



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**Helmintofauna de *Chirostoma jordani* Woolman,
1894 del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA PRESENTA:**

Diana Luz Hernández Hernández

Director de tesis: Dra. Griselda Pulido Flores

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO

2008



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
COORDINACIÓN DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE CONTROL ESCOLAR, UAEH

P R E S E N T E

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado a la pasante de Licenciatura en Biología **Diana Luz Hernández Hernández**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis titulado **“Helmintofauna de *Chirstoma jordani* Woolman, 1894 del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México”**, después de revisarlo en reunión de sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

PRESIDENTE:

Dr. Juan Carlos Gaytán Oyarzún

PRIMER

VOCAL:

Dra. Griselda Pulido Flores

SEGUNDO

VOCAL:

Dr. Juan Márquez Luna

TERCER

VOCAL:

Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez

SECRETARIO: Dr. William Scott Monks Sheets

PRIMER

SUPLENTE:

Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark

SEGUNDO

SUPLENTE:

Biol. Berenice Alemán García

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”

Mineral de la Reforma, Hidalgo a 16 de Enero de 2008

Dr. Juan Carlos Gaytán Oyarzún
 Coordinador de la Licenciatura en Biología



Hay grandeza en esta concepción de la vida,... que mientras este planeta ha ido girando según la constante ley de la gravitación, se han desarrollado y se están desarrollando, a partir de un comienzo tan sencillo, infinidad de formas cada vez más bellas y maravillosas.

Charles Darwin

Dedicatoria

A mi hijo Arath por ser la
luz de mi vida

A mis padres por darme la
vida y permitirme llegar a
este momento

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que de alguna manera contribuyeron para que esta tesis se realizara:

A la Dra. Griselda Pulido Flores por dirigir esta tesis y por compartir conmigo sus conocimientos y su tiempo. Gracias por sus consejos, por su amistad y por estar al pendiente y en la mejor disposición de ayudarme siempre que fue necesario.

Al Dr. Scott Monks por formar parte del comité evaluador de este trabajo y por todo el apoyo que me brindó durante mi estancia en el laboratorio. Gracias por aceptarme como parte de su grupo de trabajo y por la amistad que me ha mostrado.

A los miembros del comité evaluador Dr. Juan Carlos Gaytán Oyarzún, Dr. Juan Márquez Luna, Dr. Alberto Rojas Martínez, Dr. Ignacio Castellanos Sturemark y Biol. Berenice Alemán García, por aceptar revisar esta tesis, por sus observaciones y comentarios que me permitieron mejorarla.

De manera especial, agradezco a los doctores Rafael Miranda y David Galicia de la Universidad de Navarra, España, por su colaboración durante la colecta de los peces. Agradezco también a los compañeros del laboratorio Christian, Rafa, Bere, Eric, Paco y Roosvelt, por su amistad, por su ayuda durante la revisión de hospederos y por hacer amenos los momentos de más trabajo en el laboratorio.

A mis padres por su apoyo tanto moral como económico, por estar conmigo cuando los necesito siempre incondicionalmente. Gracias porque se que sin ustedes no sería lo que soy ahora.

Quiero agradecer a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por brindarme la oportunidad de estudiar mi licenciatura. A las instituciones por medio de las cuales se obtuvo el financiamiento para llevar a cabo esta investigación. A los proyectos:

Helminthos parásitos de los vertebrados y calidad ambiental del Lago Tecocomulco, Hidalgo. Financiado por FOMIX CONACYT-Hidalgo. Clave Fomix-HGO-2005-CO1-1. Responsables Dr. Scott Monks y Dra. Griselda Pulido Flores.

Y, Plan de movilidad de investigadores para el análisis de la Biodiversidad de los vertebrados acuáticos del Lago Tecocomulco, Estado de Hidalgo, México; Ministerio de Educación y Ciencia, Secretaria de Estado de Universidades e Investigación, Secretaría General de Política Científica y Tecnológica, Dirección General de Investigación España Clave Q3168001J PC12005-00309; Dr. Rafael Miranda Ferrerio (Universidad de Navarra, España), Dra. Griselda Pulido Flores y Dr. William Scott Monks-Sheets (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo).

Y finalmente quiero agradecer al programa de mejoramiento del profesorado (promeP) por la publicación de este trabajo como capítulo de un libro.

...GRACIAS



1. Índice Temático	1
Índice de Figuras	3
Índice de Cuadros	4
2. Resumen	5
3. Introducción	6
3.1 Importancia de los peces	7
3.2 Parasitismo	8
3.3 Ciclos de vida de los parásitos	10
3.4 Importancia de los helmintos parásitos	10
3.5 Diversidad de helmintos en México	10
4. Antecedentes	12
5. Justificación	15
6. Objetivos	16
6.1 Objetivo general	16
6.2 Objetivos específicos	16
7. Área de Estudio	17
7.1 Lago de Tecocomulco	17
8. <i>Chirostoma jordani</i> Woolman 1894	21
9. Material y Método	23
9.1 Trabajo de campo	23
9.2 Trabajo de laboratorio	24
9.2.1 Preparación de helmintos parásitos	24
9.2.2 Identificación taxonómica	25
9.2.3 Caracterización de la infección	25

10. Resultados	27
10.1 Caracterizaciones taxonómicas	28
- <i>Diplostomum</i> von Nordmann, 1932	28
- <i>Posthodiplostomum</i> Dubois, 1936	32
-Proterodiplostomatidae gen. sp.	36
-Echinostomatidae gen. sp.	39
- <i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	42
10.2 Caracterización de las helmintiasis	46
11. Discusión	48
12. Conclusiones	54
13. Bibliografía	55
14. Apéndices	61

Índice de Figuras	pag.
Figura 1. Mapa de localización de la Cuenca y el Lago de Tecocomulco en la Republica Mexicana	18
Figura 2. Vista satelital del Lago de Tecocomulco. Derechos: Google map. < www.tepeapulco-sahagun.com.mx/ciudad/ubicacion/satelite.htm >	19
Figura 3. <i>Chirostoma jordani</i> del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México	21
Figura 4. Sitios de colecta en el Lago de Tecocomulco; 1= Chinampas, 2= embarcadero 3= casa de Sr. Epifanio, 4= Tecocomulco, 5= Porción sur 6= Porción sur - canal.	23
Figura 5. Vista ventral de la metacercaria de <i>Diplostomum</i> sp. colectada en mesenterio de <i>Chirostoma jordani</i> del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-262-01-01. Escala 0.123 mm	31
Figura 6. Vista ventral de un quiste de <i>Posthodiplostomum</i> sp. colectado del mesenterio de <i>C. jordani</i> del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-332-01-01. Escala 0.370 mm.	35
Figura 7. Vista ventral de la metacercaria de la familia Proterodiplostomatidae colectada en cerebro de <i>C. jordani</i> del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-273-02-01. Escala 0.133 mm	38
Figura 8. Vista ventral de la metacercaria de la familia Echinostomatidae colectada en cerebro de <i>C. jordani</i> del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-271-01-01. Escala 0.033 mm.	41
Figura 9. Vista dorsal del escólex de <i>Bothriocephalus acheilognathi</i> colectado en intestino grueso de <i>C. jordani</i> del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-283-01-01. Escala 0.288 mm.	45
Figura 10. Gráfica de acumulación de especies de helmintos de <i>Chirostoma jordani</i> Woolman, 1894 del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.	47

Índice de Cuadros	pag.
Cuadro I. Helmintos parásitos de <i>Chirostoma jordani</i> Woolman, 1894, en México	13
Cuadro II. Helmintos parásitos de <i>Chirostoma jordani</i> Woolman 1894, del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.	27
Cuadro III. Caracterización de la helmintiasis en <i>Chirostoma jordani</i> Woolman, 1894 del lago de Tecocomulco, Hidalgo.	46

2. Resumen

En México, los estudios helmintológicos de animales silvestres han adquirido gran relevancia, sobretodo los referentes a peces por la importancia de éstos como fuente de alimentación humana, así como por considerarse que son los vertebrados que albergan la mayor diversidad de helmintos. Por esta razón, el conocimiento de su fauna parásita es de importancia taxonómica, sistemática, biogeográfica y ecológica. El lago de Tecocomulco es considerado el último humedal relictivo del antiguo sistema lacustre que predominó en la Cuenca del Valle de México, por lo que adquiere gran importancia ecológica, debido a que es sitio de nidificación, reproducción y paso de gran cantidad de especies de aves migratorias, además de ser refugio y hábitat de peces y anfibios. *Chirostoma jordani* es un pez endémico del altiplano mexicano y nativo del lago de Tecocomulco, en el presente estudio se describe su helmintofauna. Entre febrero y marzo de 2007 se recolectaron 69 ejemplares de *C. jordani* mediante redes y electropesca, a cada ejemplar se le realizó un examen helmintológico interno y externo. Se registró la presencia de cinco especies de helmintos: cuatro digéneos (metacercarias) *Diplostomum* sp., *Posthodiplostomum* sp., Proterodiplostomatidae gen. sp. y Echinostomatidae gen. sp.; y un céstodo (adulto) *Bothriocephalus acheilognathi*. Con base en los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia e intensidad promedio, *Diplostomum* sp. recolectada en el cerebro, es la especie de helminto que registró los valores más altos con un 20.28 % de hospederos parasitados y 1.01 parásitos por hospedero revisado. Con el presente trabajo se contribuye al conocimiento de la biodiversidad faunística del estado de Hidalgo y al conocimiento de la ecología de poblaciones de algunas helmintiasis de *Chirostoma jordani* en el Lago de Tecocomulco.

3. Introducción

El conocimiento de la biodiversidad, es un aspecto que día a día adquiere mayor importancia para la comunidad científica y la sociedad en general (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001).

La Biodiversidad no sólo es la diversidad de la vida, Wilson en 1997 (citado por Núñez *et al.*, 2003) la define como la variación de la base hereditaria, desde los genes en una población local o especie, hasta las especies que componen toda o una parte de una comunidad local, y finalmente en las mismas comunidades que componen la parte viviente de los múltiples ecosistemas del mundo. Sarkar y Margules (2002), hacen notar que el término biodiversidad no sólo se refiere a la variedad de formas de vida, sino que también incluye las interacciones y procesos en todos sus niveles de organización.

La riqueza de especies es un concepto viejo y fundamental en ecología, Walther y Morand (1998), la definen como “la cantidad total de especies presentes”. Teóricamente, la cantidad de especies en cualquier comunidad puede ser determinada porque es finita, sin embargo, en la práctica el tamaño de la muestra y el esfuerzo del muestreo resultan limitantes (Walther y Morand, 1998).

En México, las características bióticas, abióticas y biogeográficas, han favorecido la existencia de una gran variedad de ecosistemas, por lo que es considerado un país megadiverso, ubicándose entre los cinco países con mayor riqueza biológica, al albergar aproximadamente el 10% de las especies registradas en el planeta. La riqueza biológica de México, no sólo radica en el número de especies registradas, sino en el hecho de que gran cantidad de ellas se distribuyen únicamente dentro de los límites geopolíticos del país, es decir, son endémicas (de la Vega-Salazar, 2003).

De los ecosistemas acuáticos de México los más importantes, al menos en cuanto a especies nativas y endémicas, son los dulceacuícolas, desafortunadamente este tipo de ecosistemas son particularmente vulnerables, debido a la sobreexplotación de sus recursos, la actividad humana, el crecimiento de la mancha urbana y la degradación de la calidad del agua (de la Vega-Salazar, 2003). La desecación de los cuerpos de agua amenaza con desaparecer la fauna acuática o confinarla a pequeños fragmentos. Por otra parte, el incremento de las actividades piscícolas ha causado el mayor impacto sobre los ecosistemas dulceacuícolas, a través de la introducción de especies exóticas que modifican la estructura natural del ecosistema y comprometen la integridad biológica de las especies nativas, sobretodo de las endémicas, al competir con ellas por algún tipo de recurso (de la Vega-Salazar, 2003).

En los últimos años, los peces han sido motivo de diversos estudios, incluyendo los helmintológicos. La preocupación hacia estos vertebrados crece día a día por la importancia que tienen como fuente de alimentación humana y a los beneficios económicos que brinda el cultivo de peces de valor comercial y/o deportivo (Lamothe-Argumedo, 1994).

3.1 Importancia de los peces

Los peces son el grupo más numeroso de vertebrados vivientes, se estima que en la actualidad existen 20,000 especies (Torres-Orozco, 1991). La ictiofauna mexicana se estima en 2,122 especies pertenecientes a 779 géneros, incluidos en 206 familias y 41 órdenes (Espinoza-Pérez, *et al.*, 1998). Para el estado de Hidalgo, se han reportado 29 especies de peces; sin embargo, existen otras especies que aún no han sido reportadas por falta de estudios en la región o por que son producto de la colonización natural y/o introducción de especies exóticas (Zárate-Ramírez, 2003).

Los peces, como cualquier otro organismo, están expuestos al ataque de parásitos, actuando como hospederos intermediarios o definitivos, son hospederos potenciales de parásitos de riesgo zoonótico, es decir, que pueden infectar al humano (Lamothe-Argumedo, 1994). Los peces se han considerado como los vertebrados que albergan mayor número de helmintos, por lo que, dar a conocer su helmintofauna resulta de interés científico, zoológico y faunístico (Lamothe-Argumedo, 1994). Del total de especies de peces del territorio nacional, aproximadamente se conocen 350 especies de parásitos que los infectan (Pérez-Ponce de León *et al.*, 1996). Al parecer, la distribución y diversidad de helmintos que parasitan a los peces dulceacuícolas, está asociado a su nivel de endemismos y a una elevada riqueza específica, esto se debe a que en una localidad las especies presentan en promedio un área de distribución pequeña y entre localidades hay una diferencia en cuanto a composición de las especies, dando lugar a una gran riqueza específica que resulta complementaria entre localidades en donde el número de endemismos es alto (Aguilar-Aguilar y Salgado-Maldonado, 2006).

3.2 Parasitismo

El parasitismo representa una de las formas de vida más exitosas del planeta (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001), en esta forma de vida una especie, el parásito, vive dentro o fuera de otra especie, el hospedero. El parásito es fisiológicamente dependiente de su hospedero para sobrevivir. Los parásitos poseen gran potencial y capacidad para adaptarse a diferentes microhábitat en el cuerpo de su hospedero; el cual es el ambiente físico para los parásitos, obteniendo protección contra desecación y temperaturas desfavorables, permitiendo la sobrevivencia y desarrollo del parásito, así como fuente de alimento. El ambiente biótico, constituye el microhábitat al que el parásito se adapta de forma especial y puede ser cualquier parte del cuerpo de su hospedero. La parasitología, se encarga de estudiar las relaciones

existentes entre el parásito, su medio físico y biótico (Wilford, 1962). El número de parásitos que alberga un hospedero depende de múltiples factores, algunos son atribuibles al hospedero (como el comportamiento, hábitos alimenticios, etc.), otros al ambiente (como el pH, temperatura, etc.) y algunos inherentes a la biología del parásito. Por esta razón, conocer la helmintofauna representa una forma de comprender las interacciones biológicas, los patrones de distribución de los hospederos y la historia de las regiones bióticas (Pérez-Ponce de León *et al.*, 1996).

