* sp.^(CNHE 4987). **VERACRUZ:** Papaloapan (Tlacotalpan): *Centropomus* sp.^(CNHE 4994, 4996, 4997), *Centropomus undecimalis*^(CNHE 4956, 4957, 4959), *I. furcatus*^(CNHE 4960).

DIOCTOPHYMATIDAE Railliet

Eustrongylides sp.

Body cavity, intestine, mesentery.

MICHOACÁN: Chapultepec: *Skiffia lermæ*^(CNHE 4862); La Luz: *Allophorus robustus*^(CNHE 4864); Pátzcuaro: *Goodea atripinnis*^(CNHE 4850); Orandino: *A. robustus*^(CNHE 4865), *G. atripinnis*^(CNHE 4857); San Cristobal: *Poeciliopsis infans*^(CNHE 4867).

GNATHOSTOMATIDAE Railliet

Spiroxys sp.

Body cavity, mesentery, stomach wall.

MICHOACÁN: Chapultepec: *Allotoca diazi*^(CNHE 4851, 4861, 4870); Cutzaróndiro: *Hybopsis boucardi*^(CNHE 4872), *Ilyodon cortesæ*^(CNHE 4873); La Luz: *Allophorus robustus*^{(CNHE 4854,}

⁴⁸⁶³); La Mintzita: *A. robustus*^(CNHE 4860), *Notropis calientis*^(CNHE 4868), *Zoogoneticus quitzeoensis*^(CNHE 4852, 4853, 4859, 4869); Orandino: *A. robustus*^(CNHE 4866), *Goodea atripinnis*^(CNHE 4856), *Xenotoca variata*^(CNHE 4855). **VERACRUZ:** Papaloapan (Tlacotalpan): *Centropomus* sp.^(CNHE 4993, 4995), *Centropomus undecimalis*^(CNHE 4958).

APPENDIX II

Redescription of *Goezia nonipapillata* Osorio-Sarabia, 1981 (Nematoda: Anisakidae), a parasite of freshwater fishes in Mexico

Lorena Garrido-Olvera, David Osorio-Sarabia & Gerardo Pérez-Ponce de León*

Laboratorio de Helmintología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 70-153, México, D. F. 04510. *Corresponding author. E-mail: ppdleon@servidor.unam.mx

Abstract

The study of specimens of *Goezia nonipapillata* Osorio-Sarabia, 1981 parasitizing *Ictalurus dugesii* and *Ictalurus punctatus* from Lake San Juanico, Michoacán and Lake Chapala, Jalisco, as well as the re-examination of the type material showed that the original description of this species was incomplete and inaccurate. In this work, we present a redescription of this species, adding some characteristics based on a scanning electron microscopy study, and clarifying some others. On the left side, all specimens present a somatic papilla located at second third of body. In addition, this species does not possess nine pairs of caudal papillae as originally was described, instead it possesses a variable number between 17 and 23 pairs + 2 or 3 unpaired papillae.

Introduction

Goezia Zeder, 1800 includes several species parasitizing freshwater, brackish-water, and marine fishes and, occasionally, aquatic reptiles (Moravec *et al.* 1994; Martins & Yoshitoshi, 2003; Akther *et al.*, 2004). In Mexico, some specimens have been recorded as *Goezia* sp. either as larval forms infecting siluriform fishes (Moravec *et al.*, 1995; Vidal-Martínez *et al.*, 2003) or as adults parasitizing cichlids and ictalurids (Pineda-López *et al.*, 1985; Rodríguez-Hernández, 1985; Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997; Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2002). The only nominal species of *Goezia* recorded so far in Mexico is *Goezia nonipapillata* Osorio-Sarabia, 1981 (Garrido-Olvera *et al.*, 2006). This species was originally described as a parasite of cichlids:

Cichlasoma istlanum, *Sarotherodon aureus*, *Sarotherodon mossambicus* and *Tilapia zillii* from El Infiernillo Dam, Michoacán (Osorio-Sarabia, 1981; 1982). Specimens of *Goezia* collected in characids, cichlids and ictalurids from Campeche, Chiapas and Tabasco were assigned to *G. nonipapillata*; however no detailed description was given (Ocaña-Nañez, 1992; López-Hernández, 1995, Salgado-Maldonado *et al.*, 1997). Recently, while discussing the nematode fauna of Mexican inland fishes, Moravec (2000) considered that the original description of *G. nonipapillata* was incomplete, suggesting the need for a detailed redescription.

During a survey of the helminth parasites of freshwater fishes in Mexico, specimens of *G. nonipapillata* were recovered from the stomach of two species of ictalurids (*Ictalurus dugesii* (Bean, 1880) and *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818)) from Lake San Juanico, Michoacán and Lake Chapala, Jalisco. In this study more detailed morphological information on this nematode species is provided by using scanning electron microscopy (SEM).

Materials and Methods

Between September 2002 and February 2003, 58 ictalurids were collected from two lakes in Central Mexico (38 *I. punctatus* and nine *I. dugesii* from Lake San Juanico and 11 *I. dugesii* from Lake Chapala). Host names are in accordance with Froese and Pauly (2006).

Each fish was examined for helminth parasites. Nematodes were fixed in hot 4% formalin, washed in distilled water, and transferred through a graded series of ethanol to 70% ethanol.

For light microscopy study, specimens were cleared with lactophenol. Drawings were made with the aid of a drawing tube; all measurements are expressed in millimeters, with the range followed by the mean and standard deviation in parentheses. Voucher specimens were deposited in the Colección Nacional de Helminfos (CNHE), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México with the following accession numbers: 5230-31, 5252-53. For comparison, specimens of *Goezia* including the type material deposited at the CNHE (2212-2213, 2215-2217, 4224-4223, 4240) were examined.

For scanning electron microscopy, one female and two males of newly collected specimens, and one male of the type series, were postfixed in 1% osmium tetroxide

(OsO₄), dehydrated through an ethanol graded series, dried to critical point with CO₂ and coated with gold-paladium. Observations were carried out with a Hitachi S2460N scanning electron microscope.

Results

Seven of the 58 fish examined were infected; in total, 27 adults of *Goezia nonipapillata* were found in the stomach of *I. dugesii* and *I. punctatus* from Lake San Juanico, Michoacán and Lake Chapala, Jalisco. The redescription of the species is given below.

Goezia nonipapillata Osorio-Sarabia, 1981

REDESCRIPTION (based on specimens from *I. dugesii* and *I. punctatus*): Taxonomic characteristics of Anisakidae (Figure 1A). Cuticle provided with transverse rows of spines, gradually increasing in size towards the middle part of body; posterior to this region spines gradually decrease in size towards the posterior extremity. Anterior end with three lips surrounding a triangular mouth (Figure 2A); dorsal lip with two double papillae and subventral lips, each presenting a double subventral papilla, a single lateral and an amphid. Interlabia absent. Oesophagus short and claviform. Nerve ring surrounding anterior region of oesophagus. Deirids small, lying posteriorly to nerve ring, between the 21st - 26th row of spines (Figure 2B). Excretory pore located anteriorly to deirids, between 15th - 18th row of spines (Figure 2C). Ventriculus wider than long. Ventricular appendage long and cylindrical, with septum dividing appendage into two pouches. Intestinal caecum present. On the left side, all specimens present a somatic papilla located at second third of body (Figure 2D). Tail short and conical with a digitiform process. Phasmids small, located near the base of digitiform process (Figure 2E).

Male (based on 6 specimens): body length 5.41-13.46 (10.912 ± 3.11), maximum width 0.46-0.97 (0.76 ± 0.2). Cuticular spines distributed in almost all the body surface, excepting at dorsal region, from base of digitiform process to level of mid-length of spicules. Nerve ring 0.26-0.39 (0.35 ± 0.05), and excretory pore 0.23-0.33 (0.29 ± 0.04) from anterior extremity. Oesophagus 0.87-1.3 (1.18 ± 0.35) long. Ventriculus 0.05-0.12 (0.08 ± 0.03) long by 0.12-0.19 (0.15 ± 0.023) wide; ventricular appendage 1.78-2.19 (1.94 ± 0.16) long. Intestinal caecum 0.26-0.73 (0.52 ± 0.18) long.

Ratio of caecum to ventricular appendage 1:3-6.85 length; ratio of caecum to oesophagus 1:1.78-2.58 length. Number of caudal papillae varies between 17 and 23 pairs + 2 or 3 unpaired (Figure 1B). Spicules subequal, alate, with broad proximal and narrow distal ends; right spicule 0.43-0.93 (0.77 ± 0.21) long and left spicule 0.43-0.93 (0.77 ± 0.19) long. Gubernaculum absent. Tail conical 0.1-0.13 (0.12 ± 0.01) long, including digitiform process 0.04-0.07 (0.06 ± 0.01) long.

Female (based on 7 specimens): body length 8.41-14.46 (12.912 ± 3.21), maximum width 0.56-0.97 (0.86 ± 0.23). Cuticular spines covering all body, with rows less abundant and compact near to posterior end (Figure 2G). Nerve ring 0.36-0.38 (0.37 ± 0.02) and excretory pore 0.33-0.37 (0.35 ± 0.04) from anterior extremity. Oesophagus 0.87-1.3 (1.18 ± 0.35) long. Ventriculus 0.08-0.11 (0.86 ± 0.03) long by 0.17-0.23 (0.18 ± 0.056) wide; ventricular appendage 1.68-2.27 (1.98 ± 0.26) long. Intestinal caecum 0.46-0.53 (0.51 ± 0.11) long. Ratio of caecum to ventricular appendage 1:3.65-2.45 length; ratio of caecum to oesophagus 1:1.8-2.45 length. Vulva smooth (Figure 2H), opening 5.87-0.95 (0.88 ± 0.12) from anterior extremity. Tail conical 0.22-0.23 (0.22 ± 0.01) long, including digitiform process 0.07-0.09 (0.07 ± 0.01) long.

Discussion

Goezia nonipapillata Osorio-Sarabia, 1981 is the only nominal species of the genus recorded so far in Mexico (Garrido-Olvera *et al.*, 2006). When the specimens we collected from ictalurids catfishes from Central Mexico, they were compared to the type material of *G. nonipapillata* and we discovered that the original description of this nematode (Osorio-Sarabia, 1981) was incomplete, and also that the description of some morphological traits was not completely accurate. In this study, we provide new evidence from SEM and we established the presence of a somatic papilla, which was not described by Osorio-Sarabia (1981). In addition, we observed that this species does not present nine pairs of caudal papillae as originally described; in fact, this number is quite variable, presenting between 17 and 23 pairs, plus 2 or 3 unpaired.

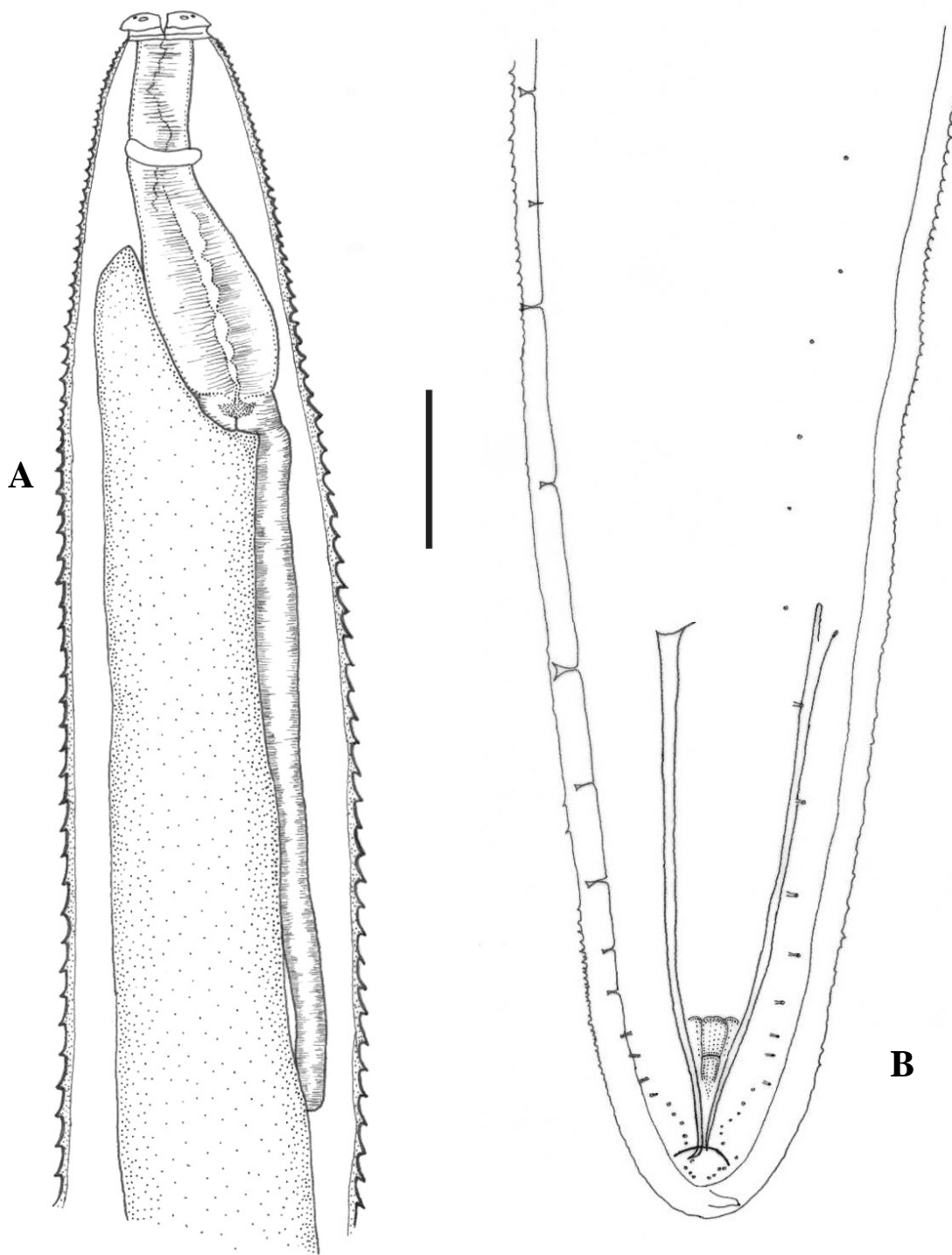


Figure 1. *Goezia nonipapillata*. A. Lateral view of anterior half of a female (scale 0.3 mm). B. Ventral view of tail region of a male (scale 0.3 mm).

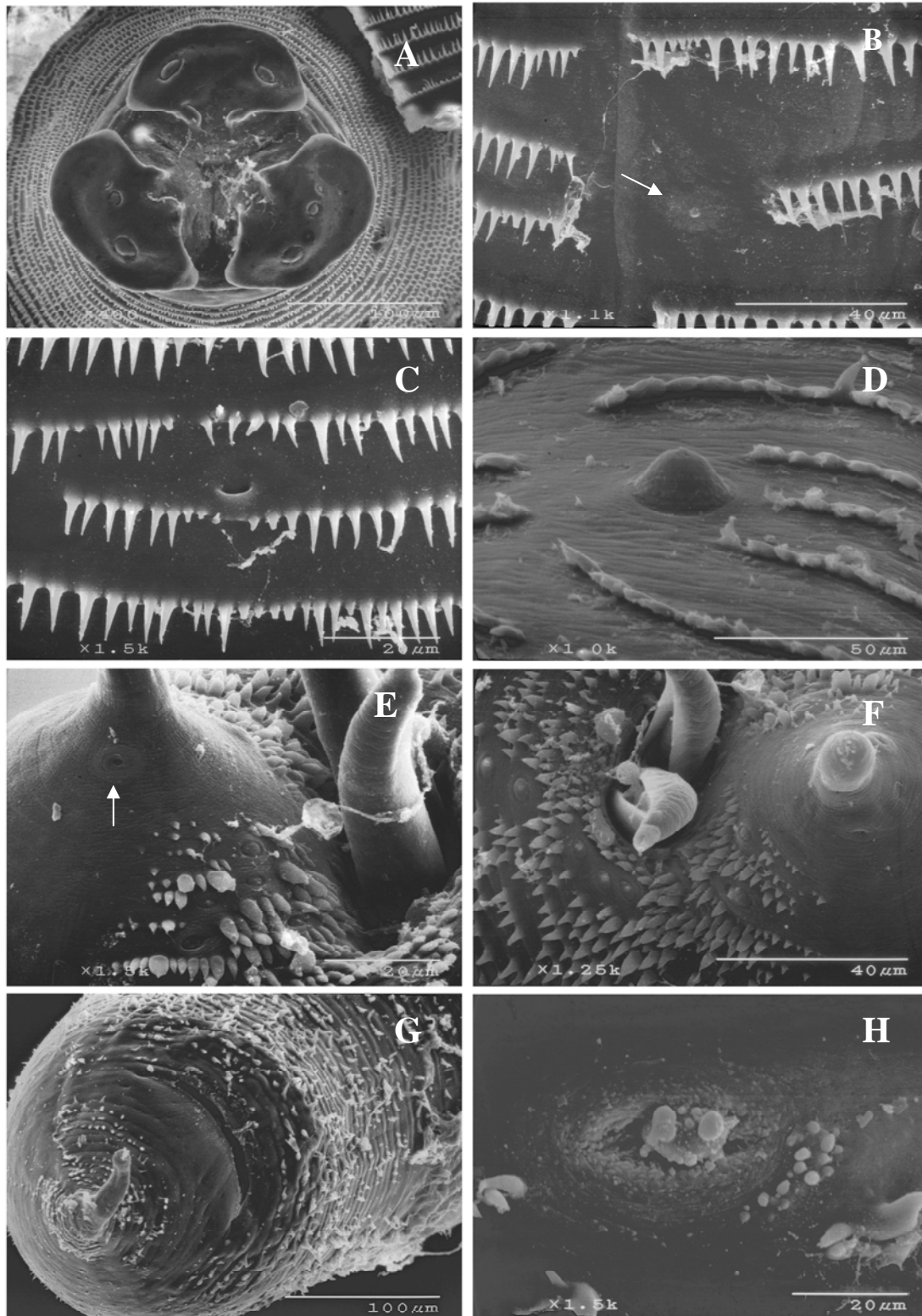


Figure 2. SEM micrographs of *Goezia nonipapillata*. Male: A. Lips, apical view; B. Deirid; C. Excretory pore; D. Body papilla; E. Lateral view of tail end (phasmid and postcloacal papillae); F. Lateral view of tail end (postcloacal papillae). Female: G. Digitiform process; H. Vulva.

Osorio-Sarabia (1981) listed 16 species of *Goezia*, mentioning that five other species previously placed in this genus were undoubtedly members of other genera. After that, nine additional species have been described as parasites of freshwater, brackish-water, and marine fishes: *G. anguillae* Lèbre & Petter, 1983 from *Anguilla anguilla* in France; *G. rasheedae* and *G. bilqueesae* Gupta & Masoodi, 1990 from *Congromuraena anago* and *Leiognathus splendens*, respectively in India; *G. alii* Kaur & Khera, 1991 from *Channa striatus* in India; *G. moraveci* De & Dey, 1992 from *Mastacembelus arnatus* in India; *G. brasiliensis* and *G. brevicaeca* Moravec, Kohn & Fernandes, 1994 from *Brycon hilarii* and *Pseudoplatystoma coruscans*, and *Brycon hilarii*, respectively in Brazil, respectively; *G. leporini* Martins & Yoshitoshi, 2003 from *Leporinus macrocephalus* in Brazil; *G. bangladeshi* Akther, Alam, D'Silva, Bhuiyan, Bristow & Berland, 2004 from *Tenualosa ilisha* in Bangladesh (Lèbre & Petter, 1983; Gupta & Masoodi, 1990; Kaur & Khera, 1991; De & Dey, 1992; Moravec *et al.*, 1994; Martins & Yoshitoshi, 2003; Akther *et al.*, 2004). This brings the total number of species in the genus *Goezia* to 25 with the majority of them parasitizing freshwater fishes.

In addition to other morphological features, *G. nonipapillata* differs from its congeners mainly in the number and arrangement of caudal papillae in males (17 and 23 pairs + 2 or 3 unpaired) and in the ratio of intestinal caecum length with respect to ventricular appendage and oesophagus, as well as the ratio between spicules and body lengths. The morphology of the specimens recorded as *Goezia* sp. parasitizing ictalurids from Lakes San Juanico and Chapala by Pérez-Ponce de León & Choudhury (2002) and those from *I. dugesii* from Lake Chapala by Rodríguez-Hernández, 1985 indicate that they belong to *G. nonipapillata*. All other records of *Goezia* sp. from siluriform and cichlid fishes from Southeast Mexico (Pineda-López *et al.*, 1985; Moravec *et al.*, 1995; Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997; Vidal-Martínez *et al.*, 2003) as well as records as *G. nonipapillata* from characids, cichlids and ictalurids in the same region (Ocaña-Nañez, 1992; López-Hernández, 1995, Salgado-Maldonado *et al.*, 1997) need further verification based on the observation of newly collected material since no specimens from these surveys were deposited in an established parasite collection.

Acknowledgements

We thank Rosario Mata-López, Alejandro Ocegüera-Figueroa and Rogelio Rosas-Valdez for their help during this study. We also thank Luis García-Prieto, Collection Manager of the Colección Nacional de Helminthos for the loan of specimens, and Berenit Mendoza-Garfias for the technical assistance with the SEM micrographs. L. G. O. wishes to thank DGEP and CONACyT for scholarships to accomplish her Masters degree. This study was supported by grants from PAPIIT-UNAM IN220605 and CONACyT 47233 to G. P. P. L.

References

- Akther, M., Alam, A., D'Silva, J., Bhuiyan, A. I., Bristow, G. A. & Berland, B (2004) *Goezia bangladeshi* n. sp. (Nematoda: Anisakidae) from an anadromous fish *Tenualosa ilisha* (Clupeidae). *Journal of Helminthology*, 78, 105-113.
- De, N. C. & Dey, J. (1992) A new species of the genus *Goezia* Zeder, 1800 (Nematoda: Anisakidae) from the fish, *Mastacembelus armatus* (Lacep.) from West Bengal, India. *Systematic Parasitology*, 22, 189-197.
- Froese, R. & Pauly, D. (2006) Fishbase. Available from [http://: www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) (accessed February 2006).
- Garrido-Olvera, L. García-Prieto, L. & Pérez-Ponce de León, G. (2006) Checklist of the nematode parasites of fishes in freshwater localities from Mexico. *Zootaxa*, 1201, 1-45.
- Gupta, P. C. & Masoodi, B. A. (1990) Three new and known nematode (Family: Anisakidae) from marine fishes of Indian. *Indian Journal of Parasitology*, 14, 157-164.
- Kaur, J. & Khera, S. (1991) *Goezia (Goezia) alii* sp. n. (Nematoda) from a freshwater fish, *Channa striatus* (Bloch), from Ludhiana (Punjab, India), and revision of the genus. *Acta Parasitologica Polonica*, 36, 51-54.
- Lèbre, C. & Petter, A. J. (1983) Deux nouvelles espèces d'Ascarides (Nematoda) parasites de Poissons Téléostéens: *Raphidascaaris mediterraneus* n. sp. et *Goezia anguillae* n. sp.; complément de description de *Cucullanus micropapillatus* Törnquist, 1931 (Nematoda, Cucullanidae). *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 4 série., section A*, 5, 491-505.

- López-Hernández, S. (1995) *Comparación de la fauna helmintológica de Cichlasoma pearsei (Hubbs, 1936), Brycon guatemalensis (Regan, 1908), Diapterus mexicanus (Steindachner, 1863), en la Presa Manuel Moreno Torres "Chicoasén", Chiapas, México*. B. S. Thesis, Escuela de Biología, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico, 81 pp.
- Martins, M. L. & Yoshitoshi, E. R. (2003) A new nematode species *Goezia leporini* n. sp. (Anisakidae) from cultured freshwater fish *Leporinus macrocephalus* (Anostomidae) in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 63, 497-506.
- Moravec, F. (2000) Nematodes as parasites of inland fishes in Mexico. In: Salgado-Maldonado, G., García-Aldrete, A.N. & Vidal-Martínez, V. M. (Eds.), *Metazoan parasites in the Neotropics: a systematic and ecological perspective*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, pp. 137-147.
- Moravec, F., Kohn, A. & Fernandes, B. M. M. (1994) Two new species of the genus *Goezia*, *G. brasiliensis* sp. n. and *G. brevicaeca* sp. n. (Nematoda: Anisakidae), from freshwater fishes in Brazil. *Folia Parasitologica*, 41, 271-278.
- Moravec, F., Vivas-Rodríguez, C., Scholz, T., Vargas-Vázquez, J., Mendoza-Franco, E., Schmitter-Soto, J. J. & González-Solís, D. (1995) Nematodes parasitic in fishes of cenotes (=sinkholes) of the Peninsula of Yucatan, Mexico. Part 2. Larvae. *Folia Parasitologica*, 42, 199-210.
- Ocaña-Nañez, M. E. (1992) *Fauna helmintológica de los peces de hábitos bentónicos en la presa Manuel Moreno Torres (Chicoasén), Chiapas, México*. B. S. Thesis, Escuela de Biología, Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico, 129 pp.
- Osorio-Sarabia, D. (1981) Descripción de una nueva especie del género *Goezia* Zeder, 1800 (Nematoda: Goeziidae) en peces de agua dulce de México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 52, 71-87.
- Osorio-Sarabia, D. (1982) *Contribución al estudio parasitológico de las especies de peces nativas e introducidas en la Presa Adolfo López Mateos "El Infiernillo"*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 194 pp.
- Pérez-Ponce de León, G. & Choudhury, A. (2002) Adult endohelminth parasites of ictalurid fishes (Osteichthyes: Ictaluridae) in Mexico: empirical evidence for

- biogeographical patterns. *Comparative Parasitology*, 69, 10-19.
- Pineda-López, R., Andrade-Salas, O., Páramo-Delgadillo, S., Trejo-Pérez, L., Pérez-Méndez, M. A., Almeyda-Artigas, J., Osorio-Sarabia, D. & Pérez-Ponce de León, G. (1985) *Estudio del control sanitario de la piscifactoría Benito Juárez y en los vasos de las presas Malpaso y La Angostura, Chiapas*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco - Secretaría de Pesca, Mexico City, 309 pp.
- Rodríguez-Hernández, M. M. A. (1985) *Algunas especies parásitas del bagre *Ictalurus dugesi* del Lago de Chapala, Jalisco*. B. S. Thesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, 110 pp.
- Salgado-Maldonado, G. & Kennedy, C. R. (1997) Richness and similarity of helminth communities in the tropical cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology*, 114, 581-590.
- Salgado-Maldonado, G., Pineda-López, R., Vidal-Martínez, V. M. & Kennedy, C. R. (1997) A checklist of metazoan parasites of cichlid fish from Mexico. *Journal of the Helminthological Society of Washington*, 64, 195-207.
- Vidal-Martínez, V. M., Aguirre-Macedo, M. L., Noreña-Barroso, E., Gold-Bouchot, G. & Caballero-Pinzón, P. I. (2003) Potential interactions between metazoan parasites of the Mayan catfish *Ariopsis assimilis* and chemical pollution in Chetumal Bay, Mexico. *Journal of Helminthology*, 77, 173-184.

III. PATRÓN DE RIQUEZA DE ESPECIES DE NEMATODOS ADULTOS PARÁSITOS EN PECES DE LOCALIDADES DULCEACUÍCOLAS EN MÉXICO

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la mayoría de los ecosistemas están siendo modificados principalmente como consecuencia de las actividades humanas. El efecto de los cambios en el ambiente puede ser monitoreado midiendo la diversidad biológica o biodiversidad (entendida como la variedad de especies y la abundancia de éstas en un sitio determinado, de acuerdo con Magurran, 2004) tanto en las comunidades naturales como en las perturbadas, así como identificando la composición taxonómica entre las distintas comunidades. Lo anterior permitirá diseñar estrategias sólidas de conservación y llevar a cabo acciones concretas a una escala local (Moreno, 2001).

La cuantificación de la riqueza de especies no solo es importante para conocer el número de éstas en un sitio, sino también para hacer comparaciones entre diferentes áreas (Cornell, 1999). En la mayoría de los casos, resulta impráctico o incluso imposible cuantificar directamente el número de especies en un sitio, por lo tanto, el muestreo es necesario aun cuando el número de especies registradas dependa fuertemente del tamaño de la muestra (Colwell & Coddington, 1994; Magurran, 2004). El esfuerzo de muestreo puede ser evaluado mediante una curva de acumulación de especies, definida como el gráfico de la riqueza acumulativa de especies contra el esfuerzo de muestreo, el cual puede estar basado en número de muestras (tiempo o área) o en número de individuos. Cuando una curva de acumulación de especies alcanza la asíntota, se considera que el esfuerzo de muestreo realizado ha sido suficiente para representar la riqueza total de especies en un sitio determinado (Gotelli & Colwell, 2001).

La comparación de la riqueza entre diferentes sitios es válida solo cuando las curvas de acumulación de cada uno han alcanzado una asíntota clara y se han empleado las técnicas de registro de mayor capacidad de detección (Moreno, 2001; Magurran, 2004). No obstante, si una o más curvas de acumulación no alcanzan la asíntota, las curvas de rarefacción pueden ser obtenidas para una comparación apropiada. El término rarefacción comúnmente refiere a curvas de "remuestreo" basadas en individuos o en muestras; dichas curvas se producen realizando muestreos repetidos al azar con el conjunto total de individuos o muestras, graficando el número promedio de especies, de

tal manera que la gráfica obtenida es “suavizada” eliminando así el efecto del orden de los muestreos (Gotelli & Colwell, 2001). Recientemente, Colwell *et al.* (2004) propusieron el modelo matemático Mao Tau para obtener las curvas de rarefacción de especies basadas en muestras y así comparar la riqueza de especies entre sitios de modo estadístico.

Por otro lado, las comparaciones entre áreas también permiten evaluar el grado de semejanza o de cambio en la composición taxonómica y la abundancia relativa de las especies. Las similitudes o diferencias son obtenidas mediante la aplicación de índices de similitud y complementariedad, respectivamente (Magurran, 2004). Actualmente, existe una amplia variedad de índices de similitud (Legendre & Legendre 1998), siendo el de Jaccard y el de Sorensen los más ampliamente usados para evaluar el parecido de la composición de especies mediante datos de presencia / ausencia de taxones o especies (Boyce & Ellison, 2001; Magurran, 2004). Por otro lado, una versión modificada del índice de Sorensen desarrollada por Bray-Curtis en 1957 (índice de Sorensen basado en abundancias *sensu* Magurran, 2004) y el índice de Morisita-Horn han sido comúnmente aplicados para evaluar la semejanza en cuanto a abundancia relativa de especies, por lo que requieren de alguna medida de abundancia relativa tal como número de individuos, biomasa, cobertura, productividad o cualquier medida que cuantifique la “importancia” de las especies en la comunidad (Magurran, 2004; Chao *et al.* 2005). Con respecto a la evaluación de la diferencia en la composición de especies entre pares de sitios, la medida de complementariedad es ampliamente utilizada y contrariamente a los índices de similitud, esta medida varía desde 0, cuando las listas de especies para ambos sitios son idénticas, hasta 1, cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas (Colwell & Coddington, 1994; Magurran, 2004).

A pesar de los esfuerzos realizados para obtener un inventario completo de la diversidad biológica terrestre (incluidos los ambientes dulceacuícolas) y lograr una descripción precisa del patrón de diversidad de los diferentes grupos taxonómicos, los estudiosos de ésta han señalado que es prácticamente imposible detectar todas las especies y sus abundancias relativas y consecuentemente obtener medidas robustas de la similitud o complementariedad entre los diversos ensamblajes. Por esto, las estimaciones de riqueza en un área determinada y las de similitud en composición de especies o abundancia de éstas entre diversos ensamblajes, se convierten en una herramienta invaluable para tener una aproximación de la misma (Colwell & Coddington, 1994; Chao *et al.*, 2005). Existen varios métodos para estimar la riqueza

total de especies, los cuales pueden ser asignados a tres enfoques: el primero depende de la extrapolación de las curvas de acumulación, el segundo usa la forma de la distribución de las abundancias de las especies y el último utiliza estimadores no paramétricos (Bunge & Fitzpatrick, 1993; Colwell & Coddington, 1994; Magurran, 2004). El último enfoque estima el número de especies que probablemente se encuentran presentes en el ensamblaje, pero que están ausentes de los datos observados en las muestras; los estimadores se basan en datos de abundancia (Chao1, ACE) o incidencia (ICE, Chao2, Jack1, Jack2 y Bootstrap) de las especies raras (Colwell & Coddington, 1994; Chazdon *et al.*, 1998).

En grupos que no han sido completamente inventariados como los nematodos parásitos de peces, dichas estimaciones permitirán describir patrones más completos y precisos de la riqueza específica de este grupo. Estos patrones, sumados al conocimiento sobre la biología misma de parásitos y huéspedes, arrojarán datos que podrían ser considerados para la toma de decisiones sobre la conservación de algunas especies y/o de los ecosistemas donde éstas habitan. Con base en lo anterior se plantean los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

General

► Describir el patrón de riqueza específica (observada y potencial) de nematodos parásitos en peces de ambientes dulceacuícolas de México.

Particulares

► Cuantificar la riqueza de especies en cada cuenca hidrológica y en cada familia de huésped.

► Comparar la riqueza de especies entre las cuencas hidrológicas y entre las familias de huéspedes.

► Estimar el número total (potencial) de especies para cada cuenca hidrológica y para cada familia de huésped, mediante el uso de estimadores de riqueza no paramétricos.

- ▶ Evaluar el funcionamiento de los estimadores con las medidas no escaladas de sesgo, precisión y exactitud.
- ▶ Comparar la composición taxonómica de especies de nematodos entre las cuencas hidrológicas y entre las familias de huéspedes.
- ▶ Explorar el papel del gradiente latitudinal en la riqueza de especies de nematodos.

METODOLOGÍA

Cuantificación de la riqueza

A partir de los registros recopilados en el Capítulo II, se obtuvo la distribución de las especies de nematodos por cuenca hidrológica y por familia de huésped. Adicionalmente, para cada especie de nematodo se elaboró una base de datos que incluye las localidades de colecta, con referencia geográfica (latitud y longitud). Estas tablas se importaron al programa ArcView versión 3.1, con la finalidad de elaborar mapas de distribución geográfica por especie, utilizando las coberturas Limite Nacional e Hidrografía, producidas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Una vez obtenidos los mapas, se analizaron con el fin de establecer la existencia de algún patrón de distribución general.

Comparación de la riqueza de especies

Para comparar el número de especies de nematodos registradas en las diferentes cuencas hidrológicas y familias de huéspedes, se construyeron matrices de datos de presencia/ausencia (incidencia) para cada una de ellas. Como medida del esfuerzo de muestreo, se consideraron cada una de las localidades y especies de huéspedes (ver Apéndice I y II). El análisis únicamente incluyó seis de las 25 cuencas hidrológicas (Figura 1) y ocho de las 23 familias de huéspedes para los que se tiene información, debido a que solo en éstas el número de muestras es suficiente para realizar dichos análisis.

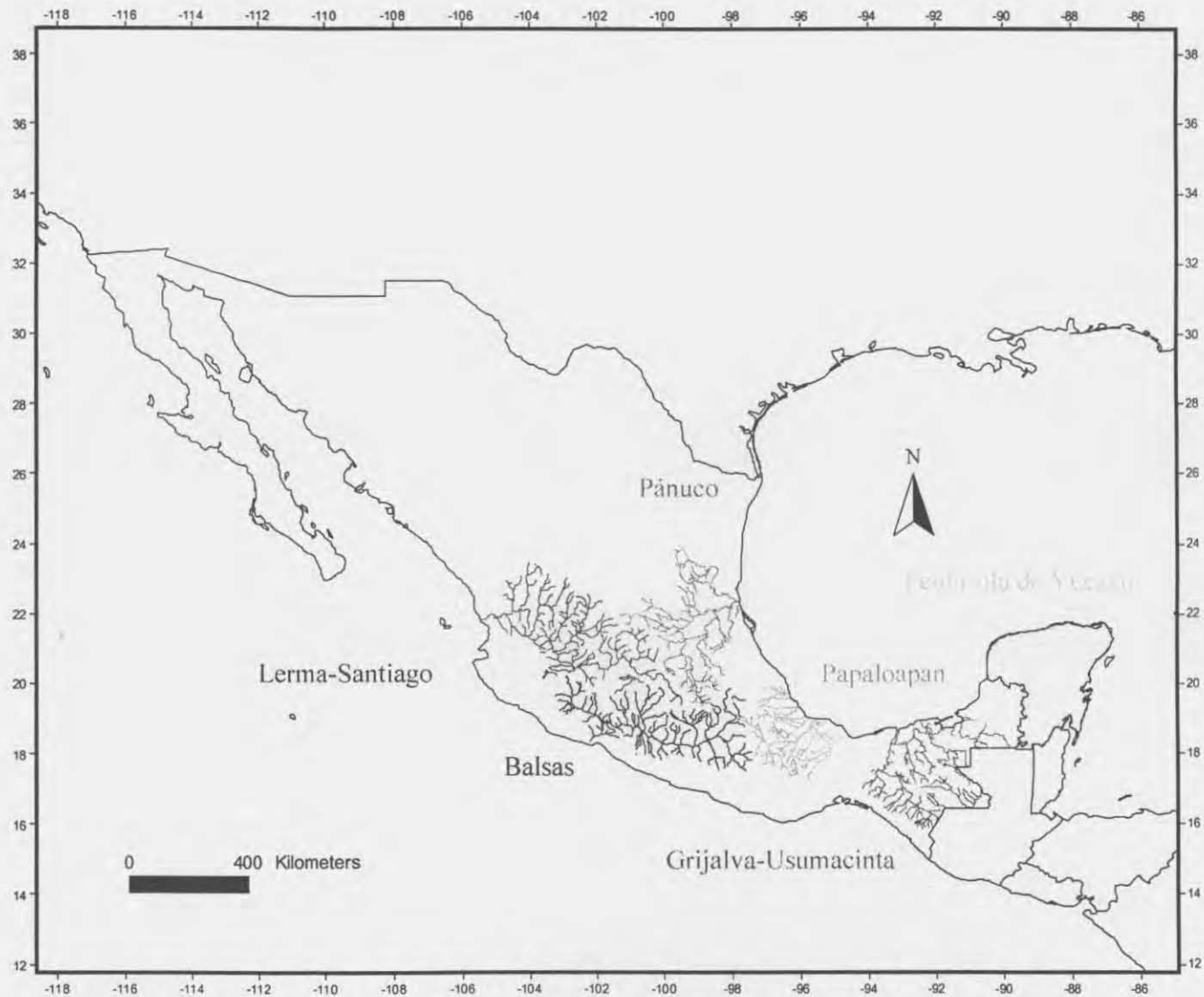


Figura 1. Cuencas hidrológicas de México entre las cuales se comparó el número de especies de nematodos parásitos de peces.

Nota: La Península de Yucatán se incluye como cuenca hidrológica, pero representa registros de helmintos en cenotes de Quintana Roo y Yucatán.

A partir de las matrices referidas previamente y siguiendo el modelo matemático Mao Tau propuesto por Colwell *et al.* (2004), se obtuvieron las curvas de rarefacción de especies basadas en muestras y sus intervalos de confianza del 95%, de acuerdo con las siguientes formulas:

$$\begin{aligned}\hat{\tau}(h) &= \sum_{j=1}^H (1 - \alpha_{jh})S_j \\ &= S_{obs} - \sum_{j=1}^H \alpha_{jh}S_j \quad h = 1, 2, \dots, H\end{aligned}$$

$$\alpha_{jh} = \begin{cases} \frac{(H-h)!(H-j)!}{(H-h-j)!H!} & \text{for } (j+h \leq H) \\ 0 & \text{for } (j+h > H). \end{cases}$$

donde:

H = número total de muestras.

S_j = número de especies encontradas en exactamente j muestras.

$$\tilde{\sigma}^2(h) = \sum_{j=1}^H (1 - \alpha_{jh})^2 S_j - \hat{\tau}^2(h) / \tilde{S}$$

donde:

S-tilde = un estimador para la riqueza de especies total (S). Cuando $S_2 > 0$ usamos la primer ecuación, pero cuando $S_2 = 0$ usamos la segunda:

$$S_{Chao2} = S_{obs} + \frac{Q_1^2}{2Q_2}$$

$$S_{Chao2} = S_{obs} + \left[\frac{m-1}{m} \right] \left[\frac{Q_1(Q_1-1)}{2(Q_2+1)} \right]$$

donde:

S_{obs} = número de especies observadas en todas las muestras.

m = número total de muestras.