La interacción parásito-hospedero trae consigo consecuencias y adaptaciones para ambas especies. Para sobrevivir, el parásito, debe cumplir con sus requerimientos básicos de hábitat, comida y reproducción. El parasitismo puede considerarse como una presión evolutiva en la que las especies involucradas se adaptan a los procesos selectivos, por presión de selección, el hospedero, se adapta, resiste o tolera la infección parasitaria (Wilford, 1962).

El parasitismo influye directamente sobre la evolución de las especies involucradas. El parásito ataca a su hospedero, el hospedero responde a la agresión mediante anticuerpos, la confrontación entre mecanismos de defensa resulta en una adaptación parásito-hospedero, de otra manera significaría la destrucción de una o de ambas especies (Wilford, 1962).

A pesar de que muchos parásitos no le causan un daño visible a su hospedero, si le causan un daño fisiológico el cual se refleja en la reducción de la talla de los peces, adelgazamiento, modificación de los hábitos, llegando en ocasiones a causarle la muerte. Esta situación adquiere importancia económica en la piscicultura, debido a que los peces infectados reducen su calidad alimenticia, causando una mala impresión a los consumidores quienes los rechazan, repercutiendo directamente en la economía de los pescadores (Lamothe-Argumedo, 1994).

3.3 Ciclos de vida de los parásitos

Los ciclos de vida de los parásitos son extremadamente complejos, los requerimientos físicos y biológicos para completarlos, asegurar el éxito y continuidad de la especie son múltiples y exigentes. Los ciclos de vida pueden ser de dos tipos: directo, en los que sólo interviene un hospedero definitivo; e indirecto, en los que existe un hospedero definitivo y uno o más hospederos intermediarios. Los parásitos pueden presentar una fase de vida libre, durante este periodo se desarrolla el estado infectivo. Para los parásitos con ciclos de vida indirecto, la fase de vida libre entre algunos de los hospederos no siempre ocurre (Wilford, 1962).

3.4 Importancia de los helmintos parásitos

Los parásitos pueden encontrarse en cualquier ambiente, soportando condiciones de frío extremo en las regiones polares, o calor en climas tropicales (Chappell *et al.*, 2003). En México, la importancia de los helmintos parásitos es un tema de discusión reciente, sobretodo en cuanto a parásitos de animales silvestres se refiere por su impacto en la población humana, tanto en salud pública como en la economía (Lamothe-Argumedo *et al.*, 1997). Los parásitos tienen la capacidad de regular las poblaciones, por lo que determinan la estructura de la comunidad, proveen información a cerca de la biología de sus hospederos, como hábitos alimenticio, de comportamientos, y rutas de migración, esto se debe principalmente a la complejidad de los ciclos de vida en los que se ven involucradas diversas especies de hospederos y porque su transmisión depende de las interacciones tróficas entre ellos (Marcogliese y Cone, 1997).

3.5 Diversidad de helmintos en México

Los helmintos son quizá el grupo de organismos más abundante en la naturaleza, está compuesto por cuatro phyla: Platyhelminthes, Acanthocephala, Nematoda y Annelida, los cuales

no están relacionados filogenéticamente, por lo que no constituyen un grupo monofilético. Los helmintos se caracterizan por ser metazoarios de aspecto vermiforme, los hay de vida libre y parásitos (Schmidt y Roberts, 2000).

El estudio de los helmintos parásitos de animales silvestres en México, ha acumulado una cantidad importante de información y con base en ella se ha estimado que el número de especies de helmintos descubiertas y descritas hasta la fecha es de aproximadamente del 25% de las existentes. Pérez-Ponce de León y García-Prieto, en el 2001, se dieron a la tarea de recopilar la información existente de todos los helmintos registrados para el país. En este trabajo se reportaron 1632 especies de helmintos parásitos de 947 especies de vertebrados silvestres de México. Del total de especies reportadas, 1060 pertenecen al Phylum Platyhelminthes: 5 aspidogastreos, 650 digéneos, 215 monogéneos y 190 céstodos; 68 al phylum Acanthocephala; 490 del phylum Nematoda; y 14 hirudíneos del phylum Annelida. Aunado a esto, 490 de las 1632 son especies endémicas y la mayoría de los holotipos se encuentran depositados en la Colección Nacional de Helmintos (CNHE) y en otras colecciones de México y el extranjero. En cuanto a los hospederos examinados, en su mayoría son peces, seguidos por mamíferos, reptiles, aves y en menor proporción los anfibios.

Aun falta mucho por hacer, y con base en las estimaciones realizadas por Pérez-Ponce de León y García-Prieto (2001), aproximadamente 3750 especies de vertebrados en México aún no se han estudiado desde el punto de vista helmintológico, por lo que se esperaría que el número de especies de helmintos en vertebrados de México sea de 6463 especies, lo que representa un 75% de especies de helmintos desconocidas.

4. Antecedentes

Recientemente en México se ha despertado el interés por el conocimiento de la helmintofauna de vertebrados silvestres, especialmente la de los peces dulceacuícolas, esto se debe principalmente a la importancia que los peces representan para la alimentación humana, a que representan una de las biotas más diversas de México con un gran número de especies nativas y endémicas, así como a que se consideran los vertebrados que albergan mayor número de especies de parásitos (Lamothe-Argumedo, 1994).

Se han realizado diversos estudios helmintológicos en peces nativos y endémicos de México, principalmente en cíclidos, goodeidos y aterinidos de diversos embalses del territorio nacional. Existen más de 400 publicaciones sobre helmintos parásitos de peces de México, tanto marinos como dulceacuícolas (Pérez-Ponce de León, 1996).

Particularmente, *Chirostoma jordani* ha sido objeto de estudios helmintológicos en cuatro entidades federativas del territorio nacional (Guanajuato, Michoacán, Estado de México e Hidalgo), registrándose como hospedero de 18 especies de helmintos, de los cuales se han reportado cinco especies de digéneos, diez de céstodos y tres de nematodos (Cuadro I). Otras especies del género *Chirostoma* que han sido objeto de estudios helmintológicos en México son *C. labarcae* Meek, 1902, *C. attenuatum* Meek, 1902, *C. estor* Jordan, 1880, *C. grandocule* (Steindachner, 1894), *C. humboldtianum* (Valenciennes, 1835), *C. riojai* Solórzano y López, 1966, *C. arge* (Jordan y Snyder, 1899), *C. ocotlanae*, registrándose un total de 15 especies de helmintos (ver Apéndice I).

Cuadro I. Helmintos parásitos de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894, en México

Clase	Parásito	Hábitat	Localidad	
Digenea				
Adultos				
	<i>Allocreadium mexicanum</i> Osorio-Sarabia, Pérez-Ponce de León y Salgado-Maldonado, 1986	intestino, estómago	Río la Laja en Soria la Huerta Gto.	*
			Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
Metacercarias				
	<i>Diplostomum</i> sp.	cerebro, ojos, músculo, gónadas y mesenterio	Presa la Biznaga Gto.	*
			Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
			Río la Laja en la presa Ignacio Allende Gto.	*
	<i>Posthodiplostomum minimum</i> MacCallum, 1921	hígado, cerebro, ojos, músculo, mesenterio, aletas y branquias	Lago de Cuitzeo Gto. - Mich.	*
			Lago de Cuitzeo Gto. - Mich.	*
			Río la Laja en la presa Ignacio Allende Gto.	*
	<i>Uvilifer</i> sp.	aletas, piel, branquias y músculo	Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
			Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
	Diplostomidae gen. sp.	músculo	Lago de Metztlán, Hgo.	*
Cestoda				
Adultos				
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	intestino	Presa la Biznaga Gto.	*
			Río la Laja en la presa Ignacio Allende Gto.	*
			Lago de Metztlán, Hgo.	*
			Río la Laja en la presa Jesús María Gto.	*
			Río la Laja en Soria la Huerta Gto.	*
			Río la Laja en La Quemada Gto.	*
			Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
Metacestodos				
	<i>Glossocercus</i> sp.	mesenterio	Lago de Metztlán, Hgo.	*
	<i>Paradilepis caballeroi</i> Rysavy y Macko, 1973	hígado y mesenterio	Presa la Biznaga Gto.	*
			Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
			Río la Laja en la presa Jesús María Gto.	*
			Río la Laja en Soria la Huerta Gto.	*
	<i>Paradilepis</i> cf. <i>urceus</i> Wedl, 1855	hígado	Río la Laja en la presa Ignacio Allende Gto.	*
			Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*

Cuadro I (Cont.) Helmintos parásitos de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894, en México

Clase	Parásito	Hábitat	Localidad	
			Río la Laja en Soria la Huerta Gto.	*
	<i>Paradilepis</i> sp.	hígado	Presa la Biznaga Gto.	*
	<i>Parvitaenia cochlearii</i> Coil, 1955	hígado	Río la Laja en la presa Jesús María Gto.	*
	<i>Proteocephalus ambloplitis</i> Leidy, 1887	hígado, mesenterio, cavidad corporal, estómago e intestino	Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
	<i>Valipora compylancristrota</i> Weld, 1855	vesícula biliar	Presa Ignacio Ramírez, Méx.	*
			Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
			Río la Laja en Soria la Huerta Gto.	*
			Río la Laja en presa Jesús María Gto.	*
	<i>Valipora minuta</i> Coil, 1950	vesícula biliar e hígado	Río la Laja en Soria la Huerta Gto.	*
	<i>Valipora mutabilis</i> Linton, 1927	vesícula biliar	Río la Laja en Soria la Huerta Gto.	*
Nematoda				
Larvas				
	<i>Contracaecum</i> sp.	peritoneo, hígado, cavidad abdominal y mesenterio	Río la Laja en la presa Ignacio Allende Gto.	*
			Presa La Biznaga Gto.	*
			Río la Laja en la presa Jesús María Gto.	*
			Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
			Río la Laja en Soria la Huerta Gto.	*
	<i>Eustrongylides</i> sp.	músculos y mesenterio	Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*
	<i>Spiroxys</i> sp.	cavidad abdominal, mesenterio y pared intestinal	Río la Laja en Las Adjuntas Gto.	*

*Salgado-Maldonado, G. 2006. Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. Zootaxa 1324: 1-357.

5. Justificación

Los ecosistemas acuáticos, en especial los dulceacuícolas, están desapareciendo a causa de la sobreexplotación de la que son objeto. Esto ha causado la reducción de la diversidad biológica y en muchos casos su desaparición en estos ecosistemas. La necesidad de conocer la biodiversidad de ríos, lagos, lagunas y demás cuerpos de agua es evidente, ya que no se puede conservar lo que no se conoce.

A pesar de que el Lago de Tecocomulco es un embalse natural de gran importancia regional, por servir como una fuente de recarga de los acuíferos de las ciudades aledañas, por considerarse el último relictos ecológico de las condiciones lacustres prehispánicas de la Cuenca de México y por ser un ambiente natural característico del estado de Hidalgo, ha estado en peligro de desaparecer en varias ocasiones. El lago de Tecocomulco es un ambiente con una gran diversidad biológica, desde los organismos unicelulares del fitoplancton y zooplancton, hasta los grandes vertebrados como peces, aves y el mismo hombre. Además, alberga especies endémicas, nativas y migratorias, muchas de las cuales forman parte de la lista de la NOM-059-ECOL-2001, por encontrarse en peligro de extinción o bajo algún otro estatus de protección. La especie de “charal” *Chirostoma jordani* a pesar de no estar enlistada en la NOM-059-ECOL-2001, es una especie nativa en esta localidad, la cual ha sido explotada como una fuente de proteína por los habitantes de la región.

Al ponerse en riesgo un ecosistema como el del Lago de Tecocomulco, por la extracción inmoderada del agua y el desazolve a través de canales para extender la zona de cultivo, también se pone en riesgo de desaparecer a la diversidad biológica que alberga. Este lago es un ecosistema frágil, que requiere asegurar su equilibrio y la continuidad de los procesos tanto ecológicos como evolutivos. Sin embargo, estos motivos por si solos no han sido suficientes para declarar al Lago de Tecocomulco como área natural protegida. De tal forma, que el presente

trabajo contribuye a generar información sobre la diversidad faunística de los helmintos parásitos de peces del lago desconocidas hasta ahora para la ciencia.

6. Objetivos

6.1 General:

- Conocer la helmintofauna parásita de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

6.2 Específicos:

- Identificar taxonómicamente hasta donde sea posible los helmintos parásitos de *C. jordani* de la zona de estudio.
- Caracterizar las infecciones de cada una de las especies de helmintos parásitos de *C. jordani* mediante los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia e intensidad promedio.

7. Área de Estudio

7.1 Lago de Tecocomulco

La palabra Tecocomulco es un vocablo náhuatl que significa “Lugar de Tecolotitos” (Huizar-Álvarez *et al.*, 2005). El lago de Tecocomulco se localiza entre los meridianos 19°53’20” y 19°50’08” de Latitud Norte y los paralelos 98° 21’54” y 98°25’44” de Longitud Oeste. Se ubica dentro de la provincia del Eje Volcánico Transversal. Perteneció a la Región Hidrológica No. 26 del Río Pánuco. Es un humedal que forma parte de la Cuenca hidrográfica del Valle de México y de la cuenca de Tecocomulco (ver figura 1) (Parlamentaria y Diputados, 2006).

El lago de Tecocomulco se localiza en la parte sureste del Estado de Hidalgo, dentro de los municipios de Tepeapulco, Apan y Cuautepéc de Hinojosa, a una distancia de 46 km en línea recta del centro del humedal a la capital del estado, Pachuca de Soto. Presenta una altitud media de 2514.30 m y cuenta con una superficie aproximada de 1769 hectáreas, un volumen promedio de 2718.24 m³ y con una capacidad máxima de 6099912 m³ (Parlamentaria y Diputados, 2006). El lago es moderadamente profundo, de aguas dulces y turbias, el tirante de agua promedio es de 70 cm en la zona más profunda alcanza los dos metros de profundidad, con un pH de 6.8. El nivel del agua decrece por evaporación e infiltración, así como por su extracción para las actividades agropecuarias de la región (Huizar-Álvarez *et al.*, 2005).

Tecocomulco es considerado el último humedal relicto del antiguo sistema lacustre que predominó en toda la Cuenca del Valle de México, en el que se refugian y habitan peces, anfibios y aves acuáticas características de lo que fueron los lagos de Anáhuac (Parlamentaria y Diputados, 2006).



Figura 1. Mapa de localización de la Cuenca y el Lago de Tecocomulco en la Republica Mexicana. Modificado de Campos-Enríquez *et al.*, (2003).