Q_1 = número de especies que ocurren en solo una muestra (uniques).

Q_2 = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (duplicates).

Las curvas Mao Tau y sus intervalos de confianza, obtenidos mediante el programa EstimateS versión 7.5. (Colwell, 2005), fueron reescalados al número promedio de ocurrencias acumuladas. Para detectar diferencias significativas en la riqueza de especies, se compararon gráficamente los intervalos de confianza, considerando que las diferencias no son significativas si los intervalos se sobrelapan.

Estimación de la riqueza total (potencial) de especies

La riqueza total de especies de nematodos para cada cuenca hidrológica y familia de huésped, se obtuvo a partir de las matrices de incidencia (ver sección anterior y Apéndice I y II) calculándose los cinco estimadores no paramétricos que se enlistan en la Tabla 1, mediante el programa EstimateS versión 7.5 (Colwell, 2005).

El orden de acumulación de las muestras en cada matriz de datos (seis para las cuencas hidrológicas y ocho para las familias de peces) fue cambiado 100 veces de manera aleatoria, ya que de acuerdo con Chazdon *et al.* (1998) este número es el mínimo requerido para obtener estimaciones robustas. El orden de acumulación de las muestras se realizó sin reemplazamiento, es decir, cada combinación acumuló las muestras en un orden diferente, pero todas las muestras fueron incluidas en cada combinación.

Evaluación del funcionamiento de los estimadores de riqueza

Para evaluar el funcionamiento de los cinco estimadores de riqueza utilizados, se emplearon las medidas no escaladas de sesgo, precisión y exactitud señaladas por Walther y Moore (2005), de acuerdo con las siguientes fórmulas:

Sesgo

$$\text{Error Medio} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A)$$

Precisión

$$\text{Desviación Estándar} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - \bar{E})^2$$

Exactitud

$$\text{Error Cuadrático Medio} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (E_j - A)^2$$

donde:

A = riqueza total de especies.

E_j = riqueza de especies observada para la muestra jth.

n = número de muestras.

Estas medidas fueron calculadas en cada nivel de muestreo para cada una de las 100 combinaciones resultantes de las 14 matrices. Los valores de sesgo cercanos a cero y valores bajos de varianza están asociados a un buen funcionamiento.

Tabla 1. Estimadores no paramétricos utilizados para calcular la riqueza total (potencial) de especies de nematodos por cuenca hidrológica y por familia de huésped.

Nombre	Abreviatura	Formula	Referencia
Chao 2	Chao2	<p>TRADICIONAL</p> $S_{\text{Chao2}} = S_{\text{obs}} + \frac{Q_1^2}{2Q_2}$ <p>CORREGIDA</p> $S_{\text{Chao2}} = S_{\text{obs}} + \frac{m-1}{m} \frac{Q_1(Q_1-1)}{2(Q_2+1)}$	Chao (1984, 1987)
Jackknife 1	Jack1	$S_{\text{jack1}} = S_{\text{obs}} + Q_1 \frac{m-1}{M}$	Burnham & Overton (1978, 1979) Heltshe & Forrester (1983)
Jackknife 2	Jack2	$S_{\text{jack2}} = S_{\text{obs}} + \frac{Q_1(2m-3)}{m} - \frac{Q_2(m-2)^2}{m(m-1)}$	Smith & van Belle (1984)
Bootstrap	Boot	$S_{\text{boot}} = S_{\text{obs}} + \sum_{k=1}^{S_{\text{obs}}} (1-p_k)^m$	Smith & van Belle (1984)

ICE	Ice	$S_{ice} = S_{freq} + \frac{S_{infr}}{C_{ice}} + \frac{Q_1}{C_{ice}} \gamma^2_{ice}$	Lee & Chao (1994)
-----	-----	--	-------------------

donde:

$$\gamma^2_{ice} = \max \frac{S_{infr}}{C_{ice}} \frac{m_{infr}}{(m_{infr-1})} \frac{\sum_{j=1}^{10} (j-1) Q_j}{(N_{infr})^2} - 1,0$$

S_{obs} = número de especies observadas en todas las muestras; m = número total de muestras; Q_1 = número de especies que ocurren en solo una muestra (uniques); Q_2 = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (duplicates); p_k = proporción de muestras que contienen k especies.

Comparación de la composición taxonómica de especies

Para evaluar el grado de similitud de la composición específica de nematodos entre las diferentes cuencas hidrológicas y las diferentes familias de huéspedes, se emplearon los índices de Jaccard y Sorensen. El índice de Sorensen enfatiza la similitud y debe aplicarse cuando hay pocas especies en común entre las muestras, mientras que el índice de Jaccard pone más énfasis en las diferencias, de tal manera que es utilizado frecuentemente cuando hay muchas ocurrencias compartidas. Estos índices fueron calculados de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Índice de Jaccard} = \frac{a}{a + b + c}$$

$$\text{Índice de Sorensen} = \frac{2a}{2a + b + c}$$

donde:

a = número de especies en la muestra A y en la muestra B (ocurrencias compartidas).

b = número de especies en la muestra B, pero no en la muestra A.

c = número de especies en la muestra A, pero no en la muestra B.

El intervalo de valores para estos índices oscila entre cero y uno, siendo mayor la similitud de los pares comparados entre más cercano a uno sea el valor obtenido.

Las matrices de similitud obtenidas se representaron gráficamente mediante dendogramas elaborados aplicando la técnica de ligamiento promedio con la media aritmética no ponderada (por sus siglas en inglés UPGMA) (Crisci & López-Armengol, 1983) en el programa Biodiversity Professional 2 (McAleece, 1997).

El gradiente latitudinal en la riqueza de especies

Para determinar la influencia de la latitud sobre la riqueza específica de nematodos parásitos en peces de localidades dulceacuícolas, se dividió al país en transectos latitudinales de un grado. El análisis únicamente incluyó seis de los 19 transectos en los cuales se dividió el territorio mexicano, debido a que en éstos se distribuye el mayor número de taxones (Figura 2).

Considerando la desigualdad del territorio mexicano en cuanto a tamaño y la distribución heterogénea de los muestreos se decidió dividir cada transecto con respecto a la longitud, formándose así cuadrantes de un grado de latitud por un grado de longitud. Con esto las comparaciones de riqueza se efectuaron en niveles de esfuerzo de muestreo equivalentes.

Para cada transecto se construyeron matrices de datos de incidencia considerando a los cuadrantes de cada uno como medida del esfuerzo de muestreo y a partir de éstas se obtuvieron las curvas de rarefacción de especies basadas en muestras y sus intervalos de confianza del 95% para cada transecto (ver la sección de comparación de riqueza). Finalmente, considerando un número promedio de ocurrencias acumuladas común entre los seis transectos, se cuantificó el número de especies en cada uno para determinar la influencia de la latitud sobre la riqueza específica.

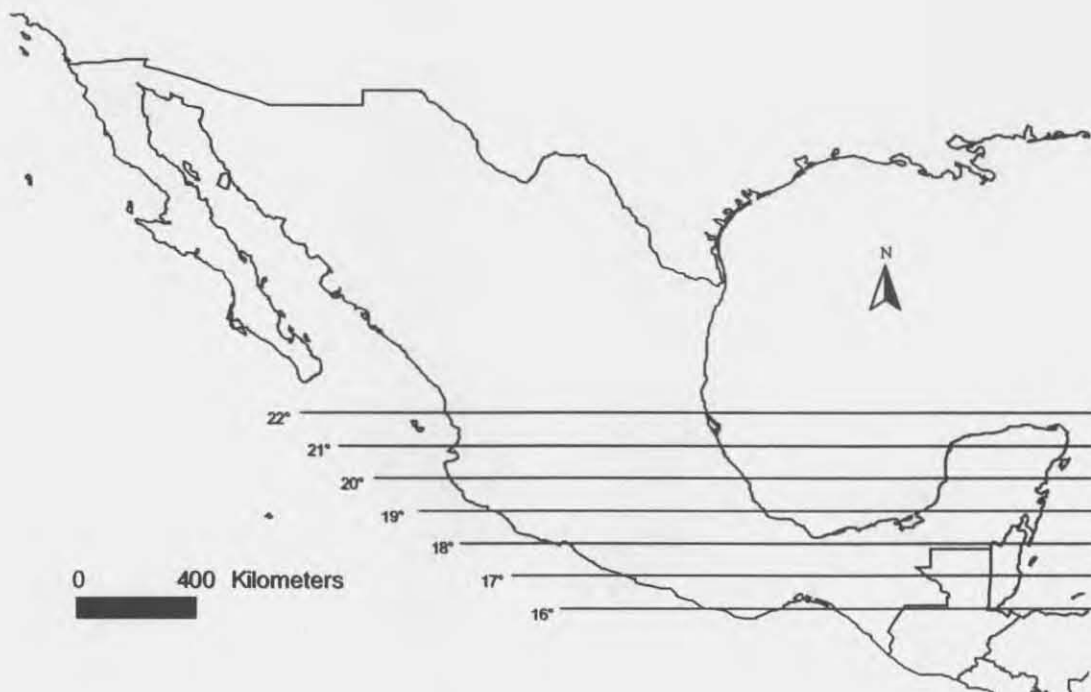


Figura 2. Transectos en los que se distribuyen los nematodos parásitos de peces de localidades dulceacuícolas de México.

♀

RESULTADOS

Cuantificación de la riqueza

Hasta la fecha 70 taxones de nematodos parásitos en peces de localidades dulceacuícolas han sido registrados en México, los cuales están incluidos en 13 familias. Estos taxones han sido registrados de 23 familias de peces distribuidas en 25 cuencas hidrológicas (Figura 3). El 50% de las especies han sido encontradas exclusivamente en nuestro país (Tabla 2).



Figura 3. Localidades de la Republica Mexicana en donde ha sido registrada al menos una especie de nematodo.

La familia Rhabdochonidae fue el grupo taxonómico mejor representado con 12 especies. En contraste, las familias Cosmocercidae, Cystoosidae, Daniconematidae, Pharyngodonidae y Quimperidae se encuentran representadas en el país por solo una especie.

Tabla 2. Nematodos parásitos en peces de localidades dulceacuícolas en México.

Nematodo	Familias de Huéspedes	Cuencas Hidrológicas
ANISAKIDAE		
<i>Goezia</i> sp.	Cichlidae, Ictaluridae	Grijalva-Usumacinta, Lerma-Santiago
<i>Goezia nonipapillata</i> ^E	Characidae, Cichlidae, Ictaluridae	Balsas, Lerma-Santiago, Grijalva-Usumacinta
<i>Hysterothylacium</i> sp.	Cichlidae, Ictaluridae, Poeciliidae	Balsas, Grijalva-Usumacinta
<i>Hysterothylacium cenotae</i> ^E	Heptapteridae	Península de Yucatán
ATRACTIDAE		
<i>Atractis bravoae</i> ^E	Atherinopsidae, Cichlidae	Balsas
<i>Atractis vidali</i> ^E	Cichlidae	Grijalva-Usumacinta
<i>Orientattractis campechensis</i> ^E	Cichlidae	Grijalva-Usumacinta, Noh
<i>Orientattractis chiapasensis</i> ^E	Cichlidae	Grijalva-Usumacinta
CAMALLANIDAE		
<i>Camallanus</i> sp.	Goodeidae	Balsas
<i>Camallanus oxycephalus</i>	Ictaluridae	Bravo
<i>Procamallanus</i> sp.	Cichlidae, Ictaluridae	Grijalva-Usumacinta
<i>Procamallanus (Spirocamallanus)</i> sp.	Belonidae, Centropomidae, Characidae, Clupeidae, Eleotridae, Ictaluridae	Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta, La Antigua, Papaloapan

<i>Procamallanus (Spirocamallanus) gobiomori</i> ^E	Eleotridae	Cuitzmala, Purificación
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) jaliscensis</i> ^E	Mugilidae	Armería, Cuitzmala
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) mexicanus</i> ^E	Cichlidae	Papaloapan
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi</i> ^E	Characidae, Cichlidae, Heptapteridae	Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta, Pánuco, Papaloapan, Península de Yucatán
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai</i>	Atherinopsidae, Cichlidae, Ictaluridae.	Balsas
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecca</i> ^E	Cichlidae	Balsas, Coatzacoalcos, Grijalva- Usumacinta, Hondo, Noh, Papaloapan, Península de Yucatán
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) spiralis</i>	Cichlidae	Grijalva-Usumacinta
CAPILLARIIDAE		
Capillariidae gen. sp.	Cyprinidae, Goodeidae, Ictaluridae	Lerma-Santiago, Papaloapan
<i>Capillaria</i> sp.	Cichlidae	Balsas
<i>Capillaria (Hepatocapillaria) cichlasomae</i> ^E	Cichlidae	Península de Yucatán
<i>Capillaria cyprinodonticola</i>	Characidae, Cichlidae, Goodeidae, Poeciliidae	Armería, Balsas, Pánuco
<i>Capillostrongyloides</i> sp.	Characidae	Península de Yucatán
<i>Ornithocapillaria appendiculata</i>	Atherinopsidae, Cyprinidae	Lerma-Santiago
<i>Paracapillaria</i> sp.	Heptapteridae	Península de Yucatán

<i>Paracapillaria rhamdiae</i> ^E	Heptapteridae	Península de Yucatán
<i>Paracapillaria teixeirafreitasi</i> ^E	Eleotridae	Cuitzmala, Grijalva-Usumacinta, La Antigua, Papaloapan, Península de Yucatán, Tecolutla
<i>Paracapillaroides agonostomi</i> ^E	Mugilidae	Cuitzmala
<i>Pseudocapillaria</i> sp.	Heptapteridae	Península de Yucatán
<i>Pseudocapillaria (Ichthyocapillaria) ophisterni</i> ^E	Synbranchidae	Papaloapan
<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>	Atherinopsidae, Cyprinidae, Goodeidae	Arroyo de Patos, Lerma- Santiago, Pánuco
<i>Pseudocapillaria yucatanensis</i> ^E	Heptapteridae	Península de Yucatán
COSMOCERCIDAE		
<i>Raillietnema</i> sp.	Cichlidae	Grijalva-Usumacinta
<i>Raillietnema kritscheri</i> ^E	Cichlidae	Coatzacoalcos, Grijalva-Usumacinta, Noh
CUCULLANIDAE		
<i>Cucullamus</i> sp.	Ariidae, Cichlidae, Ictaluridae, Mugilidae	Coatzacoalcos, Cuitzmala, Grijalva-Usumacinta, Nautla, Pánuco
<i>Cucullanus (Cucullamus) caballeroi</i>	Cichlidae, Eleotridae, Heptapterida	Papaloapan
<i>Cucullanus mexicanus</i> ^E	Heptapteridae	Papaloapan
<i>Dichelyne</i> sp.	Ictaluridae	Bravo

<i>Dichelyne (Dichelyne) mexicanus</i> ^E	Cichlidae, Ictaluridae, Mugilidae	Balsas, Bravo, Lerma-Santiago, Papaloapan, Tuxpan
<i>Neocucullanus neocucullanus</i>	Characidae	Grijalva-Usumacinta
CYSTIDICOLIDAE		
<i>Spinitectus</i> sp.	Ariidae, Belonidae, Centropomidae, Cichlidae, Ictaluridae, Mugilidae, Sciaenidae	Coatzacoalcos, Bravo, Grijalva- Usumacinta, Nautla
<i>Spinitectus agonostomi</i>	Mugilidae	Armería, Cuitzmala, La Antigua, Papaloapan
<i>Spinitectus humbertoi</i> ^E	Profundulidae	Papagayo
<i>Spinitectus mexicanus</i> ^E	Ictaluridae, Poeciliidae	La Antigua, Papaloapan
<i>Spinitectus osorioi</i> ^E	Atherinopsidae, Cyprinidae	Lerma-Santiago
<i>Spinitectus tabascoensis</i> ^E	Ictaluridae	Grijalva-Usumacinta
CYSTOOPSIDAE		
<i>Cystoopsis</i> sp.	Lepisosteidae	Grijalva-Usumacinta
<i>Cystoopsis attractostei</i> ^E	Lepisosteidae	Grijalva-Usumacinta
DANICONEMATIDAE		
<i>Mexiconema cichlasomae</i> ^E	Ariidae, Cichlidae, Poeciliidae	Grijalva-Usumacinta, Noh, Papaloapan, Península de Yucatán

PHARYNGODONIDAE

Pharyngodonidae gen. sp.

Characidae

Pánuco

PHILOMETRIDAE

Philometridae gen. sp.

Cyprinidae

Lerma-Santiago

Neophilometroides caudatus^E

Heptapteridae

Papaloapan, Península de Yucatán

Philometra ophisterni^E

Synbranchidae

Papaloapan

Philometroides sp.

Heptapteridae

Península de Yucatán

Philonema sp.

Cichlidae

Bravo

QUIMPERIIDAE*Gibsonnema ophisterni*^E

Synbranchidae

Papaloapan

RHABDOCHONIDAE*Beaninema nayaritense*^E

Cichlidae

Lerma-Santiago

Rhabdochona sp.Atherinopsidae, Belonidae, Cichlidae,
Cyprinidae, Eleotridae, Ictaluridae,
Megalopidae, SciaenidaeCoatzacoalcos, Balsas, Bravo, Grijalva-
Usumacinta, Tuxpan*Rhabdochona acuminata*

Characidae

Grijalva-Usumacinta

Rhabdochona ahuehuellensis^E

Goodeidae

Ameca, Balsas, Coahuayana, Pánuco,
Purificación*Rhabdochona canadensis*

Cyprinidae

Balsas, Pánuco

Rhabdochona cascadilla

Salmonidae

Santo Domingo

<i>Rhabdochona guerreroensis</i> ^E	Gobiidae	Armería, La Hamaca
<i>Rhabdochona kidderi</i>	Belonidae, Bythidae, Cichlidae, Clupeidae, Eleotridae, Goodeidae, Heptapteridae, Ictaluridae, Poeciliidae	Armería, Balsas, Grijalva-Usumacinta, Pánuco, Papaloapan, Península de Yucatán,
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i> ^E	Centrarchidae, Cyprinidae, Goodeidae, Poeciliidae	Ameca, Armería, Balsas, Lerma- Santiago, Mezquital, Pánuco
<i>Rhabdochona mexicana</i> ^E	Characidae	Armería, Balsas, Pánuco, Papaloapan,
<i>Rhabdochona salgadoi</i> ^E	Profundulidae	Papagayo
<i>Rhabdochona xiphophori</i> ^E	Goodeidae, Poeciliidae	Balsas, Lerma-Santiago, Pánuco
<i>Vasorhabdochona cablei</i> ^E	Eleotridae	Cuitzmala

^E = especies que han sido encontradas exclusivamente en nuestro país.

La riqueza específica de nematodos presentó variaciones tanto entre las cuencas hidrológicas como entre las familias de huéspedes. En la cuenca del río Grijalva-Usumacinta se registraron 24 taxones, mientras que las cuencas de los ríos Champotón, Coahuayana, Hondo, La Hamaca, Mezquital, Santo Domingo y Tecolutla fueron las más pobres, registrándose en cada una de ellas solo un taxón. La riqueza específica de nematodos entre las familias de huéspedes osciló entre un taxón para las familias Bythidae, Centrarchidae, Gobidae, Megalopidae y Salmonidae a un número máximo de 27 taxones en la familia Cichlidae.

El 67% de los taxones han sido registrados como parásitos de una sola familia de huéspedes, mientras que *Rhabdochona kidderi* fue registrada de nueve familias de peces. Cuatro especies de nematodos exhibieron un amplio rango de distribución, al ser registradas en seis cuencas hidrológicas. De ellas, *Rhabdochona kidderi* es la especie que ha sido registrada en un mayor número de localidades (Figura 4), seguida de *Rhabdochona lichtenfeldsi*, la cual se distribuye exclusivamente en la parte central de México (Figura 5).



Figura 4. Distribución geográfica de *Rhabdochona kidderi*.

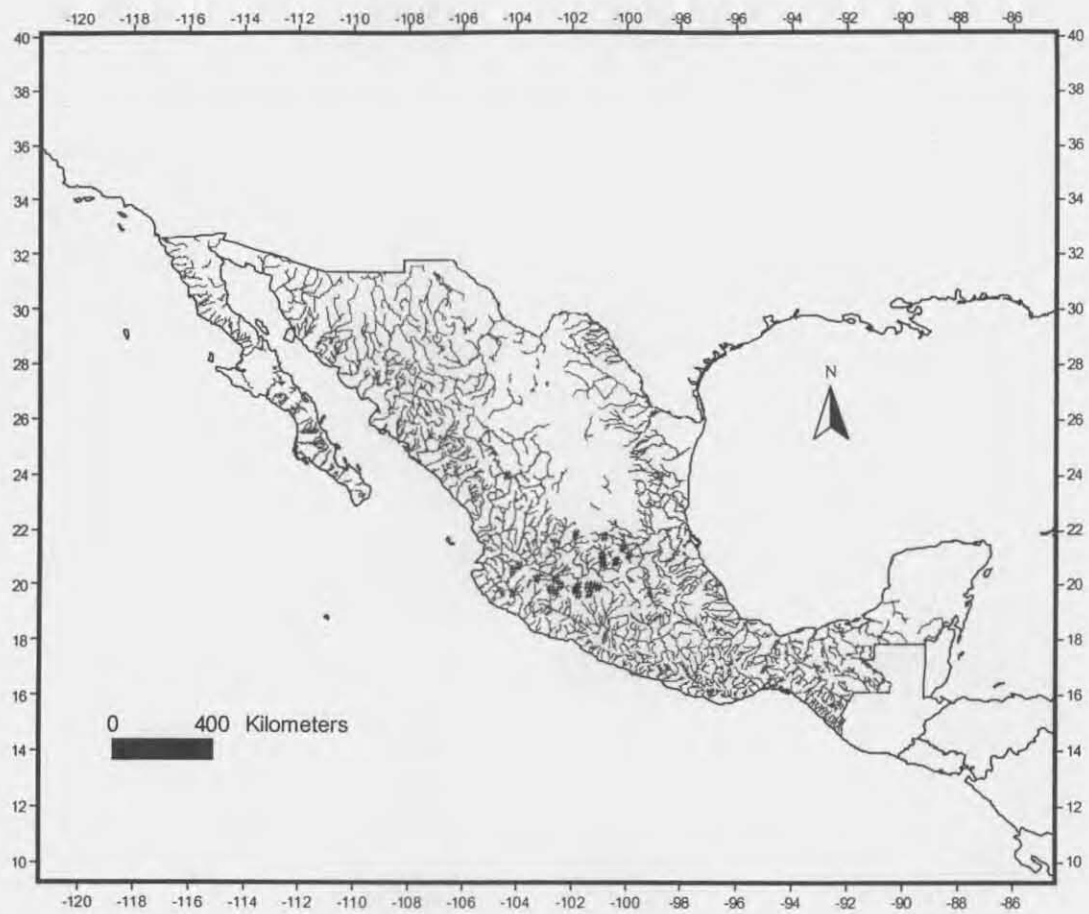


Figura 5. Distribución geográfica de *Rhabdochona lichtenfelsi*.

En contraste, 41 taxones fueron registrados solo de una cuenca; de ellos 23 han sido registrados de al menos dos localidades dentro de la misma cuenca, mientras que 18 han sido registrados en una sola localidad (Figura 6).

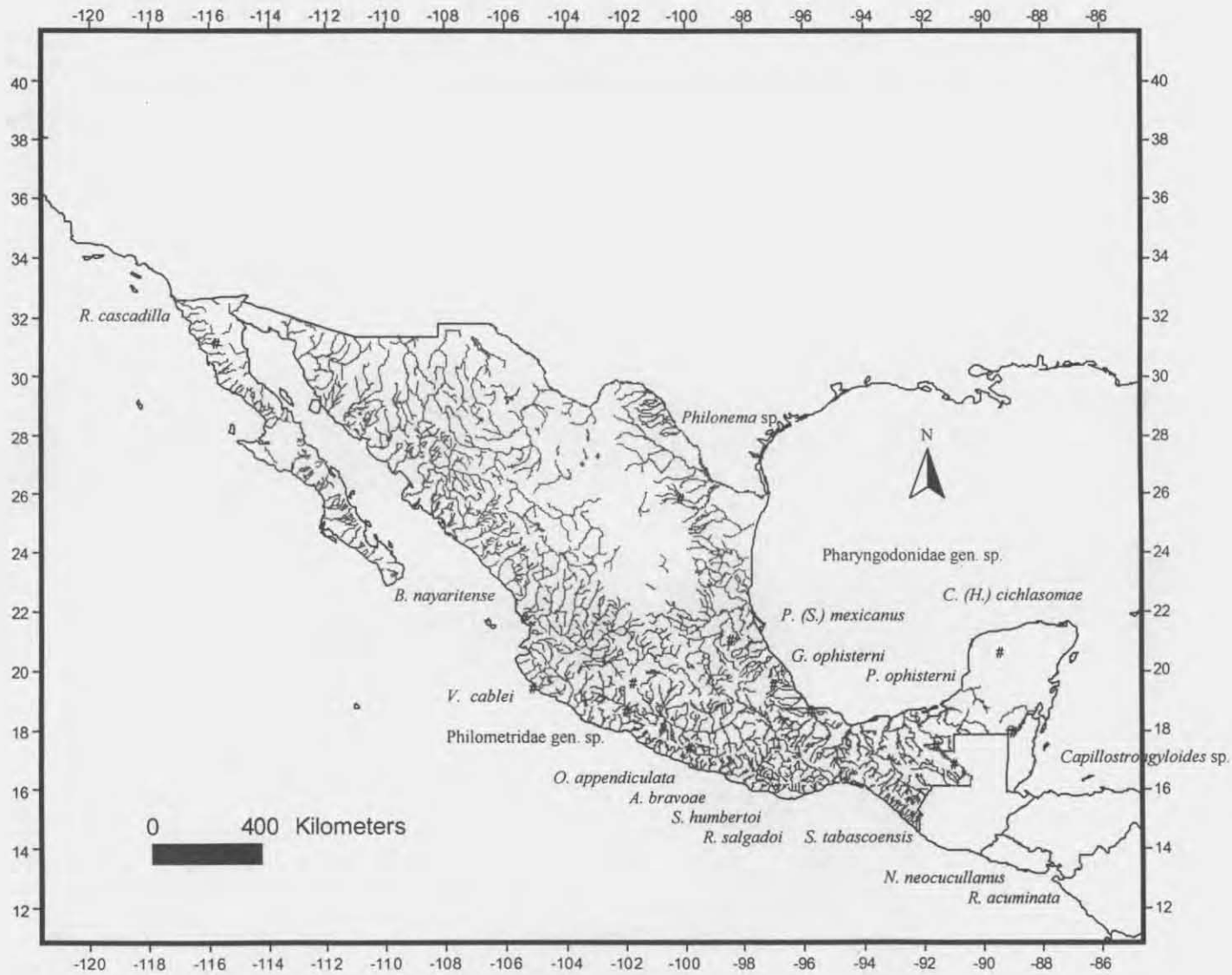


Figura 6. Taxones de nematodos parásitos de peces registradas en una sola localidad.

Comparación de la riqueza de especies

La comparación de la riqueza específica de nematodos entre seis cuencas hidrológicas de México mostró que no hay una diferencia significativa en el número de especies nematodos registrados entre los pares de las cuencas comparados, ya que al mismo número promedio de ocurrencias acumuladas, los intervalos de confianza se sobrelapan (Figura 7).

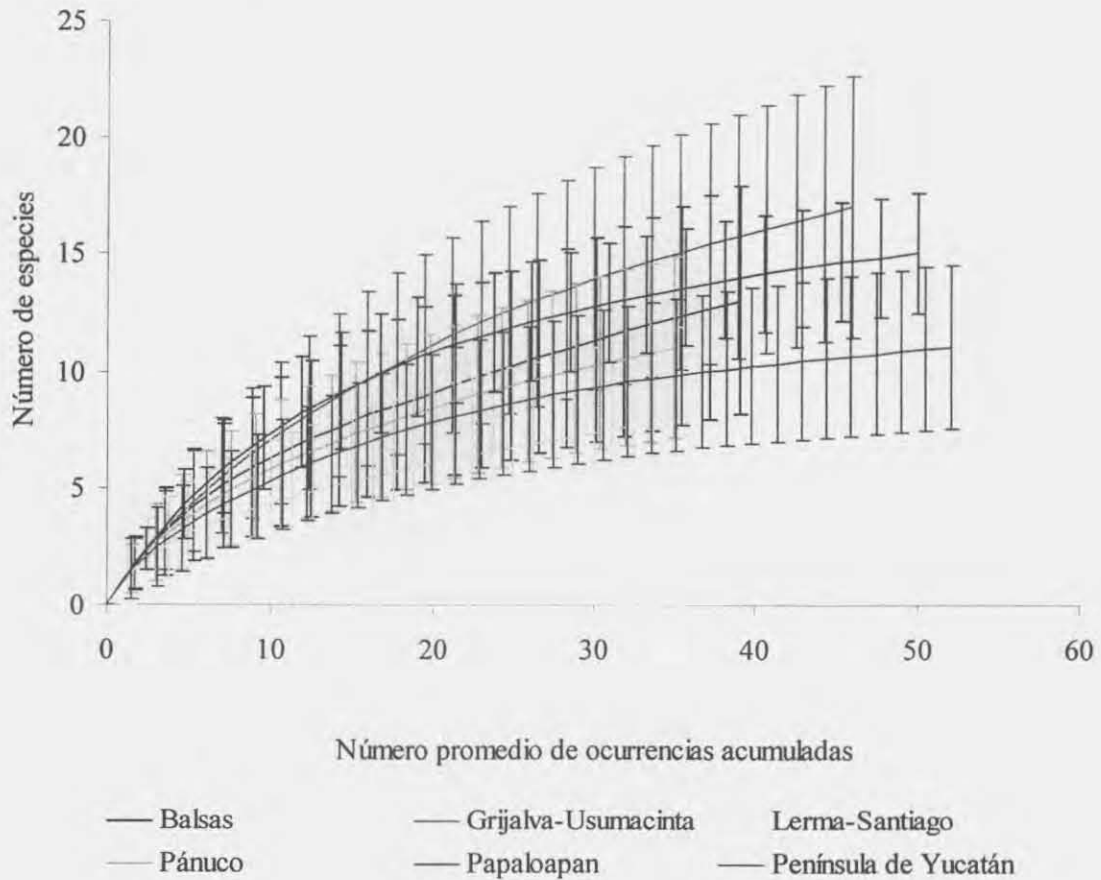


Figura 7. Comparación de la riqueza específica de nematodos entre seis cuencas hidrológicas de México.

La comparación del número de especies de nematodos registrado entre las ocho familias de peces se presenta en la Figura 8. Debido a que las diferencias entre algunos de los pares de familias comparadas no son perceptibles, en las Figuras 9 y 10 se muestran aquellos pares comparados en los cuales se apreció una diferencia significativa en la riqueza.

El número de especies de nematodos en la familia Cichlidae es significativamente mayor al de la familia Goodeidae, ya que al mismo número promedio de ocurrencias acumuladas los intervalos de confianza no se sobrelapan (Figura 9). A pesar de que los intervalos de confianza de las curvas de rarefacción obtenidas para las familias Ictaluridae y Eleotridae se sobrelapan ligeramente, podemos considerar que la riqueza en esta última es menor ya que las curva de rarefacción se comporta más estable (Figura 10).

Por otro lado, la riqueza específica es similar entre el resto de los pares de familias cotejados, ya que los intervalos de confianza se sobrelapan al mismo número promedio de ocurrencias acumuladas (Figura 8).

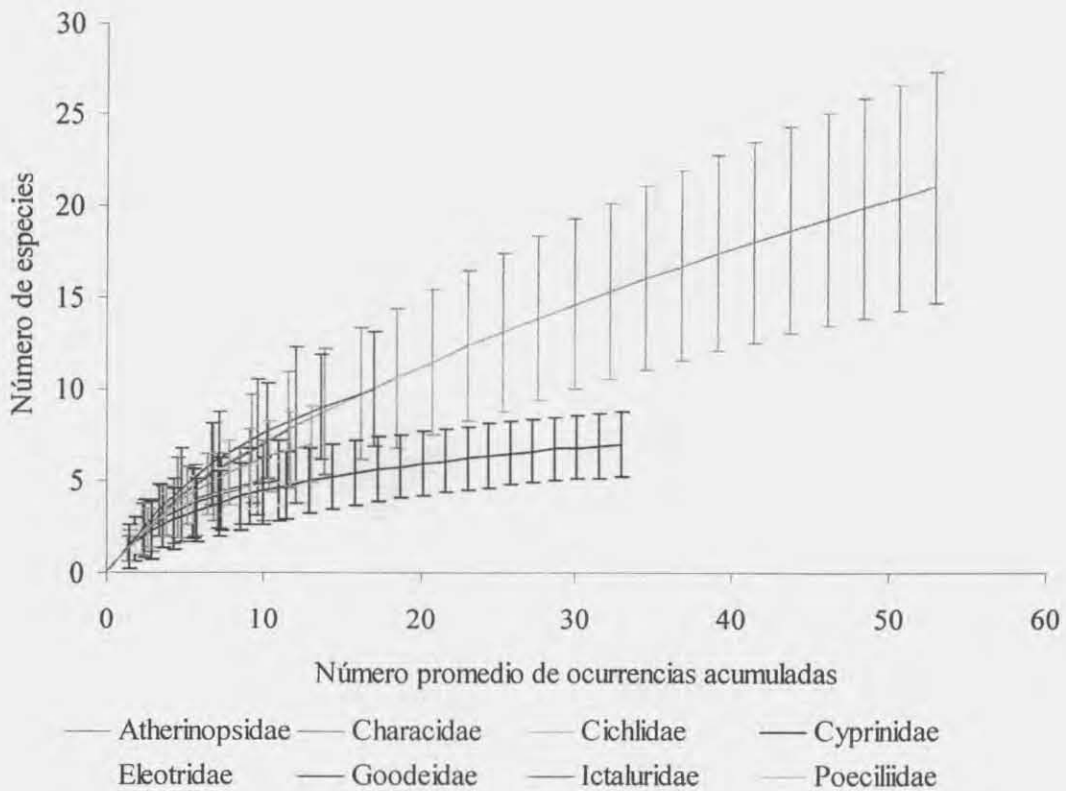


Figura 8. Comparación de la riqueza específica de nematodos entre ocho familias de peces.

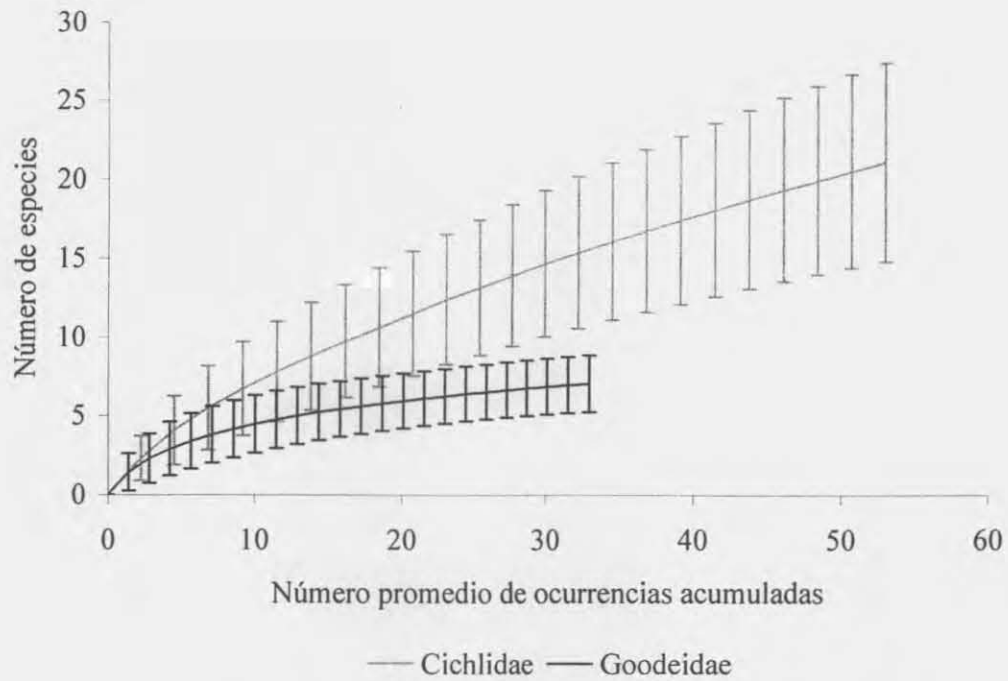


Figura 9. Comparación de la riqueza específica de nematodos entre las familias Cichlidae y Goodeidae.

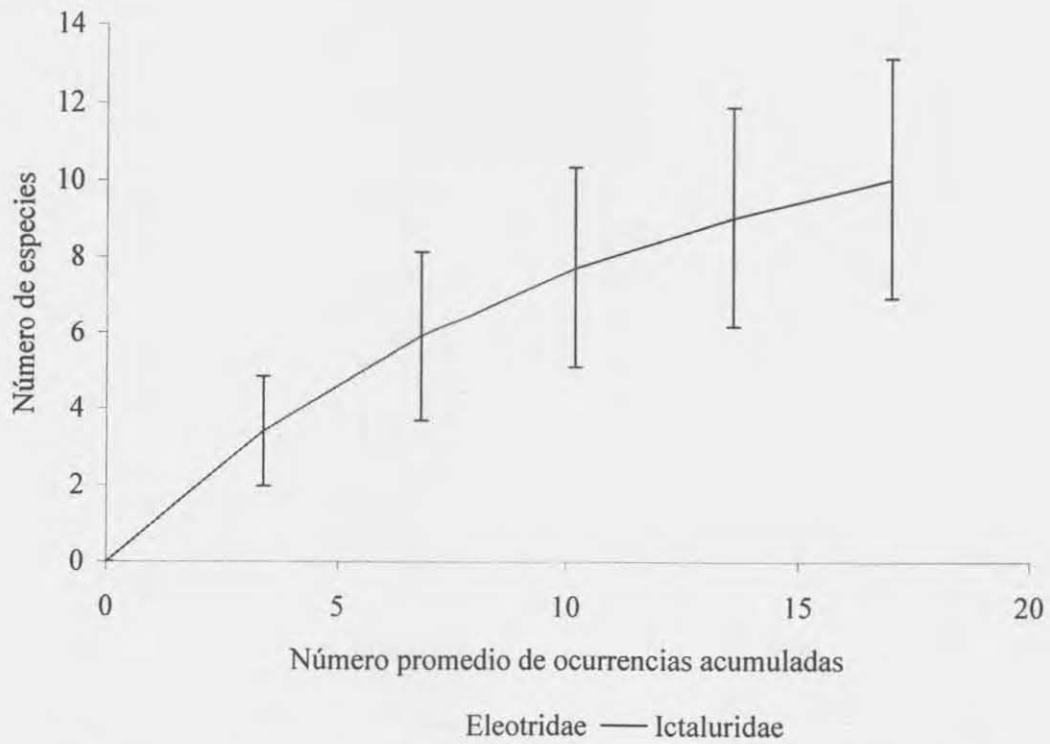


Figura 10. Comparación de la riqueza específica de nematodos entre las familias Eleotridae e Ictaluridae.

Es importante señalar que ninguna de las curvas de rarefacción alcanzó la asíntota tanto en el análisis entre cuencas hidrológicas como entre familias de peces.

Estimación de la riqueza potencial (total) de especies

De acuerdo con las curvas de rarefacción presentadas en la sección anterior, el esfuerzo de muestreo es aún insuficiente para encontrar el número total de especies de nematodos tanto para cada cuenca como para cada familia de huésped. Con base en esto, se estimó el número total de especies utilizando cinco estimadores no paramétricos.

En la Tabla 3 se presentan los valores obtenidos para cada estimador en cada cuenca hidrológica. Con el estimador Jack2 frecuentemente se produjeron estimaciones elevadas, mientras que con Bootstrap estos valores siempre fueron menos distantes del valor de riqueza de especies observado.

Tabla 3. Riqueza total de especies de nematodos calculada con cinco estimadores no paramétricos para seis cuencas hidrológicas de México.

Cuenca	Sobs	ICE	Cha2	Jack1	Jack 2	Bootstrap
Balsas	13	24.07	25.25*	19.68	24.31	15.76
Grijalva-Usumacinta	17	23.94	25.97	24.69	30.3	20.3
Lerma-Santiago	8	13.95	16*	11.85	14.67	9.57
Pánuco	11	17.08	17.25*	15.78	18.6	13.09
Papaloapan	15	17.61	16.14	18.81	18.99	16.98
Península de Yucatán	11	12.44	12.46	13.91	15.82	12.37

Sobs = riqueza observada; * = valor calculado con la fórmula clásica.