Las tierras que rodean al lago, están dedicadas a la agricultura, la vegetación primaria es de bosque de pino-encino talado en gran parte y con vegetación secundaria de *Juniperus*, magueyes y cactáceas, en la figura 2 se aprecia el uso del suelo que rodea al lago y la extensión del tule en el espejo de agua. Dentro del lago habitan 26 especies de fanerógamas acuáticas, el tular ocupa extensas áreas y alcanza en algunas zonas los cuatro metros de altura, además se

pueden encontrar diversas especies de diatomeas y algas clorofíceas. Este lago se comporta como un vaso regulador para recarga de acuíferos de la región. Alberga una rica biodiversidad y una gran cantidad de hábitat (Huizar-Álvarez *et al.*, 2005).



Figura 2. Vista satelital del Lago de Tecocomulco. Derechos: Google map.
<www.tepeapulco-sahagun.com.mx/ciudad/ubicacion/satelite.htm>

Tecocomulco tiene gran importancia ecológica toda vez que es sitio de nidificación, reproducción y paso de gran cantidad de especies de aves acuáticas y terrestres, hasta él llegan más de una decena de aves migratorias provenientes del norte de México, Estados Unidos y Canadá; en el Lago se encuentran 48 especies de aves terrestres identificadas, pertenecientes a 8 órdenes y 21 familias, de las cuales 27 son residentes y 20 son migratorias de invierno y solo una *Hirundo rustica* (Terres, 1980) es migratoria de verano. Durante la época migratoria destacan *Egretta tula* (Molina) (garcita blanca dedos amarillos), *Casmerodius albus* Linnaeus, 1758 (garzón blanco), *Anas discors* Linnaeus, 1766 (cerceta de alas azules) y *Oxyura jamaicensis* Gmelin, 1789 (pato tepalcate). El pato real *Cairina moschata* (Linnaeus, 1758), el pato mexicano *Anas diazi* Ridway, 1886, el pato golondrino *Anos acutatitzihoa* y *Caythia affinis* (Eyton, 1838)

el pato boludo son algunas especies de aves que habitan el lago y que se encuentran bajo algún estatus de riesgo (NOM-059-ECOL-2001). En el lago también se encuentran ocho especies de peces, uno nativo: *Chirostoma jordani* y siete especies de carpas introducidas: *Cyprinus carpio specularis* Lacépède, 1803 (carpa espejo o Israel), *Cyprinus carpio rubrofuscus* Lacépède, 1803 (carpa barrigona), *Ctenopharyngodon idella* Linnaeus, 1758 (carpa herbívora), *Hypophthalmichthys molitrix* Valenciennes, 1844 (carpa plateada), *Amblycephala megalobrema* Yih, 1955 (carpa brema), *Carassius auratus* Linnaeus, 1758 (carpa dorada) y *Mylopharyngodon piceus* Richardson, 1846 (carpa negra) (NOM-050-PESC-2004). Este cuerpo de agua alberga también algunos batracios endémicos del país como *Rana montezumae* Baird, 1854 (rana de moctezuma) y *Ambystoma velasci* Duges, 1888 (ajolote), que se encuentran en peligro de extinción (Huizar-Álvarez *et al.*, 2005) y además el lago es hábitat de una culebra *Thamnophis eques* Reuss, 1834 (Macías-García y Drummond, 1988).

La principal actividad económica de los habitantes de la zona es la agricultura, sin embargo, se desarrollan otras actividades como la pesca comercial, el turismo náutico y la cacería. El principal uso del agua del lago, es su extracción por bombeo a través de canales artificiales para el riego agrícola y para abrevadero del ganado ovino y vacuno (NOM-050-PESC-2004).

8. *Chirostoma jordani* Woolman, 1894

Clase Actinopterygii

Orden Atheriniformes

Familia Atherinopsidae

Género *Chirostoma*

Especie *jordani*

Clasificación según: A Global Information System on Fishes <http://www.fishbase.org/search.php>



Figura 3. *Chirostoma jordani* del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

La familia Atherinopsidae incluye especies marinas y dulceacuícolas, es un grupo muy diversificado cuyas especies se encuentran divididas en dos subfamilias Atherinopsinae y Menidiinae a esta última se incluye a *Chirostoma jordani* (Díaz-Pardo, *et al.*, 1998).

El género *Chirostoma*, es endémico de la Mesa Central Mexicana, en donde son conocidos como pescados blancos o charales (Soria-Barreto y Paulo-Maya, 2005), se encuentra distribuido en los estados de Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas y Veracruz, en algunos de ellos de manera natural y en otros debido a la introducción. El género *Chirostoma* incluye 18 especies y cuatro subespecies, algunas de ellas de importancia económica como *C. estor* Jordan, 1880 conocido como “pescado blanco”, y los diversos tipos de charal por ejemplo *C. jordani* (Cardenas-Reygadas y Barrera-Escorcia, 1998).

Chirostoma jordani, se distribuye de lado del pacífico a lo largo del cause del Río Lerma, Río Grande de Santiago y Río Ameca; en los cuerpos de agua del valle de México y las lagunas de Atotonilco y San Marcos, Jalisco; en la laguna de El Carmen, cerca de los límites entre Puebla y Tlaxcala. Del lado Atlántico se ha reportado en las aguas cálidas del Río Pánuco, Río Cazonéz y Río Tecolutla, en el Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Estado de México, Puebla y Tlaxcala (Miller *et al.*, 2005).

Esta especie de pez habita aguas claras, turbias o fangosas de lagos, ríos y canales, a profundidades de 1m. Los ejemplares jóvenes miden de 9 a 14 mm de longitud patrón (LP). El período reproductivo es de finales de febrero a mediados de mayo (Miller *et al.*, 2005). *Chirostoma jordani* es muy abundante en lagos como el de Chapala en donde los habitantes de la región lo deshidratan y usan como alimento.

9. Material y Método

9.1 Trabajo de campo

Para este estudio, los peces fueron colectados a través dos técnicas: electropesca y captura comercial mediante redes agalleras. El primer muestreo se realizó del 12 al 16 de febrero con electropesca en seis sitios distribuidos a lo largo de la orilla del lago (Figura 4). Para la recolección de los peces se usó un aparato de pesca eléctrica portátil (Martín Pescador III (Acuitec S.A.), motor Honda 4 tiempos GXH50, montado en mochila, voltaje 180-300-600V) con el que se realizaron transectos en distintos puntos del lago. En este estudio se han muestreado los puntos durante tiempos comprendidos entre 20 y 40 minutos, de tal manera que los resultados obtenidos se pueden considerar relativos a una unidad de tiempo (una hora), y podrán ser comparados en análisis posteriores del mismo tipo.

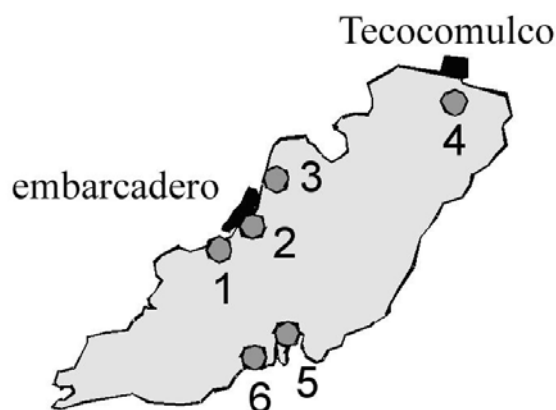


Figura 4. Sitios de colecta en el Lago de Tecocomulco; 1=Chinampas, 2= embarcadero 3=casa de Sr. Epifanio, 4=Tecocomulco, 5=Porción sur 6=Porción sur - canal.

La descarga eléctrica que se emite actúa en un área de 5 m a la redonda, aturdiendo a los peces de tal manera que sus músculos se paralizan y flotan en la superficie. Cabe mencionar, que el muestreo con electropesca se realizó con ayuda del Dr. Rafael Miranda y el Dr. David Galicia como parte de una colaboración entre la UAEH y la Universidad de Navarra, España. Así mismo

de los 6 sitios de colecta únicamente se registró la presencia de *Chirostoma jordani* en el embarcadero y en la porción sur del lago en el canal.

El segundo muestreo se realizó el 26 y 27 marzo de 2007, a través de la pesca comercial para lo cual los pescadores utilizaron redes agalleras con luces de diferentes diámetros de malla de acuerdo a la NOM-050-PESC-2004, los charales quedaron atrapados en las luces de malla de aproximadamente dos centímetros de diámetro, los peces fueron retirados de la red en forma manual y se colocaron en cubetas. Posteriormente los peces fueron fijados *in situ* en alcohol al 70% y se mantuvieron en refrigeración para su posterior revisión.

9.2 Trabajo de laboratorio

Se realizaron exámenes helmintológicos interno y externo con ayuda de un microscopio estereoscópico a cada uno de los hospederos. En el examen externo se revisó la superficie del cuerpo, aletas, ojos y cavidades corporales (boca, opérculos, cloaca, etc.). El examen interno consistió en la revisión de la cavidad del cuerpo, mesenterio, vísceras, vejiga natatoria, cerebro e hígado. Para esto se realizó una incisión ventral en plano sagital para obtener las vísceras, los órganos obtenidos se separaron y colocaron en cajas de petri con una solución salina al 0.7%, fueron desgarrados con ayuda de agujas de disección durante su revisión. Los helmintos encontrados fueron recolectados con ayuda de pinceles finos, se cuantificaron y se colocaron en cajas petri con solución salina al 0.7 %.

9.2.1 Preparación de helmintos parásitos

El material helmintológico obtenido se fijo con líquido de AFA (ácido acético glacial 10%, formol 10% y alcohol 80%) durante 8 a 12 horas, posteriormente se guardaron en frascos homeopáticos con alcohol al 70% etiquetados debidamente de acuerdo a lo recomendado por

Pritchard y Kruse (1982). Los helmintos fueron teñidos con Hematoxilina de Mayer's Carmalum. Los ejemplares se aplanaron, se colocaron entre porta y cubre objetos durante su aclaración con salicilato y se elaboraron preparaciones permanentes montadas en bálsamo de Canadá.

9.2.2 Identificación Taxonómica

Se llevó a cabo la identificación taxonómica de los ejemplares utilizando claves taxonómicas y literatura especializada (Yamaguti, 1971; Hoffman y Williams, 1999; Vidal-Martínez *et al.*, 2001), los dibujos fueron hechos con ayuda del microscopio óptico y la cámara clara. Los ejemplares utilizados durante este estudio se depositaron en la Colección de Helmintos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (CHE-UAEH).

Con el fin de garantizar que se registró la totalidad de las especies de helmintos parásitos de *Chirostoma jordani*, se realizó una gráfica de acumulación de especies. La cual consiste colocar en el eje de las "X" el número de hospederos revisados y en el eje de las "Y" el número de especies de helmintos reportadas.

9.2.3 Caracterización de la infección

La caracterización de la infección de cada una de las especies de helmintos de *Chirostoma jordani*, se realizó mediante los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia, intensidad promedio e intervalo de intensidad, que Margolis *et al.*, (1982) y Bush *et al.*, (1997) definen de la siguiente manera:

Prevalencia: Número de individuos de una especie particular de hospedero, parasitado por una especie particular de parásito, dividido entre el número de hospederos examinados, expresando el resultado en porcentaje.

Abundancia: Número de individuos de una especie particular de parásito, en una especie particular de hospedero, dividido entre el número total de hospederos examinados.

Intensidad Promedio: Número total de individuos de una especie particular de parásito dividido entre el número de hospederos infectados.

Intervalo de Intensidad: Números mínimo y máximo de individuos de una especie particular de parásitos, en la muestra examinada de hospederos de una especie en particular.

10. Resultados

De los 69 ejemplares de *Chirostoma jordani* examinados durante la realización de este estudio, se registró un total de cinco especies de helmintos (Cuadro II), de las cuales cuatro son digéneos y una especie de céstodo, predominando las infecciones del sistema nervioso, ya que el 60 % de las especies se registraron en el cerebro.

Así mismo, *C. jordani* es hospedero intermediario para el 80 % de las especies de helmintos registradas, dada su condición de etapa larval de metacercaria. Mientras que para el céstodo *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934, el cual completa su ciclo de vida en *C. jordani*, el pez actúa como hospedero definitivo.

Cuadro II. Helmintos parásitos de *Chirostoma jordani* Woolman 1894, del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

ORDEN	ESPECIE	HÁBITAT
Digenea	<i>Diplostomum</i> sp.	Cerebro/Mesenterio
Digenea	<i>Posthodiplostomum</i> sp.	Mesenterio
Digenea	Proterodiplostomatidae gen. sp.	Cerebro
Digenea	Echinostomatidae gen. sp.	Cerebro
Eucestoda	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Intestino Grueso

Los resultados que se presentan a continuación están divididos en dos secciones: en la primera parte (ver página 28) se presenta la redescrición taxonómica de cada una de las especies de helmintos recolectadas y un breve comentario taxonómico. En la segunda sección (ver página 46) se presentan la caracterización de la infección de cada una de las especies de helmintos recolectadas, con base en los parámetros ecológicos propuestos por Bush *et al.*, (1997).

10.1 Caracterizaciones Taxonómicas

Phyllum Platyhelminthes Gagenbaur, 1859

Clase Trematoda Rudolphi, 1808

Superorden Anepitheliocystidia La Rue, 1957

Orden Strigeatoidea La Rue, 1957

Familia Diplostomatidae Poirier, 1888

Subfamilia Diplostomatinae Monticella, 1888

Tribu Diplostomatini Dubois, 1936

Diplostomum von Nordmann, 1932

Clasificación según Yamaguti, 1971

(Figura 5)

Los digéneos del género *Diplostomum* se caracterizan por ser de color blanquecino, de cuerpo lingüiforme dividido en dos segmentos, el segmento posterior presenta una pequeña prominencia cónica. La superficie ventral del cuerpo es ligeramente cóncava. La ventosa oral está situada en el extremo anterior del cuerpo, es pequeña y casi circular. Pueden o no presentar pseudoventosas. El acetábulo se localiza en posición ventral, en el tercio posterior del segmento anterior del cuerpo, es de forma circular. El órgano tribocítico está situado en la parte terminal del segmento anterior del cuerpo, sobre la superficie ventral, en una ligera concavidad, es de forma oval y presenta una hendidura longitudinal muy marcada.

El aparato digestivo comienza en la ventosa oral donde se abre la boca, continúa con una prefaringe que desemboca en una faringe musculosa, el esófago se extiende hasta donde se inicia la bifurcación cecal. Los ciegos intestinales se extienden a lo largo del cuerpo paralelos al eje antero-posterior, rodean el órgano tribocítico y terminan inmediatamente después de éste. En esta etapa del desarrollo del organismo, los aparatos reproductores están constituidos por una masa celular (Yamaguti, 1971; Osorio-Sarabia *et al.*, 1986, Vidal-Martínez *et al.*, 2001)

En los ejemplares colectados de cerebro y mesenterio de *C. jordani*, se observaron las siguientes características que coinciden con la descripción del género *Diplostomum* (ver figura

5). Cuerpo alargado y linguiforme, de color blanquecino, ventosa oral terminal en la parte anterior del cuerpo, de forma ovalada, seguida por un faringe musculosa y un esófago delgado y largo, a partir del cual se bifurcan los ciegos intestinales, éstos corren paralelos a lo largo del cuerpo hasta la región posterior y terminan después del órgano tribocítico. No presenta pseudoventosas. El acetábulo se localiza en la parte posterior de la región media del cuerpo y es de forma circular y musculoso. El órgano tribocítico está situado en la parte posterior del cuerpo cerca del acetábulo, es de forma ovalada y presenta una hendidura longitudinal característica.