Los valores obtenidos para cada estimador en cada familia de huésped se presentan en la Tabla 4. El estimador Jack2 generalmente produjo las estimaciones más elevadas, excepto para las familias Characidae y Cichlidae en las que el ICE registró los

valores más altos. A diferencia de lo observado en las cuencas hidrológicas, al analizar las familias de peces, fue el estimador Chao2 fue el que produjo los valores más cercanos a la riqueza observada y solo en tres casos (Characidae, Cichlidae e Ictaluridae) los valores menos distantes de ésta fueron obtenidos por el método Bootstrap.

Tabla 4. Riqueza total de especies de nematodos calculada con cinco estimadores no paramétricos para ocho familias de huéspedes.

Familia	Sobs	ICE	Chao2	Jack1	Jack 2	Bootstrap
Atherinopsidae	5	6.3	5.43	6.71	7.55	5.81
Characidae	8	24	20*	12.8	16.4	9.99
Cichlidae	21	48.37	42.12*	33.43	41.81	26.18
Cyprinidae	5	6.63	5.42	6.67	7.47	5.77
Eleotridae	5	5.42	5	5.86	5.98	5.48
Goodeidae	7	8.57	7.32	8.91	9	7.97
Ictaluridae	10	14.9	12	14	15.65	11.89
Poeciliidae	7	9.4	7.68	9.7	9.97	8.37

Sobs = riqueza observada; * = valor calculado con la fórmula clásica.

A pesar de que para algunas familias los valores obtenidos con el estimador Chao2 fueron los más cercanos a la riqueza observada, los análisis del funcionamiento de los estimadores indicaron claramente que en todos los casos, el estimador Bootstrap proporciona las estimaciones menos sesgadas y más precisas (Tabla 5 y 6). Esto indica que solo se espera encontrar entre una y dos especies más para cada conjunto de datos, excepto para la cuenca del Papalopan y la familia Cichlidae en las cuales se estima que podrían encontrarse un total de cuatro especies más.

Tabla 5. Medidas del funcionamiento de los estimadores de riqueza en cada cuenca hidrológica.

	Sobs	ICE	Cha2	Jack1	Jack 2	Bootstrap
Balsas						
EM	-8.67	-8.1	-6.33	-4.3	-7.16	-1.82
DE	1.48	6.81	7.33	2.76	3.9	1.98
ECM	85.35	71.07	46.98	21.62	63.11	3.78
Grijalva-Usumacinta						
EM	11.35	-12.63	-7.15	-5.55	-9.03	-2.56
DE	1.30	10.48	6.82	2.77	4.06	1.93
ECM	147.43	185.58	54.78	34.29	93.07	7.29
Lerma-Santiago						
EM	5.37	-4.67	-2.28	-2.46	-4.14	-1.03
DE	1.05	4.61	3.10	1.97	2.86	1.40
ECM	32.24	23.70	6.16	6.94	20.73	1.20
Pánuco						
EM	7.48	-6.87	-3.69	-3.49	-5.57	-1.52
DE	1.10	5.63	4.22	2.12	3.12	1.49
ECM	62.68	50.19	14.54	13.65	36.30	2.56
Papaloapan						
EM	10.84	-5.98	-3.45	-3.84	-5.11	-1.83
DE	1.97	7.04	5.2	3.18	4.05	2.47
ECM	130.07	50.97	14.32	15.75	30.09	3.58
Península de Yucatán						
EM	8.09	-5.00	-2.21	-2.89	-4.01	-1.27
DE	1.07	5.15	3.20	2.05	3.23	1.78
ECM	72.16	37.43	5.82	8.91	18.00	1.73

EM = Error Medio; DE = Desviación Estándar; ECM = Error Cuadrático Medio.

Nota: la riqueza observada (Sobs) no es un estimador, sin embargo, obtuvimos las medidas de funcionamiento con fines de comparación.

Tabla 6. Medidas de funcionamiento de los estimadores de riqueza en cada familia de huésped.

	Sobs	ICE	Cha2	Jack1	Jack 2	Bootstrap
Atherinopsidae						
ME	-3.66	-2.64	-1.13	-1.42	-1.71	-0.68
DE	0.66	2.43	1.75	1.26	1.6	0.91
ECM	14.79	9.58	1.76	2.40	4.79	0.55
Characidae						
ME	-5.36	-9.81	-7.54	-2.59	-3.49	-1.15
DE	1.04	5.30	4.92	1.60	1.59	1.29
ECM	32.75	120.03	69.41	9.38	25.16	1.79
Cichlidae						
ME	-13.12	-23.97	-23.69	-7.75	-13.13	-3.23
DE	1.43	13.04	18.09	2.75	4.17	1.92
ECM	201.18	672.00	662.45	72.38	214.22	12.40
Cyprinidae						
EM	-3.78	-3.13	-0.97	-1.31	-1.50	-0.62
DE	0.69	2.92	1.50	1.19	1.39	0.90
ECM	15.59	13.37	1.11	2.08	4.46	0.47
Eleotridae						
EM	-3.97	-2.09	-0.68	-1.05	-0.94	-0.55
DE	0.56	2.05	1.2	0.9	1.09	0.69
ECM	16.92	6.97	0.77	1.37	2.40	0.36
Goodeidae						
EM	-5.16	-2.75	-0.98	-1.74	-2.37	-0.82
DE	1.05	3.60	2.26	1.85	2.59	1.36
ECM	28.90	8.41	1.06	3.28	6.50	0.72
Ictaluridae						
EM	-7.49	-10.59	-3.98	-2.83	-3	-1.35
DE	1.43	8.48	3.87	1.71	1.26	1.57
ECM	61.04	161.04	19.10	10.20	21.32	2.31
Poeciliidae						
EM	-4.66	-4.4	-2.11	-2.22	-2.98	-1.03
DE	0.68	4.38	3.01	1.37	2.08	0.93
ECM	25.23	23.85	5.67	5.81	11.78	1.26

EM = Error Medio; DE = Desviación Estándar; ECM = Error Cuadrático Medio.

Nota: la riqueza observada (Sobs) no es un estimador, sin embargo, obtuvimos las medidas de funcionamiento con fines de comparación.

Comparación de la composición taxonómica de especies

El análisis de similitud entre las cuencas hidrológicas mostró que solo el 31.62% de los pares comparados comparten al menos una especie, siendo las cuencas del río Balsas y del río Pánuco las más similares entre sí, con un valor de similitud del 54% (Tabla 7). El método de agrupamiento produjo un dendograma en el que se aprecian claramente tres grupos principales (Figura 7). El grupo más grande está formado por ocho cuencas que vierten sus aguas al Océano Pacífico, siendo la única excepción a este patrón la del río Pánuco. En este grupo, dos cuencas que son muy similares (río Mezquital y río Lerma-Santiago) tienen una afinidad neártica, mientras que el resto de las cuencas de este grupo son afines a la región Neotropical en términos de la composición íctica de cada una, así como por algunas características geológicas.

El segundo grupo tiene afinidades neotropicales; está formado por tres cuencas ubicadas en tierras bajas del centro del país: La Antigua, Tecolutla y Cuitzmala. Las dos primeras cuencas vierten sus aguas al Golfo de México, mientras que la última las vierte al Océano Pacífico.

El tercer grupo está compuesto por siete cuencas hidrológicas con afinidades exclusivamente neotropicales. En este grupo se incluyó a la Laguna Noh y la Península de Yucatán, así como la cuenca del río Hondo que vierte sus aguas al Caribe, mientras que las cuatro cuencas restantes (Papaloapan, Grijalva-Usumacinta, Coatzacoalcos y Champotón) lo hacen al Golfo de México.

En la Tabla 8 se muestran los valores de similitud obtenidos de la comparación de la composición taxonómica de nematodos entre las familias de huéspedes. Tres de los pares comparados tienen la misma nematofauna (Belonidae-Bythidae, Belonidae-Clupeidae, Bythidae-Clupeidae), es decir, exhibieron un índice de similitud del 100%. En contraste, el 73% de los pares comparados no comparten especie alguna de nematodo. El análisis de UPGMA produjo un dendograma con dos agrupaciones constituidas por familias de órdenes diferentes, siendo Poeciliidae y Goodeidae las únicas familias del mismo orden (Cyprinodontiformes) que mostraron la mayor similitud (Figura 8). Con respecto a las afinidades biogeográficas, uno de los grupos está constituido por familias claramente neotropicales (excepto la familia Eleotridae), mientras que el otro está constituido por elementos tanto endémicos como de origen neotropical y neártico. De hecho, existe un subgrupo formado por las familias

Ictaluridae, Cichlidae y Atherinopsidae, las cuales tienen un origen neártico, neotropical y marino, respectivamente, lo que podría indicar el carácter transicional de las cuencas donde estas especies co-ocurren. En contraste, el subgrupo formado por Cyprinidae y Centrachidae es claramente de origen neártico.

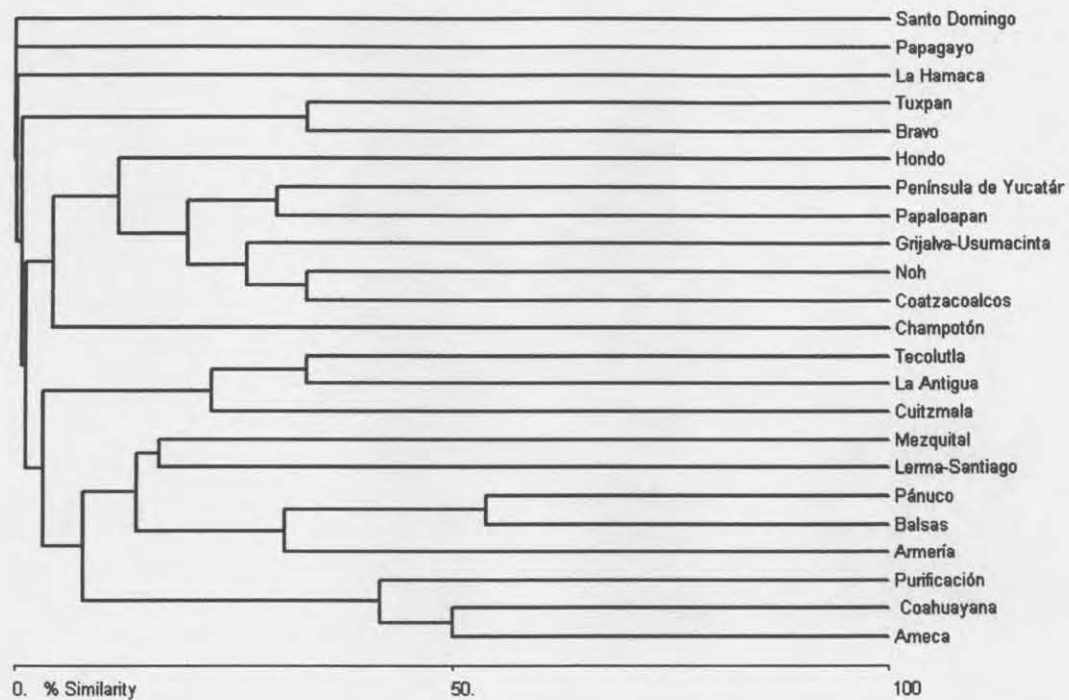


Figura 11. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento (UPGMA), mostrando las similitudes en composición de especies de nematodos entre las cuencas hidrológicas.

Tabla 7. Matriz de similitud que muestra los valores obtenidos para el índice de Jaccard en cada uno de los pares de cuencas hidrológicas comparadas.

	Ameca	Armería	Balsas	Bravo	Champotón	Coahuayana	Coatzacoalcos	Cuitzmala	Grijalva- Usumacinta	Hondo	La Antigua	La Hamaca	Lerma- Santiago	Mezquital	Noh	Pánuco	Papagayo	Papaloapan	Península de Yucatán	Purificación	Santo Domingo	Tecoluitla	Tuxpan	
Ameca	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Armería	0.13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Balsas	0.18	0.29	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Bravo	0	0	0.08	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Champotón	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Coahuayana	0.50	0	0.09	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Coatzacoalcos	0	0.10	0.15	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cuitzmala	0	0.18	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Grijalva- Usumacinta	0	0.05	0.13	0	0.07	0	0.27	0.05	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Hondo	0	0	0.09	0	0	0	0.25	0	0.07	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
La Antigua	0	0.11	0	0	0	0	0	0.29	0.06	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
La Hamaca	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Lerma- Santiago	0.14	0.08	0.31	0.13	0	0	0	0	0.05	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Mezquital	0.50	0.14	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Noh	0	0	0.07	0	0.25	0	0.33	0	0.27	0.25	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Pánuco	0.22	0.33	0.54	0	0	0.11	0.18	0	0.09	0	0	0	0.15	0.11	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Papagayo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*
Papaloapan	0	0.16	0.18	0.06	0.07	0	0.19	0.11	0.20	0.07	0.20	0	0.05	0	0.12	0.14	0	*	*	*	*	*	*	*
Península de Yucatán	0	0.06	0.10	0	0.09	0	0.25	0.06	0.24	0.09	0.08	0	0	0	0.15	0.11	0	0.30	*	*	*	*	*	*
Purificación	0.33	0	0.08	0	0	0.50	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0.10	0	0	0	*	*	*	*	*
Santo Domingo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*
Tecoluitla	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0.07	0	0.33	0	0	0	0	0	0	0.07	0.09	0	0	0	*	*
Tuxpan	0	0	0.09	0.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0	*

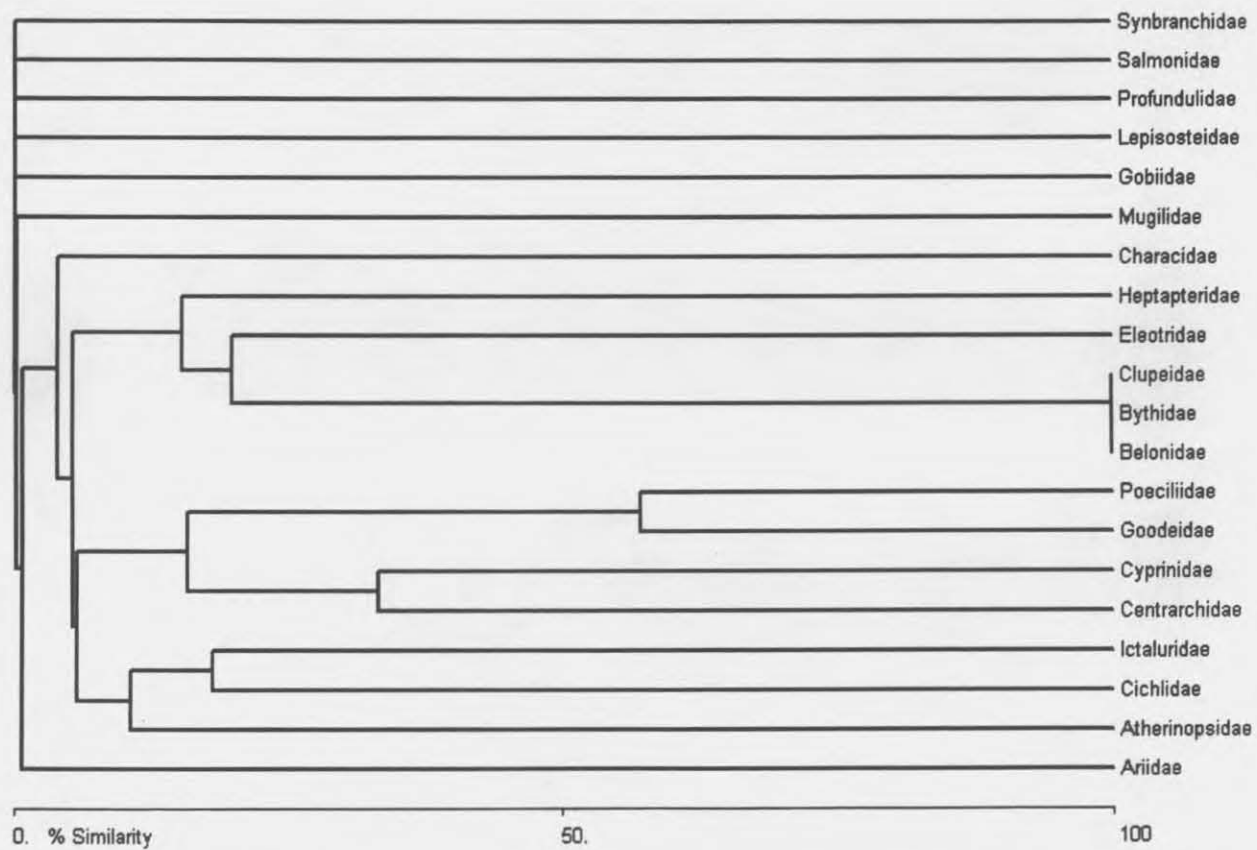


Figura 12. Dendrograma obtenido del análisis de agrupamiento (UPGMA), mostrando las similitudes en composición de especies de nematodos entre las familias de huéspedes.

Tabla 8. Matriz de similitud que muestra los valores obtenidos para el índice de Jaccard en cada uno de los pares de familias de peces comparados.

	Ariidae	Atherinopsidae	Belonidae	Bythidae	Centrarchidae	Characidae	Cichlidae	Clupeidae	Cyprinidae	Eleotridae	Gobiidae	Goodeidae	Heptapteridae	Ictaluridae	Lepisosteidae	Mugilidae	Poeciliidae	Profundulidae	Salmonidae	Synbranchidae
Ariidae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Atherinopsidae	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Belonidae	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Bythidae	0	0	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Centrarchidae	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Characidae	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cichlidae	0.05	0.10	0.05	0.05	0	0.13	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Clupeidae	0	0	1	1	0	0	0.05	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cyprinidae	0	0.20	0	0	0.33	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Eleotridae	0	0	0.20	0.20	0	0	0.09	0.20	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Gobiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Goodeidae	0	0	0.20	0.20	0.20	0.08	0.09	0.20	0.14	0.11	0	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Heptapteridae	0	0	0.13	0.13	0	0.07	0.13	0.13	0	0.18	0	0.08	*	*	*	*	*	*	*	*
Ictaluridae	0	0.11	0.14	0.14	0	0.07	0.18	0.14	0	0.09	0	0.09	0.07	*	*	*	*	*	*	*
Lepisosteidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*	*	*	*
Mugilidae	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0.10	0	*	*	*	*	*
Poeciliidae	0.17	0	0.17	0.17	0.17	0.08	0.14	0.17	0.13	0.10	0	0.57	0.08	0.18	0	0	*	*	*	*
Profundulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*	*
Salmonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*	*
Synbranchidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	*

El gradiente latitudinal en la riqueza de especies

La comparación de la riqueza específica de nematodos entre seis transectos latitudinales de México indicó que no hay una diferencia significativa del número de nematodos entre dichos transectos, ya que al mismo número promedio de ocurrencias acumuladas los intervalos de confianza se sobrelapan (Figura 13). De hecho, la riqueza es exactamente igual entre el transecto 18 y los transectos 19 y 20, por lo tanto, la riqueza de especies no está influenciada por la latitud.

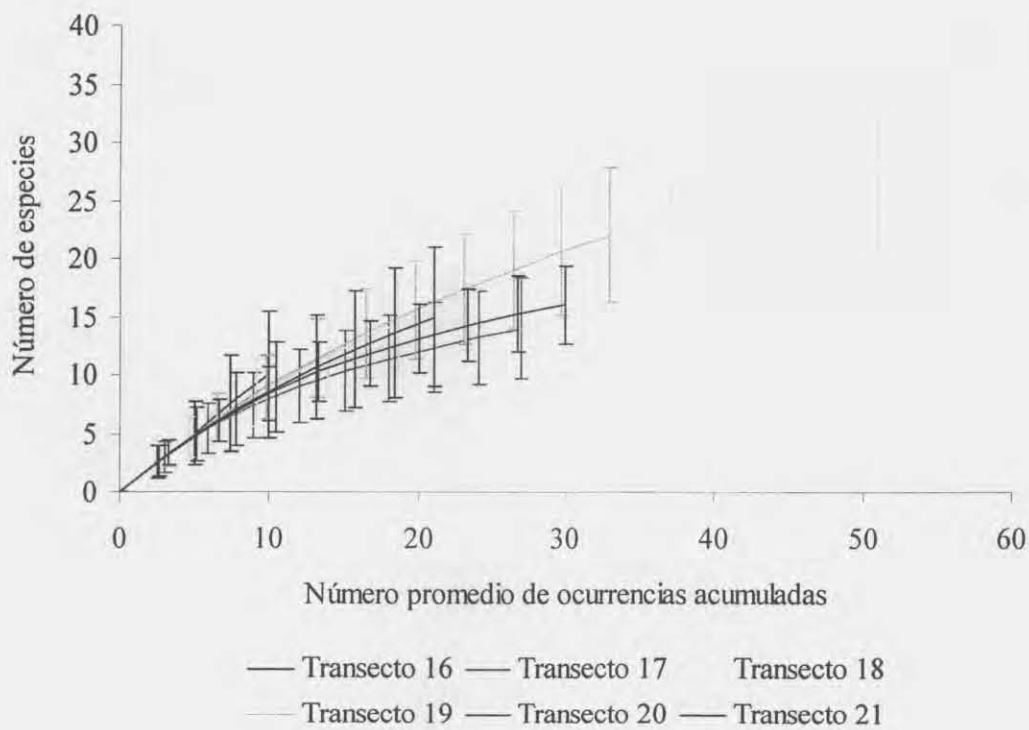


Figura 13. Comparación de la riqueza específica de nematodos entre seis transectos latitudinales de la República Mexicana.

DISCUSIÓN

Los nematodos parásitos de peces dulceacuícolas en México han sido estudiados desde la década de 1930 (Caspeta-Mandujano, 2005). Actualmente, 70 taxones de este grupo de helmintos han sido registrados de 23 familias de peces provenientes de 197 localidades de 25 cuencas hidrológicas. A pesar de que este inventario es aún incompleto, la información es suficiente para describir un patrón preliminar de diversidad para este grupo. Existen varios estudios donde se describen patrones biogeográficos de los helmintos parásitos de peces dulceacuícolas (Pérez-Ponce de León *et al.*, 2000; Vidal-Martínez & Kennedy, 2000; Choudhury & Pérez-Ponce de León, 2001; Pérez-Ponce de León & Choudhury & 2002; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2003; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2005; Rosas-Valdez & Pérez Ponce de León, 2005; Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2005). Sin embargo, el presente trabajo representa el primer estudio en el que se incluyen todas las cuencas hidrológicas y familias de peces del país en donde se han registrado nematodos. Además, únicamente consideramos a las formas adultas, debido a que las larvas usualmente muestran un bajo grado de especificidad hospedatoria y su ocurrencia depende, entre otros factores, de la presencia de otros vertebrados (huéspedes definitivos) que migran entre áreas geográficas distintas (Moravec *et al.*, 1995; Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2005).

Los datos obtenidos en este trabajo indican que la familia Rhabdochonidae es el grupo mejor representado, con 12 especies (Tabla 2). Recientemente se ha propuesto que esta riqueza específica se debe a que las distintas especies derivaron de diferentes linajes tanto de la región Neotropical como de la Neártica (Mejía-Madrid *et al.*, 2006) o bien que los miembros del género *Rhabdochona* experimentaron un proceso de radiación adaptativa, dispersándose entre los diferentes grupos de huéspedes de México con varias especies de helmintos desarrollándose en ellos (Pineda-López *et al.*, 2005).

Los bajos índices de similitud obtenidos para las familias de huéspedes refuerzan la hipótesis de que cada familia de huésped está asociada con un fauna de helmintos principal y que tal especificidad hospedatoria influye fuertemente en su historia biogeográfica (Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2005). Dos especies de nematodos han sido registradas como exclusivas de la familia Cichlidae (*Capillaria (Hepatocapillaria) cichlasomae* y *Rhabdochona kidderi*), dos de Characidae (*Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi* y *Rhabdochona mexicana*), una de Cyprinidae (*Rhabdochona canadensis*), dos de Goodeidae

(*Rhabdochona ahuehuellensis* y *Rhabdochona lichtenfelsi*), dos de Poeciliidae (*Spinitectus mexicanus*, *Rhabdochona xiphophori*) y una de Atherinopsidae (*Spinitectus osorioi*) (Choudhury & Pérez-Ponce de León, 2001; Salgado-Maldonado *et al.*, 2004a; Pineda-López *et al.*, 2005; Mejía-Madrid *et al.*, 2005). Sin embargo, también hay casos de parásitos normalmente considerados exclusivos a un grupo de huéspedes que se transfieren (extensión ecológica) a peces que se encuentran fuera de ese grupo, por ejemplo, *R. xiphophori* una especie descrita como parásito de poecílidos, se ha registrado también en goodeidos (Mejía-Madrid *et al.*, 2005). Pérez-Ponce de León & Choudhury (2005) observaron que el hecho de que algunas familias de peces compartan especies de parásitos, es indicativo de que se originaron en la misma región biogeográfica (en la región Neotropical cíclidos y heptapteridos y en la región Neártica catostómidos e ictalúridos). También sugieren que algunas extensiones ecológicas de huéspedes se presentan en las áreas de transición (entre Ictaluridae y huéspedes neotropicales en el río Grijalva-Usumacinta o bien mojarra de la familia Cichlidae y bagres de la familia en el río Bravo).

A pesar de que la nematofauna de los peces dulceacuícolas en México está constituida en su mayoría por especies con un alto grado de especificidad hospedatoria, también existen especies generalistas, es decir, asociadas con diferentes grupos de peces, tal es el caso de *Capillaria cyprinodonticola* (Pineda-López *et al.*, 2005). En general, estas especies tienen una amplia distribución, la cual se explica por la ausencia de especificidad hospedatoria y por su frecuente relación con grupos de peces como los poecílidos y los cíclidos que se distribuyen ampliamente o bien por translocaciones.

Los datos indican que 16 especies pueden ser consideradas exclusivas para un área (Figura 6). La especie *Beaninema nayaritense*, parásito de *Cichlasoma beani*, fue considerada endémica a la cuenca del río Lerma-Santiago, porque no hay otro registro de esta especie en México y porque los cíclidos son el grupo mejor estudiado desde un punto de vista parasitológico (Salgado-Maldonado *et al.*, 2001). Sin embargo, considerar que cierta especie es endémica para un área determinada con base en un registro es prematuro debido a que el inventario de los nematodos parásitos de peces dulceacuícolas es aun incompleto, particularmente en la zona norte del país. Un ejemplo de lo anterior, lo constituye *R. xiphophori* que fue considerada endémica a cuerpos de agua de la Sierra Madre Oriental (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2004) a partir de solo dos registros, no obstante más tarde fue registrada en goodeidos de los ríos Balsas y Lerma-Santiago (Mejía-Madrid *et al.*, 2005).

Los análisis también confirman la hipótesis de que la especificidad hospedatoria juega un papel importante para determinar la composición de las comunidades de nematodos en cada cuenca hidrológica como fue señalado por Salgado-Maldonado *et al.* (2005a) y Pérez-Ponce de León & Choudhury (2005). Además Pérez-Ponce de León & Choudhury (2005) establecieron que las áreas de una cierta región biogeográfica y consecuentemente con composición de peces similar tienen helmintofaunas similares comparadas con aquellas áreas con una composición de peces menos similar. Consecuentemente la similitud observada entre algunas cuencas se debe a la amplia distribución del huésped y por consiguiente, la de sus parásitos exclusivos.

Considerando que las especies con desarrollo directo (sin un huésped intermediario) son raras entre los nematodos de peces (Anderson, 2000), otro factor importante que determina la presencia o ausencia de las mismas en cierta localidad, es la existencia de un huésped intermediario adecuado y una densidad suficiente de la población, lo cual está relacionado con las características locales de las cuencas. La comparación de la composición taxonómica de nematodos entre las cuencas apoyó la relación entre la nematofauna de los ríos Papaloapan y Grijalva-Usumacinta registrada previamente por Aguilar-Aguilar *et al.* (2003) y Salgado-Maldonado *et al.* (2005a), quienes explicaron ésta con base en la mezcla de la ictiofauna en la parte este del río Papaloapan con la del río Grijalva-Usumacinta. Nuestros resultados también apoyaron la similitud en la composición de especies de nematodos entre las cuencas del estado de Tabasco y el sistema de cenotes de la Península de Yucatán, descrita por Salgado-Maldonado *et al.* (2005b) quienes se basaron en la predominancia de los registros de los helmintos parásitos de cíclidos en ambas áreas para explicar dicha similitud.

La comparación de la riqueza específica entre distintas áreas y huéspedes ha sido efectuada en diversos estudios (Salgado-Maldonado *et al.*, 2005a; Pineda-López *et al.*, 2005). Sin embargo, dichas comparaciones se hicieron sin considerar el esfuerzo de muestreo realizado entre las regiones u huéspedes comparados. El trabajo que aquí se presenta es el primero que incorpora curvas de rarefacción de especies y sus intervalos de confianza obtenidos mediante el modelo propuesto por Colwell *et al.* (2004), eliminando con esto el "ruido" que producen los esfuerzos de muestreo desiguales al efectuar tales comparaciones.

Los análisis de comparación entre las cuencas hidrológicas (Balsas, Grijalva-Usumacinta, Lerma-Santiago, Pánuco, Papaloapan y Península de Yucatán) indicaron que no existen diferencias significativas cuando las comparaciones se basan en el mismo esfuerzo de

muestreo. En contraste, Salgado-Maldonado *et al.* (2005a) concluyeron que el número de especies de nematodos referido para los peces de los ríos Papaloapan y Grijalva-Usumacinta es mayor que el registrado para el resto de las cuencas sin considerar la desigualdad en los esfuerzos de muestreo. Poulin (1995, 1997) propuso que la riqueza de especies de parásitos esta influenciada por la disponibilidad local de especies y su posibilidad de colonización. De manera particular, Salgado-Maldonado *et al.* (2004a) sugirieron que la alta diversidad de especies de helmintos en el río Grijalva-Usumacinta está asociada con el tamaño y la edad geológica de esta cuenca, así como con la riqueza de especies de huéspedes intermediarios y/o definitivos que la habitan.

La comparación de riqueza específica entre las diferentes familias de huéspedes indicó que solo existen diferencias significativas entre las familias Cichlidae y Goodeidae, siendo mayor la riqueza de nematodos en el primer grupo de huéspedes. Salgado-Maldonado *et al.* (2001, 2004b) señalaron que las comunidades de helmintos en goodeidos no tienen más de cinco millones de años, consecuentemente, ésto ha condicionado su pobreza. Basados en lo anterior, los autores señalaron que probablemente el grupo del cual se originaron los goodeidos, perdió la mayoría de sus parásitos después de haber sido aislado en los cuerpos de agua dulce de la Mesa Central durante el plioceno. Sin embargo, las diferencias entre los valores de riqueza específica pueden ser causadas por muchos otros factores tales como: tamaño del cuerpo, la dieta, distribución geográfica, tipo de hábitat y latitud (Cornell & Washburn, 1979; Gregory, 1990; Gregory *et al.*, 1991; Bell & Burt, 1991).

A pesar de que algunos estudios han señalado que la latitud puede causar diferencias en el número de especies, en este estudio encontramos que la riqueza no presenta variaciones a lo largo del gradiente latitudinal. Lo anterior confirma la idea de que la latitud (aisladamente) no contribuye a la riqueza específica en las comunidades de parásitos (Pérez-Ponce de León *et al.*, 2000), por lo que, la combinación de factores históricos y ecológicos (Janovy *et al.*, 1992; Poulin, 1995, 1997) juegan un papel determinante para la diversidad y estructura de las comunidades de helmintos en peces dulceacuícolas.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, la información que utilizamos para describir el patrón preliminar de diversidad de nematodos parásitos de peces dulceacuícolas fue adecuada, no obstante, los estimadores de riqueza (ICE, Chao2, Jack1, Jack2 y Bootstrap) indicaron que el esfuerzo de muestreo realizado hasta la fecha no fue suficiente para encontrar el número de especies totales tanto para las cuencas hidrológicas

como para las familias de peces. Los trabajos en los que se han utilizado este tipo de métodos para estimar de manera robusta la riqueza total de helmintos parásitos son escasos; a pesar de esto, existen discrepancias acerca de cuál es el método más recomendable para estimar la riqueza total de especies, evitando el "ruido" ocasionado por las diferencias en el esfuerzo de muestreo. Walther and Morand (1998) encontraron que de los nueve estimadores que utilizaron para obtener la riqueza tanto en datos simulados como en reales, los métodos Chao2 y Jack1 son los menos sesgados y más precisos. Adicionalmente señalaron que el funcionamiento del estimador Bootstrap se encuentra entre los cuatro mejores. Poulin (1998) y Zelmer & Esch (1999) evaluaron la utilidad de los estimadores Jack1 y Bootstrap usando comunidades de parásitos simuladas y encontraron que el primero de ellos funciona mejor, sin embargo, Poulin (1998) prefiere las estimaciones obtenidas con el Bootstrap.

En nuestros análisis, los estimadores Chao2 y Bootstrap produjeron los valores más cercanos a la riqueza observada, sin embargo, el método Bootstrap fue el menos sesgado y más preciso. Lo anterior indica que el número de nematodos no aumentará considerablemente ni para las familias de peces analizadas ni para las cuencas hidrológicas muestreadas (Tabla 3 y 4), por lo que, es probable que no se presenten variaciones en el patrón de riqueza de especies. La única excepción a este patrón es la cuenca del río Grijalva Usumacinta, para la cual se espera que el número de especies sea significativamente mayor que el resto de las áreas.

El número de especies de nematodos parásitos y de vida libre varía entre 5000,000 a un millón (May, 1988; Hammond, 1992), lo cual indica que nos tomaría varios siglos registrar todas las especies considerando el número de taxónomos que existen en el mundo. Esto convierte a los métodos de extrapolación tales como los estimadores no paramétricos, en el único medio para proporcionar aproximaciones más precisas. Simberloff & Moore (1997) señalaron que las estimaciones de riqueza obtenidas con esos métodos podrían correlacionarse con la abundancia y diversidad, permitiendo determinar áreas prioritarias para la conservación.

REFERENCIAS

- Aguilar-Aguilar, R., Contreras-Medina, R., Martínez-Aquino, A., Salgado-Maldonado, G. & González-Zamora, A. (2005) Aplicación del análisis de parsimonia de endemismos (PAE) en los sistemas hidrológicos de México: un ejemplo con los helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. *In: Llorente-Bousquets, J. & Morrone, J.J. (Eds.), Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática (RIBES XIII-CYTED)*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., pp. 227-239.
- Aguilar-Aguilar, R., Contreras-Medina, R. & Salgado-Maldonado, G. (2003) Parsimony analysis of endemismos (PAE) of Mexican hydrological basins based on helminth parasites of freshwater fishes. *Journal of Biogeography*, 30, 1861-1872.
- Aguilar-Aguilar, R., Salgado-Maldonado, G., Moreno-Navarrete, R. G. & Cabañas-Carranza, G. (2004) Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. *In: Luna, I., Morrone, J. J. & Espinosa, D. (Eds.), Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F., pp. 261-270.
- Anderson, R. C. (2000) *Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission*. CABI Publishing, Oxon, UK, 650 pp.
- Bell, G. & Burt, A. (1991) The comparative biology of parasite species diversity: internal helminths of freshwater fish. *Journal of Animal Ecology*, 60, 1047-1063.
- Boyce, R. L. & Ellison, P. C. (2001) Choosing the best similarity index when performing fuzzy ser ordination on binary data. *Journal of Vegetation Science*, 12, 711-720.
- Bunge, J. & Fitzpatrick, M. (1993) Estimating the number of species: a review. *Journal of the American Statistical Association*, 88, 364-373.
- Burnham, K. P. & Overton, W. S. (1978) Estimation of the size of a closed population when capture probabilities vary among animals. *Biometrika*, 65, 623-633.
- Burnham, K. P. & Overton, W. S. (1979) Robust estimation of population size when capture probabilities vary among animals. *Ecology*, 60, 927-936.
- Caspeta-Mandujano, J. M. (2005) *Nematode parasites of freshwater fish in Mexico: key to species, descriptions and distribution*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Biológicas, Cuernavaca, Morelos, México, 175 pp.

- Chao, A. (1984) Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11, 265-270.
- Chao, A. (1987) Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics*, 43, 783-791.
- Chao, A., Chazdon, R. L. Colwell, R. K. & Shen, T. J. (2005). A new statistical approach for assessing compositional similarity based in incidence and abundance data. *Ecology Letters*, 8: 148-159.
- Chazdon, R. L., Colwell, R. K., Denslow, J. S. & Guariguata, M. R. (1998) Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of NE Costa Rica. In: Dallmeier, F. & Comiskey, J.A. (Eds.), *Forest biodiversity research, monitoring and modeling: conceptual background and Old World case studies*. Parthenon Publishing, Paris, pp. 285-309.
- Choudhury, A. & Pérez-Ponce de León, G. (2001) *Spinitectus osorioi* n. sp. (Nematoda: Cystidicolidae) from *Chirostoma* spp. (Osteichthyes: Atherinidae) in Lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico. *Journal of Parasitology*, 87, 648-655.
- Colwell, R. K. (2005) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell, R. K. & Coddington, J. A. (1994) Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (Series B)*, 345, 101-118.
- Colwell, R. K., Mao, C. X. & Chang, J. (2004) Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85, 2717-2727.
- Cornell, H. V. (1999) Unsaturation and regional influences on species richness in ecological communities: a review of the evidence. *Ecoscience*, 6, 303-315.
- Cornell, H. V. & Washburn, J. O. (1979) Evolution of the richness-area correlation for cynipid gall wasps on oak trees: a comparison of two geographic areas. *Evolution*, 33, 257-274.
- Crisci, J. V. & López-Armengol, M. F. (1983) *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, 132 pp.

- Gotelli, N. & Colwell, R. K. (2001) Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4, 379-391.
- Gregory, R. D. (1990) Parasites and host geographic range, patterns and artifacts. *Functional Ecology*, 4, 645-654.
- Gregory, R. D., Keymer, A.E. & Harvey, P.H. (1991) Life history, ecology and parasite community structure in Soviet birds. *Biological Journal of the Linnean Society*, 43, 249-262.
- Hammond, P. M. (1992) Species inventory. In: Groombridge, B. (Ed.), *Global diversity: status of the earth's living resources*. Chapman & Hall, London, pp. 17-39.
- Heltsh, J. & Forrester, N. E. (1983) Estimating species richness using the jackknife procedure. *Biometrics*, 39, 1-11.
- Janovy, J. Jr., Clopton, R. E. & Percival, T. J. (1992). The roles of ecological and evolutionary influences in providing structure to parasite species assemblages. *Journal of Parasitology*, 78, 630-640.
- Lee, S. M. & Chao, A. (1994) Estimating population size via sample coverage for closed capture-recapture models. *Biometrics*, 50, 88-87.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998) *Numerical ecology*. Elsevier, Amsterdam, 853 pp.
- Magurran, A. E. (2004) *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing, Oxford, 256 pp.
- May, R. M. (1988) How many species are there on the Earth? *Science*, 241, 141-149.
- McAleece, N. (1997) BioDiversity Professional. Versión 2. The Natural History Museum and the Scottish Association for Marine Science. Published at: <http://www.nhm.ac.uk/zoology/bdpro>.
- Mejía-Madrid, H. H., Domínguez-Domínguez, O. & Pérez-Ponce de León, G. (2005) Adult endohelminth parasites of Goodeinae (Cyprinodontiformes: Goodeidae) from Mexico with biogeographical considerations. *Comparative Parasitology*, 72, 200-211.
- Mejía-Madrid, H. H., Choudhury, A. & Pérez-Ponce de León, G. (2006) Phylogeny and biogeography of *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Nematoda: Rhabdochonidae) species from the Americas. *Systematic Parasitology* (en prensa).