Comentario taxonómico

Hábitat: Cerebro y Mesenterio

Número de CHE-UAEH: P00046 y P00047

El género *Diplostomum* en estado adulto fue descrito por primera vez por Nordmann en 1832 y en estado larval (metacercaria) en 1929 por Hughes. Los adultos se han reportado principalmente como parásitos de aves piscívoras de los géneros *Rissa* Stephens, 1826, *Tringa* Linnaeus, 1758, *Sterna* Linnaeus, 1758, *Circus* Linnaeus, 1758, *Buteo* Linnaeus, 1758, *Botaurus* Stephens, 1819, *Colymbus* Linnaeus, 1758, *Mergus* Linnaeus, 1758, *Phalacrocorax* Brisson, 1760, *Alca* Linnaeus, 1758, *Sula* Brisson, 1760, *Morus* Linnaeus, 1758, *Milvus* Linnaeus, 1758, *Podiceps* Latham, 1787, *Pelecanus* Linnaeus, 1758, *Ciconia* Brisson, 1760, *Chelidonias* Merriam, 1918 y *Sphenisius* Brisson, 1760, en diversas partes del mundo como Europa, África, Siberia, Asia Central, Australia y Norteamérica. Alrededor del mundo se han reportado aproximadamente 55 especies de este género, reconociéndose como especie tipo a *D. spathaceum* Rud, 1819 (Yamaguti, 1971).

Las metacercarias de *Diplostomum* son parásitos de peces dulceacuícolas aunque se han reportado algunas especies en peces marinos (Yamaguti, 1971). Este tipo de metacercarias tienen

muy baja especificidad hospedatoria por lo que parasitan a una amplia variedad especies de peces dulceacuícolas de diversos géneros tales como *Cyprinus* Linnaeus, 1758, *Carassius* Nilsson, 1832, *Salmo* Linnaeus, 1758, *Coregonus* Lacepede, 1803, *Ctenopharingodon* Steindachner, 1866, *Micropterus* Lacépède, 1802, *Nemachilus* Bleeker, 1863 y *Lepomis* Rafinesque, 1819 (Yamaguti, 1971). En México, la presencia de especies del género *Diplostomum* se ha reportado en aves de los Lagos de Cuitzeo y Pátzcuaro, Michoacán. Las metacercarias se han registrado en peces dulceacuícolas de los géneros *Cichlasoma* Swainson, 1839, *Oreochromis* Günther, 1889, *Parachromis* Agassiz, 1859, *Petenia* Günther, 1862, *Thorichthys* Meek, 1904, *Vieja* Fernández-Yépez, 1969 y *Chirostoma*, de diversos embalses en los estados de Campeche, Yucatán, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Michoacán, Oaxaca, Jalisco, San Luis Potosí e Hidalgo, estos peces actúan como segundos hospederos intermediarios (Vidal-Martínez *et al.*, 2001; Salgado-Maldonado, 2006). En *Chirostoma jordani* se ha registrado la presencia de metacercarias de *Diplostomum* en el lago de Cuitzeo, Michoacán y las presas Las Biznagas, Las Adjuntas e Ignacio Allende, en Guanajuato (Yamaguti, 1971; Osorio-Sarabia *et al.*, 1986; Salgado-Maldonado, 2006). El hallazgo de *Diplostomum* sp. en el lago de Tecocomulco constituye el registro de una nueva localidad para este parásito en el estado de Hidalgo.

Como se ha mencionado antes, las metacercarias de *Diplostomum* sp. se recolectaron en dos sitios del hospedero: en líquido cefalorraquídeo, libres entre los lóbulos cerebrales, y en mesenterio que de la misma manera se encontraban libres sobre el tejido. Cabe mencionar que se contempla la posibilidad de que las metacercarias recolectadas de cerebro y mesenterio sean especies distintas de *Diplostomum* por lo que, en la segunda parte de los resultados, el cálculo de los parámetros ecológicos se realiza por separado; sin embargo, no se puede asegurar que sean

dos especies puesto que la morfología es muy similar y la identificación taxonómica a nivel de especies se realiza con base en las formas adultas.

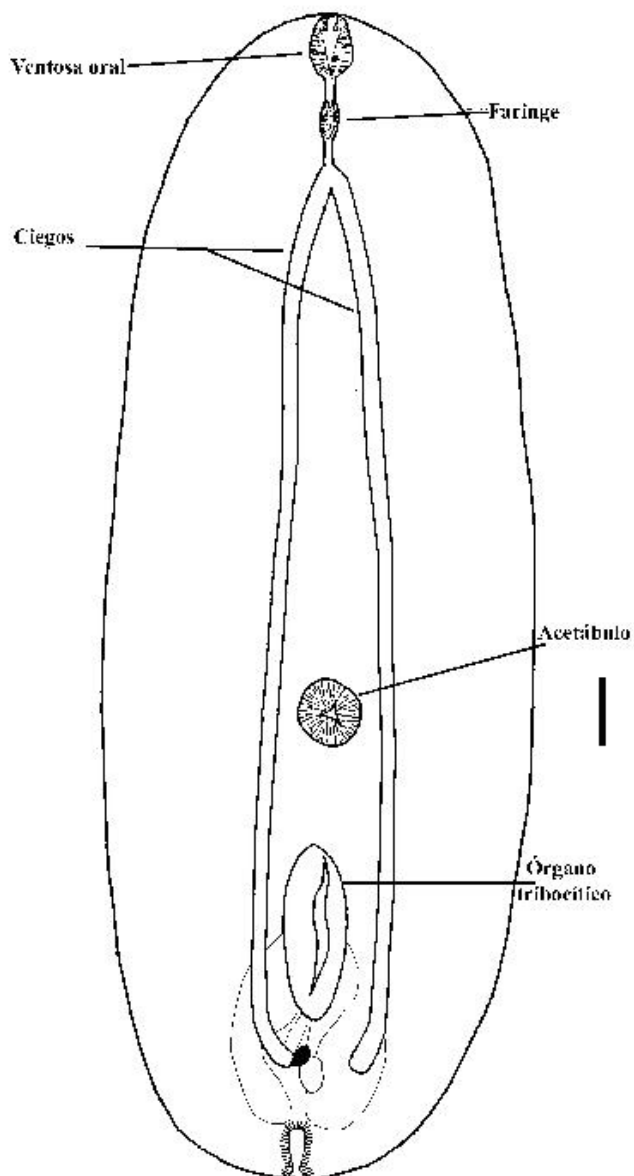


Figura 5. Vista ventral de la metacercaria de *Diplostomum* sp. colectada del mesenterio de *Chirostoma jordani* del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-262-01-01. Escala 0.123 mm

Posthodiplostomum Dubois, 1936
Clasificación según Yamaguti, 1971
(Figura 6)

El género *Posthodiplostomum* se caracteriza por presentar un cuerpo dividido en dos segmentos bien definidos. El segmento anterior es foliáceo y más grande que el posterior, es alargado, con los bordes laterales curvados ventralmente, la superficie dorsal es convexa y pueden o no tener pseudoventosas. En el límite entre el segmento anterior y posterior se forma una cavidad donde se encuentra el acetábulo y el órgano tribocítico característico de los estrigeidos. El segmento posterior del cuerpo varía de forma, de cónica a casi esferoidal y contiene los esbozos genitales y la bolsa copulatriz invaginada.

La ventosa oral se encuentra en el extremo anterior del cuerpo, en una ligera depresión y es de forma casi circular. El acetábulo es ligeramente más grande que la ventosa oral, se localiza cerca del órgano tribocítico y anterior a éste, es de forma circular. El órgano tribocítico es de forma circular a elíptica, con una hendidura media longitudinal muy marcada, se encuentra situado en la parte ventral del cuerpo, en la parte posterior del segmento anterior, muy cerca de la constricción del cuerpo. Asociadas al borde anterior del órgano tribocítico, se encuentran un par de glándulas proteolíticas muy voluminosas y de forma redondeada. El aparato digestivo comprende la boca que se abre en medio de la ventosa oral, una faringe pequeña y alargada que se continúa con un esófago muy corto a partir del cuál se bifurcan dos ciegos; los ciegos corren paralelos a lo largo del cuerpo, rodean al órgano tribocítico, terminan en el segmento posterior a los lados de la bolsa copulatriz. Los aparatos reproductores masculino y femenino se ubican en el segmento posterior del cuerpo. Las vitelógenas son foliculares y se disponen en los dos segmentos del cuerpo, desde el borde anterior del acetábulo, hasta el borde posterior del aparato reproductor masculino. La bolsa copulatriz es evaginable, está constituida típicamente por dos repliegues de las paredes que lo forman. El poro genital se abre en el extremo terminal del

segmento posterior del cuerpo (Yamaguti, 1971; Osorio-Sarabia *et al.*, 1986, Vidal-Martínez *et al.*, 2001).

Los ejemplares colectados de *C. jordani* se encontraron enquistados (figura 6), por lo que no es posible observar todas las estructuras características del género. Únicamente se observa que el cuerpo presenta una constricción que da origen a dos porciones: una anterior y otra posterior; la ventosa oral situada en el extremo anterior del cuerpo, de forma circular; un esófago corto a partir del cual se bifurcan los ciegos intestinales. Los ciegos se extienden a lo largo del cuerpo hasta el segmento posterior. En la intersección entre los segmentos anterior y posterior del cuerpo se observan algunas estructuras; por el grado de inmadurez y por la membrana del quiste no se logró identificar de que estructura se trata.

Comentario taxonómico

Hábitat: Mesenterio

Número de CHE-UAEH: P00048

La forma larval de metacercaria de *Posthodiplostomum* fue descrita por Hughes en 1928 y se ha reportado en distintas especies de peces. Hoffman en 1958, realizó una revisión del género, desde entonces la metacercaria se ha reportado por varios autores como Alexander, (1960); J. D. Anthony, (1963); Baldauf, (1958); Bangham y Adams, (1954); Bogitsh, (1962 y 1963); Colley y Olson, (1963); entre otros (Hoffman y Williams, 1999).

Posthodiplostomum, en estado adulto es un digéneo, parásito de aves ictiófagas. Palmieri en 1976, registró a 17 especies de aves infectadas naturalmente con este tipo de parásito. En México se ha registrado en *Egretta thula* (Molina), *Casmerodius albus* Linnaeus, 1758 y *Nycticorax nycticorax* Linnaeus, 1758 de Michoacán, Tabasco y Yucatán (Lamothe-Argumedo y Pérez-Ponce de León, 1986). La especie tipo es *Posthodiplostomum cuticola* Nordman, 1832,

parásita de *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758, *A. purpurea* Linnaeus, 1766, *Ardeola ralloides* Scopoli, 1769, *Egretta garzetta* Linnaeus, 1766 y *Nycticorax nycticorax* de Europa y Siberia y de *Ardeola grayii* Sykes, 1832, en la India. Yamaguti (1971) reportó 23 especies diferentes del género *Posthodiplostomum*.

Las metacercaria de este género son parásitas de peces, generalmente dulceacuícolas, se han colectado ejemplares de piel, aletas, branquias, musculatura superficial, mucosa bucal, córnea, entre otros sitios (Yamaguti, 1971). En México, se ha reportado su presencia en diferentes especies de peces de los géneros *Cichlasoma*, *Herichthys* y *Petenia*, en diferentes cuerpos de agua de los estados de Campeche, Chiapas, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán (Vidal-Martínez *et al.*, 2001, Zarate-Ramírez, 2003 y Monks *et al.*, 2005).

En este estudio, los digéneos se encontraron enquistados en el mesenterio, no hay una penetración aparente en el tejido, el quiste es delgado transparente y en forma elíptica. Al igual que los adultos, las metacercarias presentan una constricción que nace de la superficie dorsal del cuerpo y lo divide en dos regiones bien definidas.

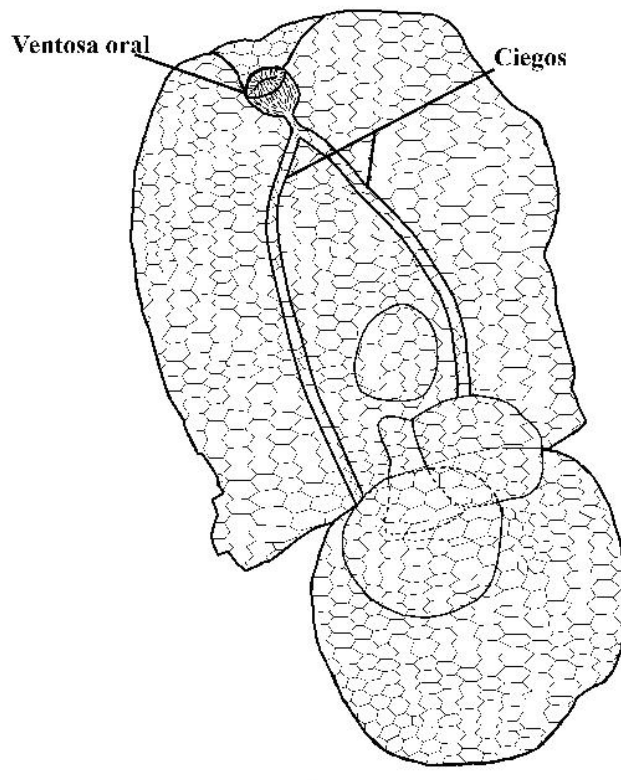


Figura 6. Vista ventral de un quiste de *Posthodiplostomum* sp. colectado del mesenterio de *C. jordani* del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-332-01-01. Escala 0.370 mm.

Familia Proterodiplostomatidae Dubois, 1936

Proterodiplostomatidae gen. sp.
Clasificación según Yamaguti, 1971
(Figura 7)

La familia Proteodiplostomidae, se caracteriza por presentar el cuerpo dividido en dos regiones más o menos distintas; la región anterior del cuerpo es usualmente aplanada, con o sin pseudoventosas. La parte media del cuerpo es cilíndrica a claviforme o cónica, puede estar provista dorsalmente de una cápsula o una serie longitudinal de ventosas. El órgano tribocítico varía de tamaño y puede o no tener papilas. La ventosa oral es pequeña y va seguida directamente por la faringe. El esófago es delgado; los ciegos pueden o no extenderse hasta el extremo posterior del cuerpo. El acetábulo es pequeño, se localiza generalmente en la parte media del cuerpo (Yamaguti, 1971, Vidal-Martínez *et al.*, 2001).

En el ejemplar recolectado (Figura 7) en *C. jordani* se reconocen algunas estructuras diagnósticas de la familia Proterodiplostomatidae como son el cuerpo alargado y de forma cónica, la ventosa oral se localiza en el extremo anterior del cuerpo y se continua directamente por la faringe musculosa. El esófago es corto y de éste se bifurca el ciego intestinal, el cual esta cerrado (ciclocele) y corre a lo largo del cuerpo y rodea el órgano tribocítico. El acetábulo es ligeramente postecuatorial y más grande que la ventosa oral. El órgano tribocítico es casi circular, se ubica muy cerca del extremo posterior del cuerpo, no presenta hendidura media. Los órganos reproductores en esta etapa del ciclo de vida se encuentran pobremente diferenciados.

Comentario taxonómico

Hábitat: Cerebro

Número de CHE-UAEH: P00054

Los digéneos adultos de la familia Proterodiplostomatidae, son parásitos exclusivamente de reptiles, principalmente cocodrilos, tortugas y algunas serpientes; Dubois describió la familia Proterodiplostomatidae en 1936, en la cual se incluyen cuatro subfamilias, que son Ophiodiplostominae Dubois, 1936, Proterodiplostominae Dubois, 1936, Polycotylineae Monticelli, 1888 y Massoprostatinae Dubois, 1936 las cuales se diferencian por presencia o ausencia de un órgano tribocítico y distribución del las glándulas vitelógenas (Yamaguti, 1958). La subfamilia Proterodiplostominae, incluyen siete géneros cuyas especies son parásitos de cocodrilos y únicamente el género *Proterodiplostomum* (Dubois, 1936) ocasionalmente es parásito de serpientes. La subfamilia Ophiodiplostominae, incluye tres géneros todos parásitos de serpientes, mientras que las subfamilias Polycotylineae y Massoprostatinae incluyen un solo género cada una y son parásitos de cocodrilos (Yamaguti, 1958).

Esta metacercaria fue colectada entre los lóbulos cerebrales de *C. jordani*, no se encontró enquistada, y aparentemente no había penetración en el tejido del hospedero. La identificación taxonómica del ejemplar únicamente se realizó a nivel de familia, debido a que la identificación a nivel de especie se realiza con base en caracteres de los adultos.

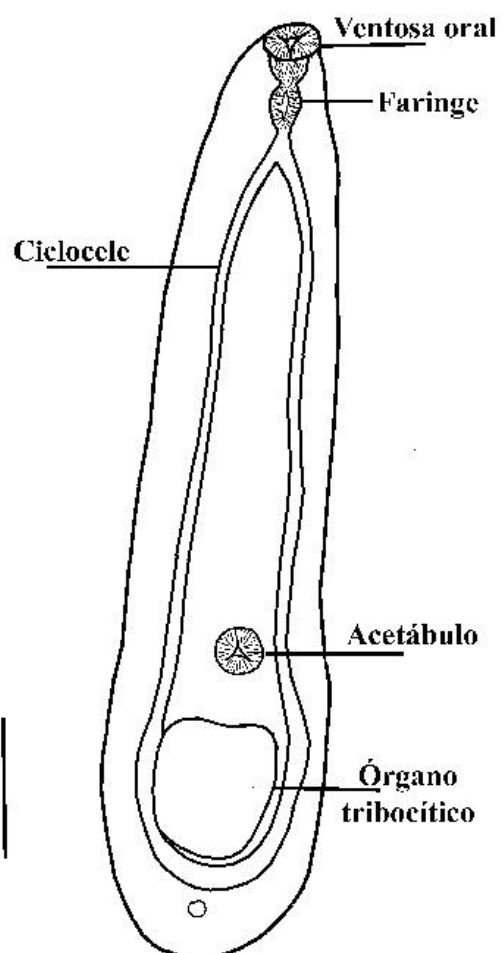


Figura 7. Vista ventral de la metacercaria de la familia Proterodiplostomatidae colectada en cerebro de *C. jordani* del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-273-02-01. Escala 0.133 mm

Orden Echinostomida La Rue, 1957
Suborden Echinostomata Szidat, 1939
Familia Echinostomatidae Poche, 1926

Echinostomatidae gen. sp.
Clasificación según Yamaguti, 1971
(Figura 8)

La familia Echinostomatidae se caracteriza por presentar un cuerpo alargado, usualmente presentan un collar cefálico con una corona de espinas simple o doble, la cutícula generalmente presenta espinas o escamas. La ventosa oral es terminal o subterminal, de forma circular u ovalada transversalmente, la faringe y el esófago están presentes. El ciego intestinal es bifurcado y se extiende hasta el extremo posterior del cuerpo. El acetábulo generalmente es postecuatorial y está bien desarrollado, situado en la parte media del cuerpo (Yamaguti, 1971).

En el ejemplar de la metacercaria (Figura 8) recolectada del cerebro de *C. jordani* como parte de este estudio, se observan algunas estructuras características de la familia Echinostomatidae como son: la corona de espinas o collar cefálico que rodea a la ventosa oral, ventosa oral subterminal en el extremo anterior del cuerpo, faringe musculosa, esófago corto seguido de la bifurcación cecal, los ciegos corren paralelos y se extienden hasta el extremo posterior del cuerpo. El acetábulo es circular y se localiza en la parte media del cuerpo. En el extremo posterior del cuerpo se observa una zona teñida de color rosa brillante, probablemente se trata de esbozos de los órganos reproductores en un estado inmaduro.

Comentario taxonómico

Hábitat: Cerebro

Número de CHE-UAEH: P00049

Los digéneos de la familia Echinostomatidae, en estado adulto son parásitos del intestino, la bursa de Fabricii y los conductos biliares, muy excepcionalmente útero y riñones de reptiles,

aves y mamíferos. La familia está integrada por diez subfamilias. Particularmente, en la subfamilia Echinostomatinae (Looss, 1899) se incluyen 19 géneros parásitos de aves, mamíferos y reptiles. En la subfamilia Chaunocephalinae (Travassos, 1922) se incluye un solo género y una especie, parásita de aves. La subfamilia Echinochasmae comprende seis géneros, parásitos de aves, reptiles y mamíferos. Himasthlineae (Odhner, 1910) incluye nueve géneros y son parásitos de aves, mamíferos y ocasionalmente de peces. La subfamilia Pelmatostominae (Yamaguti, 1958) tiene un solo género parásito de aves. La subfamilia Saakotrematinae (Skarjabin y Bashkiriva, 1956) incluye un solo género y una especie parásita de intestino, recto y bursa de fabricii de aves. En las subfamilias Sodalinae (Skarjabin y Schulz, 1937), Mehrastominae (Saksena, 1959), Ignaviinae (Yamaguti, 1958) y Pegosominae (Mendheim, 1940) solo existe un género y son parásitos principalmente de aves.

La metacercaria encontrada en *C. jordani* se recolectó en cerebro, no se encontró quiste ni se observó penetración en el tejido del hospedero. Estos ejemplares fueron incluidos en esta familia por presentar una corona de pequeñas espinas rodeando la ventosa oral. Esta metacercaria, pueden estar cerrando su ciclo de vida en cualquiera de la especies de aves registradas para el lago de Tecocomulco.

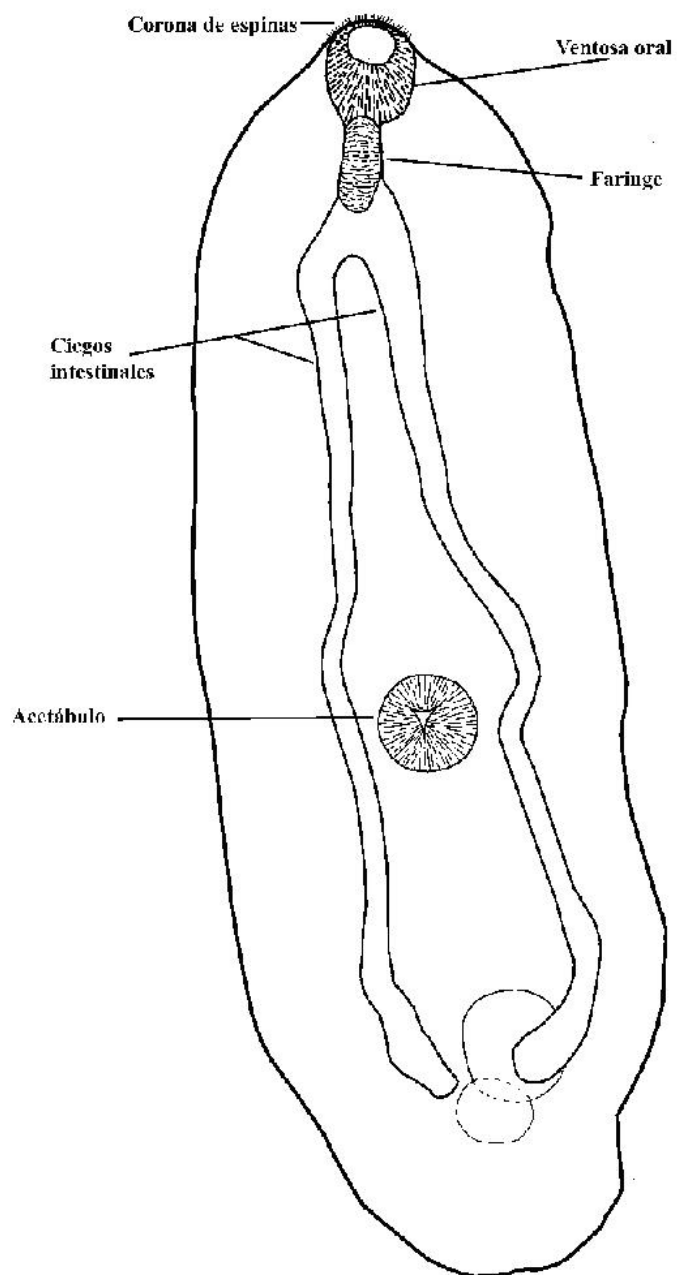


Figura 8. Vista ventral de la metacercaria de la familia Echinostomatidae colectada en cerebro de *C. jordani* del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-271-01-01. Escala 0.033 mm.

Clase Cestoda (Rudolphi, 1908) Carus, 1885
Subclase Eucestoda Southwee, 1930
Orden Pseudophyllidae Carus 1863
Familia Bothriocephalidae Blanchard, 1849
Género *Bothriocephalus* Rudolphi, 1808

Bothriocephalus acheilognathi Yamaguti, 1934
Clasificación según Yamaguti, 1971
(Figura 9)

El cestodo *Bothriocephalus acheilognathi* se caracteriza por presentar un color blanco-amarillento, su escólex es muy flexible y adopta formas que van desde prismática común en el género, hasta la forma de corazón característica de la especie. El escólex se conecta directamente al estróbilo, no existe un cuello. El estróbilo está bien definido y en la parte posterior, específicamente en el último proglótido, presenta una terminación digitiforme que solo se observa en ejemplares completos.

El escólex está constituido por dos botrios, uno dorsal y uno ventral, lateralmente se observa en forma de corazón; dorsoventral presenta forma rectangular, en ocasiones es más ancho en la parte basal por lo que adopta una forma trapezoidal.

El estróbilo se sitúa inmediatamente después del escólex. Está constituido por numerosos proglótidos en diferentes etapas de desarrollo; la segmentación es completa y bien marcada a lo largo del estróbilo. Los proglótidos son ligeramente más anchos que largos. El aparato reproductor masculino está formado por numerosos testículos de forma esférica, de mayor tamaño que los folículos vitelinos, su número oscila entre 35 y 107 por proglótido. El conducto deferente presenta varias sinuosidades, está situado en la línea media dorsal de cada segmento y desemboca en la bolsa del cirro. La bolsa del cirro se localiza en la parte media de cada segmento, está ligeramente desplazada en dirección contraria del conducto uterino, contiene al conducto eyaculador y desemboca en el poro genital. El aparato reproductor femenino está representado por un ovario alargado ubicado en la parte media de cada proglótido. El oviducto es

de apariencia globosa y se continúa con la vagina, la cual desemboca en el poro genital, frente a la bolsa del cirro. El conducto uterino desemboca en el saco uterino, ambos se ubican en la línea media del proglótido, se comunican con el poro uterino, el cual se abre en la superficie ventral cerca del borde anterior del proglótido. Las glándulas vitelógenas son foliculares, están dispuestas en bandas laterales intercaladas con los testículos. Los huevos son de forma oval, con opérculo y con cáscara delgada (Osorio-Sarabia *et al.*, 1986).

Como parte de este estudio, de los intestinos de *C. jordani*, se recolectaron dos ejemplares de *Bothriocephalus acheiognathi* los cuales se identificaron por la forma típica del escólex (Figura 9), las estructuras del aparato reproductor en los proglótidos no fueron identificadas debido al grado de inmadurez y al mal estado en que se encontraron los mismos.

Comentario taxonómico

Hábitat: Intestino grueso

Número de CHE-UAEH: P00050

Este céstodo fue descrito por Yamaguti en 1934, es endémico de Japón y el Río Amur en China. Se dispersó al resto del mundo mediante la introducción de carpas y otros peces herbívoros a centros piscícolas de diversos países. En México, la presencia de *B. acheiognathi*, es resultado de la introducción de *Ctenopharyngodon idella* la “carpa herbívora”, al centro piscícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo. A partir de entonces con la distribución de las carpas, se ha diseminando la botriocefalosis en todo el país (Salgado-Maldonado *et al.*, 1986).

El primer registro de *B. acheiognathi* en México, fue realizado por López-Jiménez en 1981, en la carpa herbívora (*C. idella*) de la piscifactoría de Tezontepec, Hidalgo. En 1982, Osorio-Sarabia lo registró en la presa “El Infiernillo” en Michoacán; sin embargo, no solo lo

registró para *C. idella* sino también en *Melaniris balsanus* Meek, 1902, un aterínido nativo de la cuenca del río Balsas (Salgado-Maldonado *et al.*, 1986).

En la actualidad, se ha reportado la presencia de *B. acheilognathi* en 49 especies de peces de 26 géneros, 7 familias y 5 órdenes (Sánchez-Nava *et al.*, 2004). La presencia de este céstodo en varios estados de la república, no solo se registra en ciprínidos, también se reporta para silúridos, poecílidos, acipenséridos, aterínidos y otros peces (Osorio-Sarabia *et al.*, 1986). La baja especificidad hospedatoria, la abundancia y el amplio rango de distribución del parásito y sus hospederos intermediarios (copépodos) representan una amenaza de gran importancia para la acuicultura en nuestro país (Salgado-Maldonado *et al.*, 1986).

En el estado de Hidalgo se le ha registrado en la laguna de Metztitlán en las especies exóticas: *Abramis brama* Linnaeus, 1758, *Cyprinus carpio carpio* Linnaeus, 1758, y en especies nativas: *Astyanax mexicanus* (De Filippi, 1853), *Chirostoma jordani*, *Herichthys labridens* (Pellegrin, 1903) y *Poeciliopsis gracilis* Heckel, 1848 (Monks *et al.*, 2005).