- Moravec, F., Vivas-Rodríguez, C., Scholz, T., Vargas-Vázquez, J., Mendoza-Franco, E. & González-Solís, D. (1995) Nematodes parasitic in fishes of cenotes (=sinkholes) of the Peninsula of Yucatan, Mexico. Part 1. Adults. *Folia Parasitologica*, 42, 115-129.
- Moreno, C. E. (2001) *Métodos para medir la biodiversidad*. M & T Manuales y Tesis SEA, Zaragoza, 84 pp.
- Pérez-Ponce de León, G. & Choudhury, A. (2002) Adult endohelminth parasites of ictalurid fishes (Osteichthyes: Ictaluridae) in Mexico: empirical evidence for biogeographical patterns. *Comparative Parasitology*, 69, 10-19.
- Pérez-Ponce de León, G. & Choudhury, A. (2005) Biogeography of helminth parasites of freshwater fishes in Mexico: the search for patterns and processes. *Journal of Biogeography*, 32, 645-659.
- Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L., León-Règagnon, V. & Choudhury, A. (2000) Helminth communities of native and introduced fishes in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Fish Biology*, 57, 303-325.
- Pineda López, R., Salgado-Maldonado, G., Soto Galera, E. Hernández Camacho, N., Orozco-Zamorano, A., Cabañas-Carranza, G. & Aguilar-Aguilar, R. (2005) Helminth parasites of viviparous fishes in México. In: Grier, H. & Uribe, M.C. (Eds), *Viviparous fishes*. New Life Publications, Homestead, Florida, pp. 437-456.
- Poulin, R. (1995) Phylogeny, ecology, and the richness of parasite communities in vertebrates. *Ecological Monographs*, 65, 283-302.
- Poulin, R. (1997) Species richness of parasite assemblages: evolution and patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 341-358.
- Poulin, R. (1998) Comparison of three estimates of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology*, 84, 485-490.
- Rosas-Valdez, R. & Pérez-Ponce de León, G. (2005). Biogeografía histórica de helmintos parásitos de ictalúridos en América del Norte: una hipótesis preliminar utilizando el método panbiogeográfico. In: Llorente-Bousquets, J. & Morrone, J.J. (Eds.), *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: primeras jornadas biogeográficas de la Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática (RIBES XIII-CYTED)*. Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F., pp. 217-226.
- Salgado-Maldonado, G., Aguilar-Aguilar, R., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E. &

- Mendoza-Palmero, C. (2005a) Helminth parasites in freshwater fish from the Papaloapan river basin, Mexico. *Parasitology Research*, 96, 69-89.
- Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Caspeta-Mandujano, J.M., Moreno-Navarrete, G., Sánchez-Nava, P. & Aguilar-Aguilar, R. (2001) A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago River Basin, Mexico. *Comparative Parasitology*, 68, 204-218.
- Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Pineda-López, R., Caspeta-Mandujano, J. M., Aguilar-Castellanos, E. & Mercado-Silva, N. (2004a) Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco River Basin, East Central México. *Comparative Parasitology*, 71, 190-202.
- Salgado-Maldonado, G., Mercado-Silva, N., Cabañas-Carranza, G., Caspeta-Mandujano, J. M., Aguilar-Aguilar, R. & Iñiguez-Dávalos, L. I. (2004b) Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila River, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, West Central Mexico. *Comparative Parasitology*, 71, 67-72.
- Salgado-Maldonado, G., Pineda-López, R., García-Magaña, L., López-Jiménez, S., Vidal-Martínez, V. M. & Aguirre-Macedo, M. L. (2005b) Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. In: Bueno, J., Álvarez, F. & Santiago, S. (Eds.), *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Instituto de Biología UNAM-CONABIO, México, D. F., pp. 145-166.
- Simberloff, D. & Moore, J. (1997) Community ecology of parasites and free-living animals. In: Clayton, D.H. & Moore, J. (Eds.), *Host-parasite evolution*. Oxford University Press, New York, pp. 174-197.
- Smith, E. P. & van Belle, G. (1984) Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics*, 40, 119-129.
- Vidal-Martínez, V. M. & Kennedy, C. R. (2000) Zoogeographical determinants of the composition of the helminth fauna of neotropical cichlid fish. In: Salgado-Maldonado, G., García-Aldrete, A.N. & Vidal-Martínez, V.M. (Eds.), *Metazoan parasites in the Neotropics: a systematic and ecological perspective*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. pp. 227-290.
- Walther, B. A. & Morand, S. (1998) Comparative performance of species richness estimation methods. *Parasitology*, 116, 395-405.

- Walther, B. A. & Moore, J. L. (2005) The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in the performance of species richness estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28, 815-829.
- Zelmer, D. A. & Esch, G. W. (1999) Robust estimation of parasite component community richness. *Journal of Parasitology*, 85, 592-594.

APÉNDICE I

En esta sección se presentan las tablas en donde se concentró la información de la presencia de cada una de las especies de nematodos en las localidades de las distintas cuencas hidrológicas de México. Las tablas de los ríos Balsas, Grijalva-Usumacinta, Lerma-Santiago, Pánuco, Papaloapan y Península de Yucatán representan matrices de datos de presencia/ausencia (incidencia) en las que cada localidad fue usada como medida del esfuerzo de muestreo.

a) Ríos Ameca, Armería, Arroyo de Patos, Bravo, Champotón, Coahuayana y Coatzacoalcos.

Nematodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Camallanus oxycephalus</i>											1	1	1	1				
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) sp.</i>																		1
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) jaliscensis</i>				1														
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi</i>																		1
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecca</i>																		1
<i>Capillaria cyprinodonticola</i>					1													
<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>						1												
<i>Raillietnema kritscheri</i>																		1
<i>Cucullanus sp.</i>																		1
<i>Dichelyne sp.</i>									1		1	1	1	1				
<i>Dichelyne (Dichelyne) mexicanus</i>										1								
<i>Spinitectus sp.</i>								1			1		1	1				1
<i>Spinitectus agonostomi</i>				1														
<i>Mexiconema cichlasomae</i>															1			
<i>Philonema sp.</i>							1											
<i>Rhabdochona sp.</i>								1			1							1
<i>Rhabdochona ahuehuellensis</i>	1															1	1	
<i>Rhabdochona guerreroensis</i>					1													
<i>Rhabdochona kidderi</i>				1														1
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>		1	1	1														
<i>Rhabdochona mexicana</i>					1													

AMECA (JALISCO): 1 = Guachinango; 2 = La Coronilla; 3 = Teuchitlán. ARMERÍA (JALISCO): 4 = Ayuquila; 5 = Manantlán. ARROYO DE PATOS (COAHUILA): 6 = La Rosa (General Cepeda). BRAVO: (NUEVO LEÓN): 7 = Pesquería; 8 = Salinillas (Anáhuac); 9 = Salinillas*. BRAVO (TAMAULIPAS): 10 = Falcón; 11 = Falcón (Benavides); 12 = Falcón (Coyotes); 13 = Falcón (Poste 2); 14 = Falcón (Salinillas). CHAMPOTÓN (CAMPECHE): 15 = Champotón. COAHUAYANA (JALISCO): 16 = Pihuamo; 17 = Tamazula. COATZACOALCOS (TABASCO): 18 = El Rosario.

b) Ríos Cuitzmala, Hondo, La Antigua, La Hamaca, Mezquital, Nautla, Noh, Papagayo, Purificación, Santo Domingo, Tecolutla y Tuxpan.

Nematodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<i>Orientattractis campechensis</i>											1							
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) sp.</i>						1												
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) gobiomori</i>		1											1					
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) jaliscensis</i>		1																
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae</i>				1							1							
<i>Paracapillaria teixeirafreitasi</i>		1					1									1	1	
<i>Paracapillaroides agonostomi</i>		1	1															
<i>Cucullamus sp.</i>	1									1								
<i>Dichelyne (Dichelyne) mexicanus</i>																		1
<i>Raillietnema kraitscheri</i>											1							
<i>Spinitectus sp.</i>										1								
<i>Spinitectus agonostomi</i>	1				1													
<i>Spinitectus humbertoi</i>												1						
<i>Spinitectus mexicanus</i>					1													
<i>Mexiconema cichlasomae</i>											1							
<i>Rhabdochona sp.</i>																		1
<i>Rhabdochona ahuehuellensis</i>														1				
<i>Rhabdochona cascadilla</i>															1			
<i>Rhabdochona guerreroensis</i>								1										
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>									1									
<i>Rhabdochona salgadoi</i>													1					
<i>Vasorhabdochona cablei</i>		1																

CUITZMALA (JALISCO): 1 = Cuitzmala; 2 = Cuitzmala (Emiliano Zapata); 3 = Cuitzmala (Limón). HONDO (QUINTANA ROO): 4 = Guerrero. LA ANTIGUA (VERACRUZ): 5 = Frío; 6 = La Antigua; 7 = La Antigua (El Samoral). LA HAMACA (GUERRERO): 8 = La Hamaca (Coyuca de Benítez). MEZQUITAL (DURANGO): 9 = Los Berros. NAUTLA (VERACRUZ): 10 = Bobos (Tlapacoyan). NOH (CAMPECHE): 11 = Silvituc. PAPAGAYO (GUERRERO): 12 = Inzcuinatoyac. PURIFICACIÓN (JALISCO): 13 = Purificación; 14 = Tecolote. SANTO DOMINGO (BAJA CALIFORNIA NORTE): 15 = San Rafael. TECOLUTLA (VERACRUZ): 16 = Tecolutla; 17 = Tecolutla (Gutiérrez Zamora). TUXPAN (VERACRUZ): 18 = Pantepec.

c) Río Balsas.

NEMATODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<i>Goezia nonipapillata</i>						1		1																		
<i>Hysterothylacium</i> sp.						1																				
<i>Atractis bravoae</i>						1																				
<i>Camallanus</i> sp.												1														
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai</i>						1																				
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae</i>						1																				
<i>Capillaria</i> sp.																		1								
<i>Capillaria cyprinodonticola</i>							1			1	1	1	1			1										1
<i>Dichelyne (Dichelyne) mexicanus</i>			1																							
<i>Rhabdochona</i> sp.													1		1		1							1	1	
<i>Rhabdochona ahuehuellensis</i>																							1			
<i>Rhabdochona canadensis</i>	1			1				1					1	1				1	1	1	1					
<i>Rhabdochona kidderi</i>		1								1	1	1				1										
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>								1	1																	
<i>Rhabdochona mexicana</i>				1						1	1		1					1			1	1				
<i>Rhabdochona xiphophori</i>						1																				

ESTADO DE MÉXICO: 1 = San Jerónimo (Ixtapan de la Sal). **GUERRERO:** 2 = Atenango del Río; 3 = Chontalcoatlán; 4 = Petatlán. **MICHOACÁN:** 5 = Caltzontzin; 6 = El Infiernillo; 7 = Puente Las Yeguas; 8 = San Juanico; 9 = Tocumbo. **MORELOS:** 10 = Amacuzac (Amacuzac); 11 = Amacuzac (Contlalco); 12 = Amacuzac (El Chisco); 13 = Amacuzac (Las Planchas); 14 = Chalma (El Platanar); 15 = Chalma (La Angostura); 16 = Huajintlán; 17 = Yautepec. **OAXACA:** 18 = Cuyotepeji; 19 = Huajuapán de León; 20 = Michapa; 21 = Petlalcingo; 22 = San Agustín Atenango. **PUEBLA:** 23 = Ahuehuello (Huaquechula); 24 = Alchichica; 25 = La Preciosa (= Las Minas); 26 = Nexapa (Chietla). **Nota:** *Capillaria* sp. y *Rhabdochona* sp. no fueron incluidas en los análisis debido a que pudieran pertenecer a alguna de las especies de estos géneros presentadas en la tabla. De igual modo, en este conjunto de datos, *Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai* tampoco fue considerada porque podría tratarse de *Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae*.

d) Río Grijalva-Usumacinta.

Nematodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<i>Goezia</i> sp.	1							1									1											
<i>Goezia nonipapillata</i>						1																						
<i>Hysterothylacium</i> sp.																												1
<i>Atractis vidali</i>				1	1				1																			
<i>Orientattractis campechensis</i>									1																			
<i>Orientattractis chiapasensis</i>					1				1																			
<i>Procamallanus</i> sp.	1						1									1	1								1			
<i>Procamallanus (Spirocamallanus)</i> sp.							1																					
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeri</i>																								1				
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecca</i>	1		1								1					1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) spiralis</i>																1						1						
<i>Paracapillaria teixeirafreitasi</i>													1															
<i>Raillietnema</i> sp.							1																					
<i>Raillietnema kritscheri</i>	1						1												1						1			
<i>Cucullanus</i> sp.								1																	1	1		
<i>Neocucullanus neocucullanus</i>										1																		
<i>Spinitectus</i> sp.								1				1													1		1	
<i>Spinitectus tabascoensis</i>																												1
<i>Cystoopsis</i> sp.																	1						1					
<i>Cystoopsis attractostei</i>															1	1	1											
<i>Mexiconema cichlasomae</i>		1	1	1									1															
<i>Rhabdochona</i> sp.												1													1			1
<i>Rhabdochona acuminata</i>										1																		
<i>Rhabdochona kidderi</i>		1																		1		1			1			

CAMPECHE: 1 = El Vapor; 2 = Palizada; 3 = Santa Gertrudis; 4 = Santa Gertrudis*. **CHIAPAS:** 5 = Cedros; 6 = Chicoasén; 7 = La Angostura; 8 = La Angostura (Loma Bonita); 9 = Lacanjá; 10 = Usumacinta (Frontera Echeverría = Frontera Corozal). **TABASCO:** 11 = Camellones Chontales; 12 = Carrizal; 13 = Centla; 14 = Centla (Canal Nueva Esperanza); 15 = Centla (Canal Tabasquillo); 16 = Chiribital; 17 = El Espino (=El Horizonte); 18 = El Guanaj; 19 = Emiliano Zapata; 20 = Jonuta; 21 = Las Ilusiones; 22 = Loncho; 23 = Muerto (Tacotalpa); 24 = San Pedro (Balancán); 25 = Santa Anita; 26 = Tucta; 27 = Usumacinta (Tenosique); 28 = Usumacinta (Boca del Cerro). **Nota:** *Goezia* sp., *Procamallanus* sp., *Procamallanus (Spirocamallanus)* sp., *Raillietnema* sp., *Spinitectus* sp., *Cystoopsis* sp. y *Rhabdochona* sp. no fueron incluidas en los análisis debido a que pudieran pertenecer a cualquiera de las especies de esos géneros presentadas en la tabla.

e) Río Lerma-Santiago.

NEMATODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
<i>Goezia nonipapillata</i>							1	1	1	1	1																		
Capillariidae gen. sp.			1	1																									
<i>Ornithocapillaria appendiculata</i>																					1								
<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>	1		1											1				1			1		1						
<i>Dicheilyne (Dicheilyne) mexicanus</i>																												1	
<i>Spinitectus osorioi</i>																					1				1				
Philometridae gen. sp.																					1								
<i>Beaninema nayaritense</i>																												1	
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>		1	1		1	1	1					1	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1				1	1
<i>Rhabdochona xiphophori</i>																										1			

ESTADO DE MÉXICO: 1 = Ignacio Ramírez. **GUANAJUATO:** 2 = Comonfort; 3 = Ignacio Allende; 4 = La Biznaga; 5 = La Laja (Los Galvanes); 6 = Manzanares. **JALISCO:** 7 = Chapala; 8 = Chapala (Chapala); 9 = Chapala (Isla de los Alacranes); 10 = Chapala (Mismaloya); 11 = Chapala (San Antonio Tlayacapan); 12 = Verde. **MICHOACÁN:** 13 = Aristeo Mercado; 14 = Chapultepec; 15 = Cuitzeo; 16 = La Luz; 17 = La Mintzita; 18 = Maravatío; 19 = Naranja de Tapia; 20 = Orandino; 21 = Pátzcuaro; 22 = Queréndaro; 23 = San Cristóbal; 24 = Zacapu; 25 = Zirahuén. **NAYARIT:** 26 = Colonia 6 de enero; 27 = Santiago. **QUERÉTARO:** 28 = Presa de los Pirules; 29 = Presa del Carmen. *Nota:* Capillariidae no fue incluida en los análisis debido a que pudiera pertenecer a cualquiera de las dos especies de la familia presentadas en la tabla. De igual manera, *Ornithocapillaria appendiculata* se excluyó de los análisis, porque representa una especie accidental en peces.

f) Río Pánuco.

NEMATODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi</i>	1	1		1	1				1	1													
<i>Capillaria cyprinodonticola</i>					1	1	1																
<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>																					1		
<i>Cucullanus</i> sp.		1																					
Pharyngodonidae gen. sp.		1																					
<i>Rhabdochona ahuehuellensis</i>																						1	
<i>Rhabdochona canadensis</i>										1		1											
<i>Rhabdochona kidderi</i>		1	1		1	1	1	1						1	1	1	1	1					1
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>											1												1
<i>Rhabdochona mexicana</i>											1		1		1				1	1			
<i>Rhabdochona xiphophori</i>										1													

HIDALGO: 1 = Acamaluco; 2 = Atlapexco; 3 = Atlapexco*; 4 = Calabozo; 5 = Candelaria; 6 = San Pedro; 7 = Talol; 8 = Tecoloco; 9 = Tecoloco*; 10 = Tenango. **QUERÉTARO:** 11 = Estorax; 12 = Las Zúfigas; 13 = Oasis. **SAN LUIS POTOSÍ:** 14 = Canoas; 15 = Cascada Canoas; 16 = Cascadas Tamasopo; 17 = El Carpintero; 18 = El Rascón; 19 = Fracción Sánchez; 20 = Jesús María; 21 = La Media Luna; 22 = Tierra Quemada; 23 = Verde (La Plazuela).

g) Río Papaloapan.

Nematodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) sp.</i>														1									
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) mexicanus</i>																1							
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi</i>														1									
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecca</i>					1																1		
Capillariidae gen. sp.				1																			
<i>Paracapillaria teixeirafreitasi</i>																		1			1		
<i>Pseudocapillaria (Ichthyocapillaria) ophisterni</i>														1									1
<i>Cucullanus (Cucullanus) caballeroi</i>					1		1						1					1	1	1			
<i>Cucullanus mexicanus</i>	1	1			1	1		1			1												
<i>Dichelyne (Dichelyne) mexicanus</i>	1			1						1										1	1		
<i>Spinitectus agonostomi</i>													1					1	1				
<i>Spinitectus mexicanus</i>																	1	1	1	1	1	1	
<i>Mexiconema cichlasomae</i>												1		1									
<i>Neophilometroides caudatus</i>																							1
<i>Philometra ophisterni</i>																							1
<i>Gibsonnema ophisterni</i>																							1
<i>Rhabdochona kidderi</i>					1			1					1	1	1			1	1	1			
<i>Rhabdochona mexicana</i>			1		1	1			1							1							

OAXACA: 1 = Cerro de Oro; 2 = El Saltillo; 3 = Grande (Guelatao); 4 = Miguel Alemán (Temascal); 5 = Puente Valle Nacional; 6 = San Juan Bautista; 7 = San Juan Evangelista; 8 = San Juan Valle Nacional; 9 = Santiago Dominguillo; 10 = Tonto; 11 = Valle Nacional; **VERACRUZ:** 12 = Agrio; 13 = Balzapote; 14 = Catemaco; 15 = Escondida; 16 = Jalapa; 17 = La Basura (Los Tuxtles); 18 = La Máquina (Los Tuxtles); 19 = La Palma (Los Tuxtles); 20 = Papaloapan (Tlacotalpan); 21 = San Joaquín; 22 = Tesechoacán. **Nota:** *Procamallanus (Spirocamallanus) sp.* y Capillariidae gen. sp. se omitieron de los análisis debido a que pudieran pertenecer a cualquiera de las especies de ese género o de esa familia presentadas en la tabla. *Procamallanus (Spirocamallanus) mexicanus* tampoco fue considerada, porque los peces de los cuales se recolectaron los ejemplares fueron introducidos a la localidad tipo de cuerpos de agua mexicanos desconocidos.

h) Península de Yucatán.

Nematodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4										
<i>Hysterothylacium cenotae</i>				1			1						1	1																					1
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeri</i>		1					1	1																											
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecca</i>	1		1						1				1								1														
<i>Capillaria (Hepatocapillaria) cichlasomae</i>																																			1
<i>Capillostrongyloides</i> sp.					1																														
<i>Paracapillaria</i> sp.													1						1	1															
<i>Paracapillaria rhamdiae</i>													1						1	1															
<i>Paracapillaria teixeirafreitasi</i>	1																																		
<i>Pseudocapillaria</i> sp.														1							1														1
<i>Pseudocapillaria yucatanenses</i>													1								1														1
<i>Mexiconema cichlasomae</i>									1												1	1													
<i>Neophilometroides caudatus</i>																					1														1
<i>Philometroides</i> sp.																					1														1
<i>Rhabdochona kidderi</i>				1		1				1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

QUINTANA ROO: 1 = Azul; 2 = Box Toro; 3 = Cabañas; 4 = Cueva Nohoch; 5 = Dos Bocas; 6 = Gran Cenote; 7 = Kawash; 8 = Noh-Bek; 9 = San Pedro 1; 10 = San Pedro 2. **YUCATÁN:** 11 = Chelentún; 12 = Chen-há; 13 = Ciruak; 14 = Cueva Luchil; 15 = Cueva San Bulha; 16 = Homún; 17 = Hochtún; 18 = Hubicu; 19 = Ixin-há; 20 = Lagartos; 21 = Mítza; 22 = Noc-ac; 23 = Pisté; 24 = Sacamucuy; 25 = Sahkaba; 26 = Scan Yui; 27 = Tixkanka; 28 = Xanaba Chico; 29 = Xcanganchén; 30 = Xkeken; 31 = Xmucuy; 32 = Yokdzonot; 33 = Zaci; 34 = Xpoc. **Nota:** *Paracapillaria* sp., *Pseudocapillaria* sp. y *Philometroides* sp. se excluyeron de los análisis, porque pudieran pertenecer a cualquiera de las especies de esos géneros presentadas en la tabla.