En la actualidad, no hay datos sobre la patogenicidad de este céstodo para los cíclidos, pero en México se ha reportado que causa graves daños a otras especies dulceacuícolas, tanto nativos como introducidos. Las infecciones en las crías resultan mortales por la obstrucción del intestino (Vidal-Martínez *et al.*, 2001).

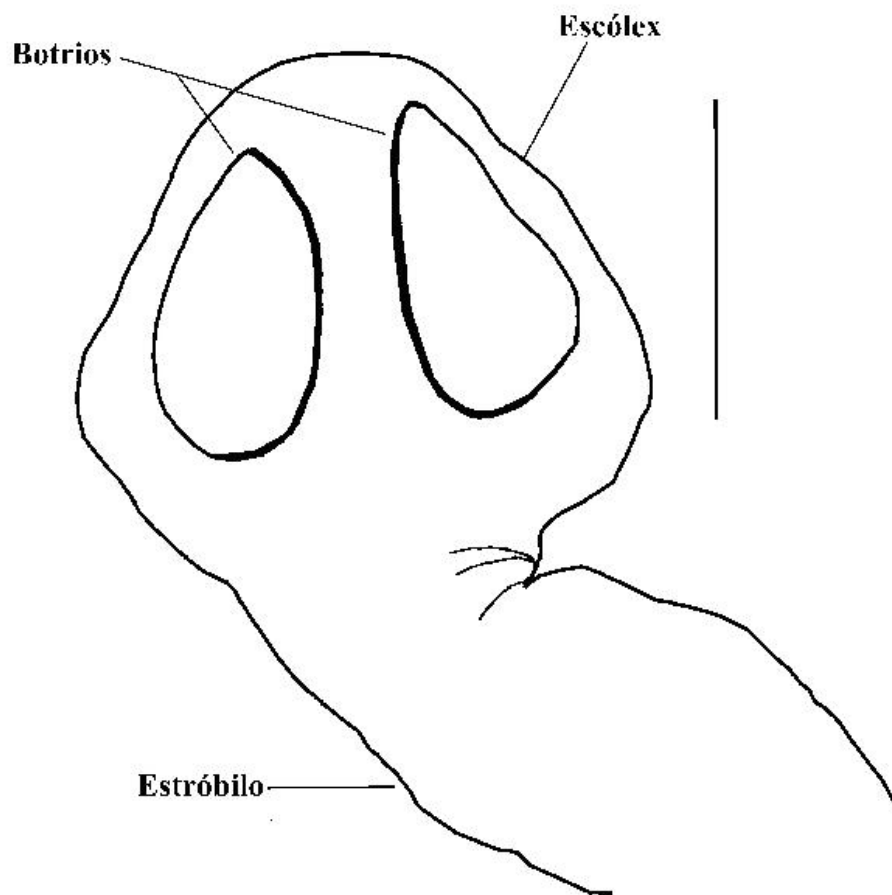


Figura 9. Vista dorsal del escólex de *Bothriocephalus acheilognathi* colectado del intestino grueso de *C. jordani* del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Ejemplar HGO-07-283-01-01. Escala 0.288 mm.

10.2 Caracterización de las helmintiasis

A continuación se presenta la caracterización de cada una de la helmintiasis de *Chirostoma jordani* del lago de Tecocomulco, de acuerdo a los parámetros de prevalencia, abundancia, intensidad promedio e intervalo de intensidad (Cuadro III). La especie de helminto que se registró con los valores más altos de prevalencia y abundancia fue *Diplostomum* sp., parasitando al 20.28% de hospederos en el cerebro, con 1.01 parásitos por hospedero revisado y 18.84% de hospederos en el mesenterio con un promedio de 0.86 de gusanos por hospedero revisado; en orden decreciente le sigue *Posthodiplostomum* sp. y *Bothriocephalus acheilognathi*, las otras dos especies de helmintos registrados en *C. jordani* (Proterodiplostomatidae y Echinostomatidae) exhibieron valores muy bajos debido a que solo se encontró un ejemplar de cada una de estas especies, registrando una prevalencia de 1.44 y una abundancia de 0.014.

Cuadro III. Caracterización de la helmintiasis en *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 del lago de Tecocomulco, Hidalgo.

Especie	H. P.	P %	AB	I. P.	I. I.
<i>Diplostomum</i> sp. (mesenterio)	13	18.84	0.86	4.61	1-21
<i>Diplostomum</i> sp. (cerebro)	14	20.28	1.01	5	1-15
<i>Posthodiplostomum</i> sp.	3	4.34	0.08	2	1-3
Proterodiplostomatidae gen sp.	1	1.44	0.014	1	1
Echinostomatidae gen sp.	1	1.44	0.014	1	1
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	2	2.89	0.028	1	1

n= 69 hospederos de *C. jordani* examinados

H.P.= Hospederos parasitados; P= Prevalencia; AB= Abundancia; I.P.= Intensidad promedio; I.I.= Intervalo de intensidad

Con base en el registro de las especies de helmintos parásitas de *Chirostoma jordani*, cabe mencionar que el cerebro es el hábitat preferencial por estas especies de helmintos, que en su conjunto producen cambios de comportamiento sobretodo en la forma de nado de los peces. La helmintiasis más importante por sus valores de prevalencia y abundancia es producida por *Diplostomum* sp. que genera cambios en el comportamiento de los peces como el nado errático, que los hace más susceptibles de ser depredados por aves ictiófagas, en las cuales *Diplostomum* cierra su ciclo de vida alcanzando la madurez sexual en el intestino de las aves.

Con los datos de los hospederos revisados se construyó una gráfica de acumulación de especies (figura 10) para asegurar que se revisó el número de hospederos necesario para coleccionar todas las especies de helmintos parásitas de *C. jordani*.

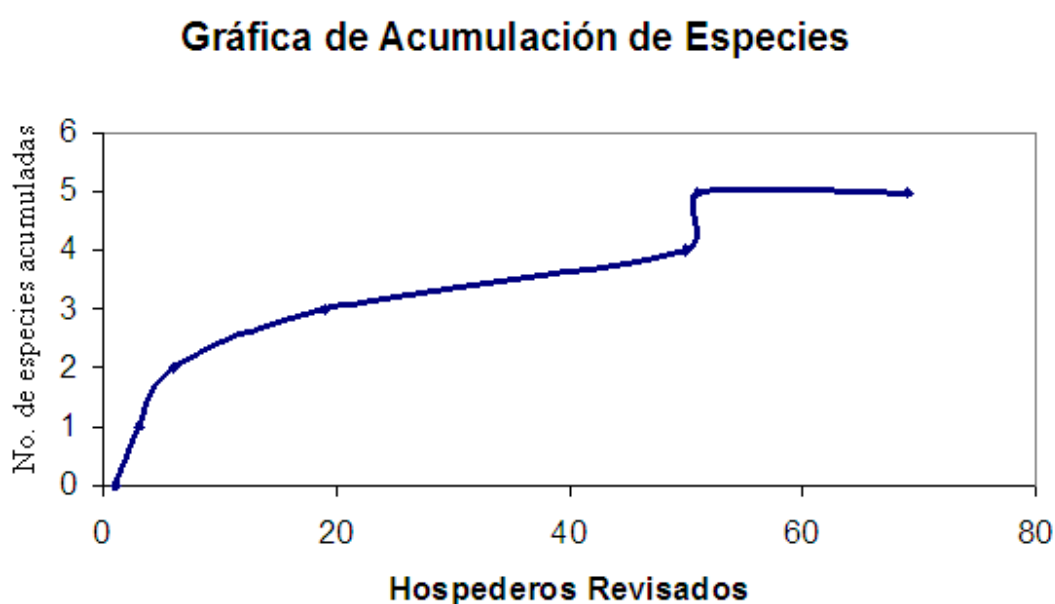


Figura 10. Gráfica de acumulación de especies de helmintos de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

11. Discusión

El objetivo principal de este trabajo fue conocer la helmintofauna parásita de *Chirostoma jordani* en el lago de Tecocomulco, la cual está compuesta por cinco especies de helmintos: cuatro digéneos en estado larval de metacercaria y un céstodo en estado adulto. Los parásitos fueron colectados en distintos sitios del hospedero, Proterodiplostomatidae y Echinostomatidae se colectaron de cerebro, *Posthodiplostomum* sp. se colectó de mesenterio y el céstodo *Bothriocephalus acheilognathi* se colectó del intestino grueso. Por su parte, *Diplostomum* sp. fue la única especie de helminto que se colectó de dos sitios: cerebro y mesenterio.

Las especies de helmintos recolectadas no se identificaron taxonómicamente hasta el nivel de especie, con excepción del céstodo *Bothriocephalus acheilognathi*, porque la identificación de estos organismos se realiza con base en caracteres morfológicos y reproductores de las formas adultas. Debido a que los ejemplares colectados son formas larvarias en etapa de metacercaria, no han desarrollado dichas estructuras. Sin embargo, fue posible identificar dos de las metacercarias recolectadas hasta el nivel de género (*Diplostomum* sp. y *Posthodiplostomum* sp.), porque en dichos ejemplares se observaron caracteres diagnósticos de cada uno de estos géneros. Las otras dos formas larvarias únicamente se identificaron hasta nivel de familia, una de ellas corresponde a la familia Echinostomatidae que se caracteriza por presentar una corona de espinas rodeando a la ventosa oral, característica observada en nuestro ejemplar; la otra forma larvaria se identificó como Proterodiplostomatidae por presentar un ciclocele, además de la forma del cuerpo aplanado en la parte anterior y claviforme en la parte posterior, características diagnósticas para esta familia.

Con la finalidad de verificar que se registró la totalidad de especies de helmintos parásitos de *Chirostoma jordani* en la localidad de estudio, se realizó una gráfica de acumulación de especies de helmintos en dicha especie de hospedero, la cual indicó claramente que al haber

revisado 69 ejemplares de *C. jordani* fue suficiente para registrar a la totalidad de especies de helmintos debido a que los valores alcanzaron una asíntota, que es una línea recta que se prolongada indefinidamente y es paralela al eje de las "X". Lo anterior nos permite concluir que la helmintofauna de *C. jordani* en el Lago de Tecocomulco está compuesta por cinco especies.

Desde el punto de vista helmintológico del género *Chirostoma* se han estudiado varias especies como *C. arge* (Jordan y Snyder, 1899), *C. attenuatum* Meek, 1902, *C. consocium* Jordan & Hubbs, 1919, *C. estor* Jordan, 1880, *C. grandocule* (Steindachner, 1898), *C. humboldtianum* (Valenciennes, 1835), *C. labarcae* Meek, 1902, *C. ocotlanae*, *C. riojai* Solórzano y López, 1966 y *Chirostoma* sp., de diferentes embalses de los estados de Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Querétaro y el Estado de México. Para estos hospederos se han reportado 15 especies de helmintos: cuatro digéneos (dos adultos y dos metacercarias); cinco céstodos (un adulto y cuatro metacéstodos), un acantocéfalo adulto y cinco nemátodos (dos adultos y tres larvas). *Chirostoma attenuatum* y *C. estor* albergan el mayor número de especies de helmintos con 12 y 10 especies respectivamente. Cabe mencionar que ambas especies han sido estudiadas en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, por lo que tienen en común nueve especies de helmintos. Por el contrario, *C. consocium* y *C. ocotlane*, ambos del lago de Chapala, sólo albergan una especie de helminto, *Bothriocephalus acheilognathi* (Salgado-Maldonado *et al.*, 2006).

La similitud entre la helmintofauna de *C. jordani* del lago de Tecocomulco y de poblaciones de otras especies de *Chirostoma* en otros cuerpos de agua en el territorio nacional, es poca, comparten únicamente metacercarias de los géneros *Diplostomum*, *Posthodiplostomum* y al céstodo *B. acheilognathi*.

Particularmente, para *Chirostoma jordani* se ha registrado la presencia de 18 especies helmintos en el territorio nacional, en los estados de Guanajuato, Michoacán, Estado de México, e Hidalgo (Salgado-Maldonado *et al.*, 2006). De estas entidades federativas, el estado de

Guanajuato es en el que se ha reportado el mayor número de especies (14), de las cuales únicamente el digéneo *Allocreadium mexicanum* y el céstodo *B. acheilognathi* se presentan en estado adulto, cerrando sus ciclos de vida en esta especie de charal. En los estados de Michoacán e Hidalgo únicamente se ha registrado la presencia de 2 y 3 especies de helmintos respectivamente, siendo éstas *Diplostomum* sp. y *Posthodiplostomum* sp. para Michoacán (Salgado-Maldonado, 2006), y *B. acheilognathi*, *Diplostomidae* gen. sp. y *Glossocercus* sp. para Hidalgo (Monks *et al.*, 2005). Para el Estado de México, sólo se ha reportado la presencia del céstodo *Valipora compylancristrota* (Salgado-Maldonado, 2006).

Es importante destacar que del registro helmintológico para *C. jordani* y otras especies del género, no se ha reportado ninguna especie de monogéneo. Por su parte, *Bothriocephalus acheilognathi* es una especie de céstodo compartida por las poblaciones de *C. jordani* entre los diferentes embalses estudiados en los estados de Guanajuato e Hidalgo.

Cabe mencionar que en Guanajuato y Michoacán se ha registrado la presencia de las metacercarias de *Diplostomum* sp. y *Posthodiplostomum minimum*; lo cual no es extraño debido a que se registraron en el Lago de Cuitzeo, embalse que comparten ambos estados, lo que evidencia que la distribución de las poblaciones de helmintos y hospederos no se restringen a límites geopolíticos.

En el estado de Hidalgo, Monks *et al.*, en el 2005 reportaron la presencia de tres especies de helmintos para *Chirostoma jordani* (*B. acheilognathi*, *Diplostomidae* gen. sp. y *Glossocercus* sp.) para la Laguna de Metztlán. Con el presente estudio, para la misma especie de hospedero se reporta la presencia de cinco especies de helmintos para el Lago de Tecocomulco. Particularmente en estos cuerpos de agua en el estado de Hidalgo, las poblaciones de *C. jordani* comparten la presencia de *B. acheilognathi*; además es necesario comentar que para el lago de Tecocomulco en el presente estudio se reporta la presencia de metacercarias del género

Diplostomum mientras que para la laguna de Metztitlán Monks *et al.* (2005), reportan la presencia de una metacercaria de la familia Diplostomatidae que posiblemente se trate de alguna especie del género *Diplostomum*.