APÉNDICE II

En esta sección se presentan las tablas en donde se concentra la información de la presencia de cada una de las especies de nematodos en las especies de peces de las distintas familias de peces distribuidas en México. Las tablas de las familias Atherinopsidae, Characidae, Cyprinidae, Cichlidae, Eleotridae, Ictaluridae, Goodeidae y Poeciliidae representan matrices de datos de presencia/ausencia (incidencia) en las que cada especie de huésped fue usado como medida del esfuerzo de muestreo.

a) Familias Ariidae, Belonidae, Bythidae, Centrarchidae, Centropomidae y Clupeidae.

Nematodo	ra	Af	Cm	Pn	Ssp.	Op	Ms	Cp	Da	Dp
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) sp.</i>					1			1		1
<i>Cucullanus sp.</i>		1								
<i>Spinitectus sp.</i>	1			1	1			1		
<i>Mexiconema cichlasoma</i>			1							
<i>Rhabdochona sp.</i>					1					
<i>Rhabdochona kidderi</i>					1	1			1	
<i>Rhabdochona lichtenfeldsi</i>							1			

FAMILIA NO DETERMINADA: ra = "ronco amarillo". ARIIDAE: Af = *Ariopsis felis*; Cm = *Cathorops melanopus*; Pn = *Potamarius nelsoni*. BELONIDAE: Ssp. = *Strongylura sp.* BYTHIDAE: Op = *Ogilbia pearsei*. CENTRARCHIDAE: Ms = *Micropterus salmoides*. CENTROPOMIDAE: Cp = *Centropomus parallelus*. CLUPEIDAE: Da = *Dorosoma anale*; Dp = *Dorosoma petenense*.

b) Familia Atherinopsidae.

Nematodo	Ab	Ca	Ce	Cg	Ch	Pa	Pl
<i>Atractis bravote</i>	1						
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai</i>	1						
<i>Ornithocapillaria appendiculata</i>			1				
<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>		1	1		1		
<i>Spinitectus osorioi</i>		1	1	1			
<i>Rhabdochona sp.</i>						1	1

Ab = *Atherinella balsana*; Ca = *Chirostoma attenuatum*; Ce = *Chirostoma estor*; Cg = *Chirostoma grandocule*; Ch = *Chirostoma humboldtianum*; Pa = *Poblana alchichica*; Pl = *Poblana letholepis*. **Nota:** *Ornithocapillaria appendiculata* se excluyó de los análisis porque representan una especie accidental en peces.

c) Familia Characidae.

Nematodo	Aa	Af	Am	Bc	Bg
<i>Goezia nonipapillata</i>					1
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) sp.</i>		1			
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi</i>		1	1	1	
<i>Capillaria cyprinodonticola</i>		1			
<i>Capillostrongyloides sp.</i>		1			
<i>Neocucullanus neocucullanus</i>					1
Pharyngodonidae gen. sp.			1		
<i>Rhabdochona acuminata</i>					1
<i>Rhabdochona mexicana</i>	1	1	1		

Aa = *Astyanax aeneus*; Af = *Astyanax fasciatus*; Am = *Astyanax mexicanus*; Bc = *Bramocharax caballeroi*; Bg = *Brycon guatemalensis*. **Nota:** *Procamallanus (Spirocamallanus) sp.* no fue incluida en los análisis debido a que pudiera pertenecer a la especie del género presentada en la tabla.

d) Familia Cyprinidae.

Nematodo	Al	As	Cc	Di	Hb	Nc
Capillariidae gen. sp.			1			
<i>Ornithocapillaria appendiculata</i>			1			
<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>	1	1	1			1
<i>Spinitectus osorioi</i>	1					
Philometridae gen. sp.	1					
<i>Rhabdochona sp.</i>					1	
<i>Rhabdochona canadensis</i>		1		1	1	
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>			1			1

Al = *Algansea lacustris*; As = *Azteculea sallaei*; Cc = *Cyprinus carpio*; Di = *Dionda ipni*; Hb = *Hybopsis boucardi*; Nc = *Notropis calientis*. **Nota:** Capillariidae y *Rhabdochona sp.* no fueron incluidas en los análisis debido a que pudieran pertenecer a cualquiera de las especies de esos géneros presentadas en la tabla. *Ornithocapillaria appendiculata* tampoco fue considerada, porque representan una especie accidental en peces.

e) Familia Cichlidae.

Nematodo	Ar	An	Cb	Cg	Ci	Cr	Csp.	Cu	Hc	Hl	Hp	Oa	Om	Pm	Ps	Th	Tm	Tp	Tz	Vb	Vf	Vh	Vi	Vs
<i>Goezia</i> sp.				1				1			1				1							1		1
<i>Goezia nonipapillata</i>					1							1	1						1					
<i>Hysterothylacium</i> sp.												1												
<i>Atractis bravote</i>					1																			
<i>Atractis vidali</i>											1												1	
<i>Orientattractis campechensis</i>											1									1				
<i>Orientattractis chiapasensis</i>																							1	
<i>Procamallanus</i> sp.								1							1	1	1							1
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) mexicanus</i>				1																				
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi</i>																			1					
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai</i>												1												
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) rebecca</i>	1			1	1	1	1	1						1	1	1	1	1						1
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) spiralis</i>															1									
<i>Capillaria</i> sp.		1																						
<i>Capillaria (Hepatocapillaria) cichlasomae</i>								1																
<i>Capillaria cyprinodonticola</i>		1																						
<i>Raillietnema</i> sp.											1													
<i>Raillietnema kraitscheri</i>											1													1
<i>Cucullanus</i> sp.																1								1
<i>Cucullanus (Cucullanus) caballeroi</i>							1																	
<i>Dichelyne (Dichelyne) mexicanus</i>			1																					
<i>Spinitectus</i> sp.															1						1			
<i>Mexiconema cichlasomae</i>								1			1			1		1								1
<i>Philonema</i> sp.									1															
<i>Beaninema nayaritense</i>			1																					
<i>Rhabdochona</i> sp.		1										1												
<i>Rhabdochona kidderi</i>		1			1		1	1	1	1				1		1				1	1			1

Ar = *Amphilopus robertsoni*; An = *Archocentrus nigrofasciatus*; Cb = *Cichlasoma beani*; Cg = *Cichlasoma geddesi*; Ci = *Cichlasoma istlanum*; Cr = *Cichlasoma rectangulare*; Csp. = *Cichlasoma* sp.; Cu = *Cichlasoma urophthalmus*; Hc = *Herichthys cyanoguttatus*; Hl = *Herichthys labridens*; Hp = *Herichthys pearsei*; Oa = *Oreochromis aureus*; Om = *Oreochromis mossambicus*; Pm = *Parachromis managuensis*; Ps = *Petenia splendida*; Th = *Thorichthys helleri*; Tm = *Thorichthys meeki*; Tp = *Thorichthys pasionis*; Tz = *Tilapia zillii*; Vb = *Vieja bifasciata*; Vf = *Vieja fenestrata*; Vh = *Vieja hartwegi*; Vi = *Vieja intermedia*; Vs = *Vieja synspila*. Nota: *Goezia* sp., *Procamallanus* sp., *Capillaria* sp., *Raillietnema* sp., *Cucullanus* sp. y *Rhabdochona* sp. fueron excluidas de los análisis porque pudieran pertenecer a cualquiera de las especies de esos géneros presentadas en la tabla.

f) Familia Eleotridae.

Nematodo	Dm	Ep	Esp.	Gd	Gm	Gp	Gg
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) sp.</i>				1			
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) gobiomori</i>		1			1	1	
<i>Paracapillaria teixeirafreitasi</i>	1			1	1	1	
<i>Cucullanus (Cucullanus) caballeroi</i>	1			1			
<i>Rhabdochona sp.</i>							1
<i>Rhabdochona kidderi</i>			1	1			1
<i>Vasorhabdochona cablei</i>					1		

Dm = *Dormitator maculatus*; Ep = *Eleotris picta*; Esp. = *Eleotris sp.*; Gd = *Gobiomorus dormitor*; Gm = *Gobiomorus maculatus*; Gp = *Gobiomorus polylepis*; Gg = *Guavina guavina*. **Nota:** *Procamallanus (Spirocamallanus) sp.* y *Rhabdochona sp.* no fueron consideradas en los análisis porque pudieran pertenecer a cualquiera de las especies de esos géneros presentadas en la tabla.

g) Familia Ictaluridae.

Nematodo	Ib	Id	If	Im	Ip
<i>Goezia nonipapillata</i>		1	1		1
<i>Hysterothylacium sp.</i>	1		1		
<i>Camallanus oxycephalus</i>			1		1
<i>Procamallanus sp.</i>			1		
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) sp.</i>			1		
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai</i>	1				
Capillariidae gen. sp.			1		
<i>Cucullanus sp.</i>			1	1	
<i>Dichelyne sp.</i>			1		1
<i>Dichelyne (Dichelyne) mexicanus</i>	1		1		1
<i>Spinitectus sp.</i>			1		1
<i>Spinitectus mexicanus</i>			1		
<i>Spinitectus tabascoensis</i>			1		
<i>Rhabdochona sp.</i>			1		1
<i>Rhabdochona kidderi</i>				1	

Ib = *Ictalurus balsamus*; Id = *Ictalurus dugesii*; If = *Ictalurus furcatus*; Im = *Ictalurus mexicanus*; Ip = *Ictalurus punctatus*. **Nota:** *Procamallanus sp.*, *Procamallanus (Spirocamallanus) sp.*, *Dichelyne sp.*, *Spinitectus sp.* y *Rhabdochona sp.* no se contemplan en los análisis porque pudieran pertenecer a cualquiera de las especies de esos géneros presentadas en la tabla.

h) Familia Goodeidae.

Nematodo	Ah	At	Ar	Ac	Ad	Az	As	At	Ce	Cp	Ca	Ga	Gg	Ht	If	Iw	Sb	Sl	Sm	Xr	Xe	Xv	Zq
<i>Camallanus</i> sp.																1							
Capillariidae gen. sp.			1									1											
<i>Capillaria cyprinodonticola</i>															1	1							
<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>			1									1	1				1					1	
<i>Rhabdochona ahuehuellensis</i>	1	1						1		1					1	1					1		
<i>Rhabdochona kidderi</i>																1							
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>			1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1		1	1	1			1	1
<i>Rhabdochona xiphophori</i>				1																		1	

Ah = *Allodontichthys hubbsi*; At = *Allodontichthys tamazulae*; Ar = *Allophorus robustus*; Ac = *Allotoca catarinae*; Ad = *Allotoca diazi*; Az = *Allotoca zacapuensis*; As = *Ameca splendens*; At = *Ataeniobius toweri*; Ce = *Chapalichthys encaustus*; Cp = *Chapalichthys pardalis*; Ca = *Characodon audax*; Ga = *Goodea atripinnis*; Gg = *Goodea gracilis*; Ht = *Hubbsina turneri*; If = *Ilyodon furcidens*; Iw = *Ilyodon whitei*; Sb = *Skiffia bilineata*; Sl = *Skiffia lermæ*; Sm = *Skiffia multipunctata*; Xr = *Xenotaenia resolanae*; Xe = *Xenotoca eiseni*; Xv = *Xenotoca variata*; Zq = *Zoogoneticus quitzeoensis*. Nota: Capillariidae gen. sp. no fue incluida en los análisis debido a que pudieran pertenecer a cualquiera de las especies de esa familia presentadas en la tabla.

i) Familias Gobiidae, Heptapteridae, Lepisosteidae, Megalopidae, Mugilidae, Profundulidae, Salmonidae, Sciaenidae y Synbranchidae.

Nematodo	Sm	Rsp.	Rg	At	Ma	Am	Pl	Omn	Ag	Oa
<i>Hysterothylacium cenotae</i>			1							
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) jaliscensis</i>						1				
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi</i>		1	1							
<i>Paracapillaria sp.</i>			1							
<i>Paracapillaria rhamdiae</i>			1							
<i>Paracapillaroides agonostomi</i>						1				
<i>Pseudocapillaria sp.</i>			1							
<i>Pseudocapillaria (Ichthyocapillaria) ophisterni</i>										1
<i>Pseudocapillaria yucatanenses</i>			1							
<i>Cucullanus sp.</i>						1				
<i>Cucullanus (Cucullanus) caballeroi</i>			1							
<i>Cucullanus mexicanus</i>			1							
<i>Dichelyne (Dichelyne) mexicanus</i>						1				
<i>Spinitectus sp.</i>						1			1	
<i>Spinitectus agonostomi</i>						1				
<i>Spinitectus humbertoi</i>							1			
<i>Cystoopsis sp.</i>				1						
<i>Cystoopsis atractostei</i>				1						
<i>Neophilometroides caudatus</i>			1							
<i>Philometra ophisterni</i>										1
<i>Philometroides sp.</i>			1							
<i>Gibsonnema ophisterni</i>										1
<i>Rhabdochona sp.</i>					1				1	
<i>Rhabdochona cascadilla</i>								1		
<i>Rhabdochona guerreroensis</i>	1									
<i>Rhabdochona kidderi</i>			1							
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>										
<i>Rhabdochona salgadoi</i>							1			
<i>Rhabdochona xiphophori</i>										
<i>Vasorhabdochona cablei</i>										

GOBIIDAE: Sm = *Sicydium multipunctatum*. HEPTAPTERIDAE: Rsp. = *Rhamdia* sp.; Rg = *Rhamdia guatemalensis*. LEPISTOSTEIDAE: At = *Atractosteus tropicus*. MEGALOPIDAE: Ma = *Megalops atlanticus*. MUGILIDAE: Am = *Agonostomus monticola*. PROFUNDULIDAE: Pl = *Profundulus labialis*; SALMONIDAE: Om = *Oncorhynchus mykiss nelsoni*; SCIAENIDAE: Ag = *Aplodinotus grunniens*; SYNBRANCHIDAE: Oa = *Ophisternon aenigmaticum*.

j) Familia Poeciliidae.

Nematodo	Gy	Hb	Pm	Ps	Pb	Pg	Pi	Psp.	Xh	Xsp.
<i>Hysterothylacium</i> sp.					1					
<i>Capillaria cyprinodonticola</i>			1	1		1		1		
<i>Spinitectus mexicanus</i>		1	1							
<i>Mexiconema cichlasomae</i>									1	
<i>Rhabdochona kidderi</i>	1		1							
<i>Rhabdochona lichtenfelsi</i>			1				1			
<i>Rhabdochona xiphophori</i>										1

Gy = *Gambusia yucatana*; Hb = *Heterandria bimaculata*; Pm = *Poecilia mexicana*; Ps = *Poecilia sphenops*; Pb = *Poeciliopsis balsas*; Pg = *Poeciliopsis gracilis*; Pi = *Poeciliopsis infans*; Psp. = *Poeciliopsis* sp.; Xh = *Xiphophorus hellerii*; Xsp. = *Xiphophorus* sp.

CONCLUSIONES GENERALES

► El listado de los nematodos parásitos de peces dulceacuícolas en México consta de 70 taxones (50 identificados a nivel de especie), de los cuales *Ornithocapillaria appendiculata* es una especie accidental en peces y *Pseudocapillaria tomentosa* representa una especie exótica, probablemente introducida de Europa. Así mismo, los taxones registrados como *Paracapillaria* sp., *Pseudocapillaria* sp., *Raillietnema* sp., *Cystoopsis* sp. y *Philometroides* sp. probablemente corresponden a las especies *Paracapillaria rhamdiae*, *Pseudocapillaria yucatanenses*, *Raillietnema kritscheri*, *Cystoopsis attractostei* y *Neophilometroides caudatus*, respectivamente.

► El 74% de las especies de nematodos son endémicas del territorio nacional, 58 % son especies que se han registrado hasta el momento en una sola familia y 56 % en una sola cuenca.

► Cada familia de huésped presenta un conjunto particular de especies de nematodos y tal especificidad hospedatoria influye fuertemente en su historia biogeográfica. Tres especies de nematodos puede ser consideradas exclusivas de la familia Cichlidae (*Mexiconema cichlasomae*, *Raillietnema kritscheri* y *Procamallanus (Spirocamallanus) rebecae*), una de Characidae (*Rhabdochona mexicana*), una de Cyprinidae (*Rhabdochona canadensis*), dos de Goodeidae (*Rhabdochona ahuehuellensis* y *Rhabdochona lichtenfelsi*), una de Poeciliidae (*Spinitectus mexicanus*), una de Atherinopsidae (*Spinitectus osorioi*), una de Heptapteridae (*Hysterothylacium cenotae*), dos de Eleotridae (*Procamallanus (Spirocamallanus) gobiomori* y *Paracapillaria teixeirafreitasi*) y una de Mugilidae (*Spinitectus agonostomi*).

► Hay casos en los que una especie de nematodo es considerada exclusiva para un grupo de huéspedes, pero se trasfiere a peces fuera de ese grupo (por ejemplo, *Rhabdochona lichtenfelsi*). La nematofauna también incluye algunas especies con amplia distribución (por ejemplo: *Rhabdochona kidderi*), la cual se debe a la ausencia de especificidad hospedatoria y su relación con grupos de peces como los poecílidos y los cíclidos que se distribuyen ampliamente.

- ▶ La fauna de nematodos incluye componentes neárticos (*C. cyprinodonticola*), neotropicales (*C. cichlasomae*, *P. (S.) jalicensis*, *P. (S.) neocaballeroi*, *R. guerreroensis*, *R. mexicana*, *R. xiphophori* y *S. agonostomi*) y de la zona de transición mexicana (*Rhabdochona ahuehuellensis*, *Rhabdochona lichtenfelsi* y *Spinitectus osorioi*).

- ▶ El patrón de especificidad hospedatoria es un determinante para la composición de la nematofauna en las cuencas. Sin embargo, factores abióticos y otros bióticos (como la disponibilidad de las combinaciones de huéspedes intermediarios y definitivos) juegan un papel importante en la presencia de las especies.

- ▶ La nematofauna en las cuencas de los ríos Balsas, Lerma Santiago y Pánuco incluye componenetes neárticos, neotropicales y endémicos, mientras que en aquellas de los ríos Grijalva-Usumacinta, Papaloapan y Península de Yucatán son principalmente de afinidades neotropicales.

- ▶ Las comparaciones entre las curvas de rarefacción basadas en muestras (Mao Tau) indicaron que no hay diferencias significativas en el número de especies registradas para las cuencas. En contraste, las comparaciones entre las familias de huéspedes señalan que el número de especies de nematodos difiere significativamente entre las familias Cichlidae y Goodeidae, siendo este número más elevado en el primer grupo.

- ▶ Los estimadores de riqueza indicaron que el esfuerzo de muestreo fue insuficiente para encontrar a todas a las especies de nematodos tanto en las familias de peces como en las cuencas hidrológicas. Sin embargo, el número esperado de especies en los conjuntos de datos analizados no incrementará notablemente considerando las estimaciones del método Bootstrap, el cual resultó ser el menos sesgado y más preciso.

- ▶ Los datos presentados en este trabajo muestran que se ha estudiado solo una parte del componente ictiológico y que algunos sistemas hidrológicos han sido explorados parcialmente, en tanto que otros no han sido muestreados aún; por lo tanto, es necesario muestrear otras familias de peces para completar el presente inventario de los nematodos parásitos de peces dulceacuícolas y así obtener una patrón más robusto de la riqueza de especies de este grupo de parásitos.

► A pesar de que se homogenizara el esfuerzo de recolecta en todos los estados del país, la riqueza de especies no necesariamente sería equiparable debido a que las condiciones ambientales e históricas son particulares en cada región.