Es importante resaltar que en términos de la caracterización de la infección de las helmintiasis en *Chirostoma jordani*, hay una gran diferencia entre la laguna de Metztitlán y el lago Tecocomulco a pesar de que comparten la especie del céstodo de *Bothriocephalus acheilognathi*. Para Metztitlán los valores de prevalencia reportados por Monks *et al.*, (2005) es de 80.45 % de peces parasitados, mientras que en el Lago de Tecocomulco la prevalencia registrada por esta especie de céstodo es de 2.89 % de hospederos parasitados. Lo que indica que existe una diferencia marcada en esta helmintiasis, lo cual se puede deber a la disponibilidad y presencia de los hospederos intermediarios (copépodos). Para Metztitlán Ibañez-Aguirre *et al.*, (2002) reportaron la presencia de dos especies de copépodos: *Leptodiptomus novamexicanus* (Marsh, 1929) y *Acanthocyclops vernalis* (Fischer, 1853), con una densidad de entre 500 a 1800 org/m³ y de 200 a 1200 org/m³ respectivamente. Para el Lago de Tecocomulco, no existen registros de especies de copépodos, ni de su densidad poblacional, sin embargo, los valores de prevalencia de *Bothriocephalus acheilognathi* en *Chirostoma jordani* como parte de los resultados del presente estudio pueden ser un indicador del bajo número de especies y densidad poblacional de copépodos en el Lago de Tecocomulco, comparado con los datos registrados por Ibañez-Aguirre *et al.*, (2002) en Metztitlán.

Por otra parte, los altos valores de prevalencia y abundancia de las metacercarias de *Diplostomum* sp. registrados en el Lago de Tecocomulco como parte del presente estudio, son un indicador de que esta localidad es una zona de anidación importante de aves ictiófagas y migratorias en el estado de Hidalgo. Cabe mencionar que esta especie de digéneo cierra su ciclo de vida en el intestino de aves, y sus formas larvianas (esporocistos, redias y metacercarias) son

parásitas de moluscos y peces, los cuales actúan como hospederos intermediarios. Por lo que la presencia de *Diplostomum* sp. en Tecocomulco es un buen indicador de que están coexistiendo estos organismos. Es bien conocido que en el sistema parásito-hospedero, los parásitos han desarrollado mecanismos que alteran el comportamiento de sus hospederos para favorecer el proceso de transmisión de estos, entre sus hospederos intermediarios y definitivos (Bush *et al.*, 2001). Algunos de los cambios que se han registrado, de cómo los parásitos manipulan el comportamiento de sus hospederos son: el cambio de coloración en el cuerpo, o movimientos más lentos los cuales favorecen que estos hospederos sean observados y depredados más fácilmente. La presencia de las metacercarias de *Diplostomum* sp. en el cerebro de *Chirostoma jordani*, producen un daño a nivel del sistema nervioso provocando en los peces un nado lento y errático, favoreciendo su depredación por aves ictiófagas en las cuales esta especie de digéneo cierra su ciclo de vida. Lo anterior puede ser una explicación de la diferencia entre los valores de prevalencia, abundancia e intensidad promedio registrados por *Diplostomum* sp. entre el mesenterio y el cerebro de *C. jordani* en el Lago de Tecocomulco. Por su parte Karvonen *et al.*, (2006), mencionaron que en los parásitos también existe la presencia de especies crípticas (que son pares o conjuntos de más especies que en su morfología y aspecto general no pueden ser distinguidas, siendo preciso analizar algún otro aspecto de su biología para poder separarlas); *Diplostomum* sp. en el Lago de Tecocomulco puede ser un caso particular de especies crípticas en los digeneos, las cuales se pueden separar por el hábitat en que se encuentran parasitando a su hospedero intermediario. Lo que sugiere que en el caso particular de *Diplostomum* son dos especies con una morfología muy similar que no pueden ser diferenciadas a este nivel. Sin embargo, se necesita realizar un estudio comparativo de las infecciones de este digéneo entre los hospederos intermediarios y definitivos, analizando la ecología de poblaciones en cada uno de

los hospederos y realizar un análisis morfométrico detallado para concluir si se trata de una o dos especie de *Diplostomum*.

A pesar de que el Lago de Tecocomulco y la laguna de Metztitlán ambos en el estado de Hidalgo, son dos cuerpos de agua formados de manera natural, las condiciones ambientales y las relaciones ecológicas entre hospederos y parásitos son diferentes. La presencia de al menos cuatro especies de metacercarias en *C. jordani* (*Diplostomum*, *Posthodiplostomum*, *Proterodiplostomatidae* gen sp. y *Echinostomatidae* gen sp.) es un indicador de que el lago de Tecocomulco es una zona importante de anidación de aves migratorias, las cuales están actuando como hospederos definitivos de estas especies de helmintos, permitiendo que se completen los ciclos de vida; mientras que para la Laguna de Metztitlán el número de especies de digéneos es menor (una especie), lo que indica que no es una zona importante de reclutamiento y de anidación de aves.

De lo anterior destaca la importancia no sólo de la presencia o ausencia de los hospederos intermediarios y definitivos sino también la abundancia de éstos. En este sentido, la presencia de *B. acheilognathi* con valores más altos de prevalencia, abundancia e intensidad promedio en Metztitlán se puede deber a la abundancia de copépodos, los cuales actúan como hospederos intermediarios de este parásito, mientras que son menos abundantes en el lago de Tecocomulco, por lo que este parásito no está presente en grandes cantidades. Por el contrario, la presencia de mayor número de especies de digéneos en el Lago de Tecocomulco y los altos valores que alcanza *Diplostomum* sp., evidencia que en este sitio las aves ictiófagas son abundantes, lo que permiten que se cierren los ciclos de vida; mientras que la laguna de Metztitlán no alberga a un gran número de aves ictiófagas por lo que el número de especies de digéneos es menor y con valores de prevalencia, abundancia e intensidad promedio menores.

12. Conclusiones

- La helmintofauna de *Chirostoma jordani* en el lago de Tecocomulco, está constituida por 5 especies de helmintos, un céstodo *Bothriocephalus acheilognathi* y cuatro digéneos: *Diplostomum* sp. *Posthodiplostomum* sp., Proterodiplostomatidae y Echinostomatidae.
- Los digéneos *Diplostomum* sp. *Posthodiplostomum* sp., Proterodiplostomatidae y Echinostomatidae no se identificaron hasta el nivel de especie porque todos los ejemplares colectados son larvas en etapa de metacercaria, y las claves taxonómicas están elaboradas con base en caracteres morfológicos de formas adultas.
- Con respecto a la caracterización de las helmintiasis registradas en *Chirostoma jordani* en el lago de Tecocomulco, la más importante por su valores de prevalencia, abundancia e intensidad promedio fue la metacercaria de *Diplostomum* sp.
- Por los valores de prevalencia, abundancia e intensidad promedio, el habitat en que se registro los valores más altos fue el cerebro.
- Las formas larvarias registradas como parásitos de *Chirostoma jordani*, permiten concluir que esta especie de pez es una fuente de alimento para las aves ictiófagas en el Lago de Tecocomulco.
- Lo anterior permite suponer que el Lago de Tecocomulco es un ecosistema importante que brinda albergue a diferentes especies de aves residentes y migratorias.

13. Bibliografía

- Aguilar-Aguilar, R., y G. Salgado-Maldonado. 2006. Diversidad de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en dos cuencas hidrológicas de México: helmintos y la hipótesis del México betadiverso. *Interciencia* **31**:484-490.
- Bush, A. O., Kevin D. Lafferty, Jeffrey M. Lotz, y A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *Journal of Parasitology* **83**:575-583.
- Bush, A. O., J. C. Fernandez, G. W. Esch y J. R. Seed. 2001. Parasitism: The diversity and ecology of animal parasites. Cambridge, U. K., Cambridge University Press. 566p.
- Campos-Enríquez, J. O., D. R. Alatraste-Vilchis, R. Huizar-Álvarez, R. Marines-Campos y M. A. Alatorre-Zamora. 2003. Subsurface structure of the Tecocomulco sub-basin (northeastern Mexico basin), and its relationship to regional tectonics. *Geofísica Internacional* **42**(1):3-24.
- Cardenas-Reygadas, R. y H. Barrera-Escorcia. 1998. Histología y ultraestructura del testículo del charal *Chirostoma jordani* (Osteichthyes: Atherinidae). *Revista de Biología Tropical* **46**:943-949.
- Chappell, L. H. J. Lewis, y D. Hoole. 2003. Parasitism and environmental pollution: Parasites and host as indicators of water quality. *Parasitology* **126**:51-53.
- de la Vega-Salazar, M. Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas en México. *Ciencias* **72**: 20-30
- Díaz-Pardo, E., G. Zúñiga-Bermúdez, L. Muñoz-Moreno, M. T. Vega-Ramírez, y B. A. Coyote-Hidalgo. 1998. Estudio filogenético y taxonómico en especies endémicas del género Poblana De Buen (Pisces: Atherinidae). Informe final del proyecto H284, CONABIO. 40 p.

- Dubois, G. 1970. Revision des Proterodiplostomatidae Dubois, 1936 (Trematoda: Strigeata). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología **41**:51-60.
- Espinoza-Pérez, H., P. Fuentes-Mata, M. T. Gaspa-Dillanes, y V. Arenas. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. *En* Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución. Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot, y J. Fa. (eds.). Instituto de Biología, UNAM, Distrito Federal, México, 227-249.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2007. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- Hoffman, G. L., y J. Williams, Ernest H. 1999. Parasites of North American Freshwater Fishes. Cornell University Press, 539 p.
- Huizar-Álvarez, R., E. Jiménez-Fernández, y C. Juárez-López. 2005. La Laguna de Tecocomulco, Geo-Egología de un desastre. UNAM, Distrito Federal, México, 232 p.
- Ibáñez-Aguirre, A. L., J. L. García-Calderón, A. Pérez-Rojas, S. Álvarez-Hernández, C. Álvarez-Silva y E. Núñez-Portugal. 2002. El lago de Metztitlán, Hidalgo. *En* Lagos y Presas de México. G. de la Lanza-Espino y J. L. García-Calderón (Comp.). AGT Editor S.A. Distrito Federal, México, 259-268.
- Karvonen A., Terho P., Sepälä A., Jokela J. y E. T. Valtonen. 2006. Ecological divergence of closely related *Diplostomum* (Trematoda) parasites. *Parasitology* **133**:229-235.
- Lamothe-Argumedo, R. 1994. Importancia de la helmintofauna en el desarrollo de la acuicultura. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Ser. Zoología **65**:195-200.
- Lamothe-Argumedo, R., y G. Pérez-Ponce de León. 1986. Hallazgo de *Posthodiplostomum minimum* (MacCallum, 1921) Dubois, 1936 (Trematoda: Diplostomatidae) en *Egretta*

- thula* en México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México **57**:235-246.
- Lamothe-Argumedo, R., G. Pérez-Ponce de León, y L. García-Prieto. 1997. Helminths parásitos de animales silvestres. *En* González Soriano, E., R. Dirzo, y R. C. Vogt (eds.). Historia natural de Los Tuxtlas. Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México, 387-394.
- López-Jiménez, S. 1981. Cestodos de peces I. *Bothriocephalus (Cleistobothrium) acheilognathi* (Cestoda: Bothriocephalidae). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología **51**:69-84.
- Macías-García, C. y H. Drummond. 1988. Seasonal and ontogenetic variation in the diet of the Mexican garter snake, *Thamnophis eques*, in lake Tecocomulco, Hidalgo. Journal of Herpetology **22**:129-134.
- Marcogliese, D. J. y D. K. Cone. 1997. Food webs: a plea for parasites. Trends in Ecology and Evolution **12**:320-325.
- Margolis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris, y G. A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an *ad hoc* committee of The American Society of Parasitologists). Journal of Parasitology **68**:131-133.
- Miller, R. R., W. L. Minckley, y S. M. Norris. 2005. Freshwater fishes of México. The University Chicago Press, 490 p.
- Monks, S., V. R. Zárate-Ramírez, y G. Pulido-Flores. 2005. Helminths of freshwater fishes from the Metztitlán Canyon Reserve of the Biosphere, Hidalgo, Mexico. Comparative Parasitology **72**:212-219.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental - especies nativas de México de flora y fauna silvestres - categorías de riesgo y especificaciones para su

- inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 2002. 582 (4).
- Norma Oficial Mexicana NOM-050-PESC-2004. Pesca responsable en el embalse del lago de Tecocomulco en el Estado de Hidalgo. especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. SAGARPA. Diario Oficial de la Federación. 2006.
- Núñez, I., É. González-Guadiano, y A. Barahona. 2003. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. *Interciencia* **28**:387-393.
- Osorio-Sarabia, D., G. Pérez-Ponce de León, y G. Salgado-Maldonado. 1986. Helminths de peces del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. I. Helminths de *Chirostoma estor* el "Pescado blanco". Taxonomía. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Series Zoología **57**:61-92.
- Parlamentaria, G., y C. D. Diputados. 2006. Con punto de acuerdo, por el que se solicita que se decrete área natural protegida la laguna de Tecocomulco, en Hidalgo, presentada por el diputado Cuauhtémoc Ochoa Fernández (PVEM), en nombre propio y del diputado Alfredo Bejos Nicolás (PRI), en la sesión del jueves 23 de febrero de 2006. **Año IX**:
- Pérez-Ponce de León, G., y L. García-Prieto. 2001. Diversidad de helminths parásitos de vertebrados silvestres de México. *Biodiversitas* **37**:7-11.
- Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto, D. Osorio-Sarabia, y V. León-Règagnón. 1996. Listados faunísticos de México. VI. Helminths parásitos de peces de aguas continentales de México VI. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Distrito Federal, México, 100 p.
- Pritchard, M. H., y G. O. W. Kruse. 1982. The collection and preservation of animal parasites. Technical Bulletin No. 1, The Harold W. Manter Laboratory. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska, 141 p.

- Salgado-Maldonado, G. 2006. Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. *Zootaxa* **1324**:1-357.
- Salgado-Maldonado, G., S. Guillén-Hernández, y D. Osorio-Sarabia. 1986. Presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoda: Bothriocephalidae) en peces de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Autónoma de México* **57**:213-218.
- Sánchez-Nava, P., G. Salgado-Maldonado, E. Soto-Galera, y B. Jaimes-Cruz. 2004. Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the upper Lerma River sub-basin, Mexico. *Parasitology Research* **93**:396-402.
- Sarkar, S. y C. Margules. 2002. Operationalizing biodiversity for conservation planning. *Journal of Biosciences (Suppl. 2: Conservation of Biodiversity: The New Consensus)* **27**:299-308.
- Schmidt, G. D. y L. S. Roberts. 2000. *Foundations of Parasitology*. VI edition. McGraw-Hill 670 p.
- Soria-Barreto, M., y J. Paulo-Maya. 2005. Morfometría comparada del aparato mandibular en especies de *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Hidrobiológica* **15**:161-168.
- Torres-Orozco, R. B. (eds.). 1991. *Los peces de México* A. G. T. Editor S. A., México, Distrito Federal, 235 p.
- Vidal-Martínez, V. M., M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís, y E. F. Mendoza-Franco. 2001. *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Academia, Prague, 165 p.
- Walther, B. A. y S. Morand. 1998. Comparative performance of species richness estimation methods. *Parasitology* **116**:395-405.

- Wilford, O. O. 1962. Animal parasites: Their biology and life cycles. Burgess Publishing Company, United States of America, 346 p.
- Yamaguti, S. 1958. Systema Helminthum. The digenetic trematodes of vertebrates. Vol. 1. Interscience Publishers Inc. Netherlands, 979 p.
- Yamaguti, S. 1971. Synopsis of digenetic trematodes of vertebrates. Vol. 1. Keigaku Publishing Co., Tokyo, 1074 p.
- Zárate-Ramírez, V. R. 2003. Evaluación de la biodiversidad de helmintos en peces de la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Maestría en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur, 75 p.

14. Apéndices

APENDICE I. Helmintos parásitos algunas especies del género *Chirostoma*

Clase	Parásito	Autor	Hábitat	Localidad	Ref.
<i>Chirostoma arge</i> (Jordan y Snyder, 1899)					
Digenea					
Adulto	<i>Allocreadium mexicanum</i>	Osorio-Sarabia, Pérez-Ponce de León y Salgado- Maldonado, 1986	intestino y estómago	Río la Laja en Rincón de los Remedios, Gto.	*
Cestoda					
Adulto	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Río San Pedro, Qro Río la Laja en Rincón de los Remedios, Gto.	* *
<i>Chirostoma attenuatum</i> Meek, 1902					
Digenea					
Adulto	<i>Allocreadium mexicanum</i>	Osorio-Sarabia, Pérez-Ponce de León y Salgado- Maldonado, 1986	intestino y estómago	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
Metacercaria					
	<i>Diplostomum</i> sp.		cerebro, ojos, músculo y mesenterio	Lago de Zirahuén, Mich.	*
	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	MacCallum, 1921	hígado, branquias, aletas, mesenterio, músculo, cerebro y ojos.	Lago de Pátzcuaro, Mich. Lago de Zirahuén, Mich	* *
Cestoda					
Adulto	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Lago de Pátzcuaro, Mich Lago de Zirahuén, Mich	* *
Metacercaria					
	<i>Cyclophyllidea</i> gen. sp.		mesenterio	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
	<i>Proteocephalidea</i> gen. sp.		mesenterio, pared intestinal e hígado	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
Acantocephala					
Larva	<i>Polymorphus brevis</i>	Van Cleave, 1916	pared intestinal	Lago de Pátzcuaro	*
Nematoda					
Adulto	<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>	Dujardin, 1843	intestino	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
	<i>Spinitectus osorioi</i>	Choudhury y Pérez- Ponce de León, 2001	intestino	Lago de Pátzcuaro, Mich. Lago de Zirahuén, Mich	* *

 APENDICE I (cont). Helmintos parásitos algunas especies del género *Chirostoma*

Clase	Parásito	Autor	Hábitat	Localidad	Ref.
Larva	<i>Contracaecum</i> sp.		peritoneo, mesenterio, cavidad abdominal e hígado	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
	<i>Eustrongylides</i> sp.		músculo y mesenterio	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
	<i>Spiroxys</i> sp.		cavidad abdominal, mesenterio y pared intestinal	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
<i>Chirostoma consocium</i> Jordan & Hubbs, 1919					
Cestoda					
Metacestodos					
	<i>Ligula intestinalis</i>	Linnaeus, 1758	cavidad del cuerpo	Lago de Chapala, Jal.	*
<i>Chirostoma estor</i> Jordan, 1880					
Digenea					
Adulto					
	<i>Allocreadium mexicanum</i>	Osorio-Sarabia, Pérez-Ponce de León y Salgado- Maldonado, 1986	intestino y estómago	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
Metacercaria					
	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	MacCallum, 1921	hígado, branquias, aletas, mesenterio, músculo, cerebro y ojos.	Lago de Pátzcuaro, Mich	*
	<i>Diplostomum</i> sp.		cerebro, ojos, músculo y mesenterio	Lago de Pátzcuaro, Mich	*
Cestoda					
Adulto					
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Lago de Pátzcuaro, Mich	*
Metacestodos					
	<i>Ligula intestinalis</i>	Linnaeus, 1758	cavidad del cuerpo	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
	Proteocephalidea gen. sp.		mesenterio, pared intestinal e hígado	Lago de Pátzcuaro, Mich	*
Acantocephala					
Larva					
	<i>Polymorphus brevis</i>	Van Cleave, 1916	pared intestinal	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
Nematoda					
Adulto					
	<i>Pseudocapillaria tomentosa</i>	Dujardin, 1843	intestino	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
	<i>Spinitectus osorioi</i>	Choudhury y Pérez- Ponce de León, 2001	intestino	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*

 APENDICE I (cont). Helmintos parásitos algunas especies del género *Chirostoma*

Clase	Parásito	Autor	Hábitat	Localidad	Ref.
Larva	<i>Eustrongylides</i> sp.		músculo y mesenterio	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
<i>Chirostoma grandocule</i> (Steindachner, 1898)					
Digenea					
Adulto	<i>Allocreadium mexicanum</i>	Osorio-Sarabia, Pérez-Ponce de León y Salgado-Maldonado, 1986	intestino y estómago	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
Larva	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	MacCallum, 1921	hígado, branquias, aletas, mesenterio, músculo, cerebro y ojos.	Lago de Pátzcuaro, Mich	*
Cestoda					
Adulto	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Lago de Pátzcuaro, Mich.	*
<i>Chirostoma humboldtianum</i> (Valenciennes, 1835)					
Digenea					
Adulto	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	MacCallum, 1921	hígado, branquias, aletas, mesenterio, músculo, cerebro y ojos.	Presa Villa Victoria, Mex.	*
	<i>Tylodelphys</i> sp.		branquias, cavidad branquial y aletas	Presa Villa Victoria, Mex	*
Cestoda					
Adulto	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Presa Cointzio, Mich.	*
Metacestodos	<i>Valipora campylancristrota</i>	Wedl, 1855	vesícula biliar	Presa Villa Victoria, Mex	*
<i>Chirostoma labarcae</i> Meek, 1902					
Digenea					
Metacercaria	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	MacCallum, 1921	hígado, branquias, aletas, mesenterio, músculo, cerebro y ojos.	Río la Laja en la presa Ignacio Allende, Gto..	*
Cestoda					
Adulto	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Río la Laja en Presa Ignacio Allende, Mich.	*
<i>Chirostoma ocotlanae</i>					
Cestoda					
Adulto					

 APENDICE I (cont). Helmintos parásitos algunas especies del género *Chirostoma*

Clase	Parásito	Autor	Hábitat	Localidad	Ref.
	Metacercaria				
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Lago de Chapala, Jal.	*
	<i>Chirostoma riojai</i> Solórzano y López, 1966				
	Digenea				
	Adulto				
	<i>Allocreadium mexicanum</i>	Osorio-Sarabia, Pérez-Ponce de León y Salgado- Maldonado, 1986	intestino y estómago	Lago Santiago Tilapa (=Guadalupe Victoria) Mex.	*
	Metacercaria				
	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	MacCallum, 1921	hígado, branquias, aletas, mesenterio, músculo, cerebro y ojos.	Presa Ignacio Ramírez, Mex.	*
	<i>Tylodelphys</i> sp.		branquias, cavidad branquial y aletas	Presa Santiago Tilapa (=Guadalupe Victoria) Mex. Presa Ignacio Ramírez, Mex.	* *
	Cestoda				
	Adulto				
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Presa Ignacio Ramírez, Mex. Lago Santiago Tilapa (=Guadalupe Victoria) Mex.	* *
	Metacestodos				
	<i>Valipora campylancristrota</i>	Wedl, 1855	vesícula biliar	Presa Ignacio Ramírez, Mex.	*
	<i>Chirostoma</i> sp.				
	Cestoda				
	Adulto				
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Yamaguti, 1934	intestino	Presa el Batán, Qro. Presa Constitución 1917, Qro. Río la Laja en Presa Ignacio Allende, Mich.	* * *
	Metacestodos				
	<i>Ligula intestinalis</i>	Linnaeus, 1758	cavidad del cuerpo	No precisada	*

* Salgado-Maldonado (2006) Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. Zootaxa 1324:1-357.

APENDICE II. Ejemplares de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 examinados en febrero y marzo de 2007, en el lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

Número Hospedero	<i>Diplostomum</i> sp. (mesenterio)	<i>Diplostomum</i> sp. (cerebro)	<i>Posthodiplostomum</i> sp.	<i>Bothriocephalus</i> <i>acheilognathi</i>	Echinostomatidae gen sp.	Proterodiplostomatidae gen sp.
HGO-07-174	0	0	0	0	0	0
HGO-07-175	0	0	0	0	0	0
HGO-07-176	1	0	0	0	0	0
HGO-07-177	0	0	0	0	0	0
HGO-07-178	0	6	0	0	0	0
HGO-07-182	0	1	1	0	0	0
HGO-07-186	0	0	0	0	0	0
HGO-07-187	0	11	0	0	0	0
HGO-07-194	0	0	0	0	0	0
HGO-07-197	0	0	0	0	0	0
HGO-07-199	0	0	0	0	0	0
HGO-07-200	0	0	0	0	0	0
HGO-07-202	0	0	0	0	0	0
HGO-07-203	0	0	0	0	0	0
HGO-07-204	0	0	0	0	0	0
HGO-07-205	0	0	0	0	0	0
HGO-07-207	0	0	0	0	0	0
HGO-07-208	0	0	0	0	0	0
HGO-07-210	0	0	0	1	0	0
HGO-07-212	0	0	0	0	0	0
HGO-07-213	0	0	0	0	0	0
HGO-07-214	0	0	0	0	0	0
HGO-07-216	0	0	0	0	0	0
HGO-07-217	0	0	0	0	0	0
HGO-07-218	0	0	0	0	0	0
HGO-07-221	0	0	0	0	0	0
HGO-07-222	0	0	0	0	0	0
HGO-07-234	5	0	0	0	0	0
HGO-07-235	0	0	0	0	0	0
HGO-07-236	0	0	0	0	0	0
HGO-07-237	0	0	0	0	0	0
HGO-07-238	0	4	0	0	0	0
HGO-07-240	2	2	0	0	0	0
HGO-07-242	1	3	0	0	0	0
HGO-07-245	3	0	0	0	0	0
HGO-07-247	0	15	0	0	0	0
HGO-07-253	2	0	0	0	0	0
HGO-07-255	2	0	0	0	0	0
HGO-07-259	2	0	0	0	0	0
HGO-07-260	0	0	0	0	0	0
HGO-07-261	0	1	0	0	0	0
HGO-07-262	9	0	0	0	0	0
HGO-07-263	0	2	0	0	0	0
HGO-07-264	0	1	0	0	0	0

APENDICE II (cont.). Ejemplares de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 examinados en febrero y marzo de 2007, en el lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

Número Hospedero	<i>Diplostomum</i> sp. (mesenterio)	<i>Diplostomum</i> sp. (cerebro)	<i>Posthodiplostomum</i> sp.	<i>Bothriocephalus</i> <i>acheilognathi</i>	Echinostomatidae gen sp.	Proterodiplostomatidae gen sp.
HGO-07-265	0	2	0	0	0	0
HGO-07-266	0	0	0	0	0	0
HGO-07-267	8	5	0	0	0	0
HGO-07-268	21	8	0	0	0	0
HGO-07-269	0	4	0	0	0	0
HGO-07-271	0	0	0	0	1	0
HGO-07-273	3	5	0	0	0	1
HGO-07-280	0	0	0	0	0	0
HGO-07-283	0	0	0	1	0	0
HGO-07-284	0	0	0	0	0	0
HGO-07-287	0	0	0	0	0	0
HGO-07-307	0	0	0	0	0	0
HGO-07-309	0	0	0	0	0	0
HGO-07-311	0	0	0	0	0	0
HGO-07-312	0	0	0	0	0	0
HGO-07-316	0	0	0	0	0	0
HGO-07-322	1	0	0	0	0	0
HGO-07-327	0	0	0	0	0	0
HGO-07-329	0	0	0	0	0	0
HGO-07-331	0	0	0	0	0	0
HGO-07-332	0	0	3	0	0	0
HGO-07-333	0	0	0	0	0	0
HGO-07-334	0	0	2	0	0	0
HGO-07-335	0	0	0	0	0	0
HGO-07-336	0	0	0	0	0	0

APENDICE III. Especies de helmintos parásitos de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 recolectados y analizados en febrero y marzo de 2007, en el lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

Espece de helminto	Número de ejemplares colectados	Número de preparación y total	Número de depósito en CHE-UAEH	Número de helminto en frasco y total
<i>Diplostomum</i> sp. (cerebro)	70	HGO-07-187-01-01	P00046	HGO-07-178-01
		HGO-07-187-01-02	P00046	HGO-07-182-01
		HGO-07-187-01-03	P00046	HGO-07-187-01
		HGO-07-187-01-04	P00046	HGO-07-238-01
		HGO-07-187-01-05	P00046	HGO-07-247-01
		HGO-07-187-01-06	P00046	HGO-07-263-01
		HGO-07-187-01-07	P00046	HGO-07-264-01
		HGO-07-187-01-08	P00046	HGO-07-268-01
		HGO-07-187-01-09	P00046	HGO-07-269-01
		HGO-07-187-01-10	P00046	HGO-07-273-02
		HGO-07-238-01-01	P00046	Total 30
		HGO-07-238-01-02	P00046	
		HGO-07-238-01-03	P00046	
		HGO-07-240-01-01	P00046	
		HGO-07-240-01-02	P00046	
		HGO-07-242-01-01	P00046	
		HGO-07-242-01-02	P00046	
		HGO-07-242-01-03	P00046	
		HGO-07-247-01-01	P00046	
		HGO-07-247-01-02	P00046	
		HGO-07-247-01-03	P00046	
		HGO-07-247-01-04	P00046	
		HGO-07-247-01-05	P00046	
		HGO-07-247-01-06	P00046	
		HGO-07-261-01-01	P00046	
		HGO-07-263-01-01	P00046	
		HGO-07-265-01-01	P00046	
		HGO-07-265-01-02	P00046	
		HGO-07-267-02-01	P00046	
		HGO-07-267-02-02	P00046	
HGO-07-267-02-03	P00046			
HGO-07-267-02-04	P00046			
HGO-07-267-02-05	P00046			
HGO-07-269-02-01	P00046			
HGO-07-269-02-02	P00046			
HGO-07-269-02-03	P00046			
HGO-07-273-02-02	P00046			
HGO-07-273-02-03	P00046			
HGO-07-273-02-04	P00046			
HGO-07-273-02-05	P00046			
		Total 40		
<i>Diplostomum</i> sp (mesenterio)	60	HGO-07-234-01-01	P00047	HGO-07-255-01
		HGO-07-234-01-02	P00047	HGO-07-262-01

APENDICE III (cont). Especies de helmintos parásitos de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 recolectados y analizados en febrero y marzo de 2007, en el lago de Tecocomulco, Hidalgo, México.

Espece de helminto	Número de ejemplares colectados	Número de preparación y total	Número de depósito en CHE-UAEH	Número de helminto en frasco y total
		HGO-07-234-01-03	P00047	HGO-07-176-01
		HGO-07-234-01-04	P00047	HGO-07-268-01
		HGO-07-234-01-05	P00047	Total 27
		HGO-07-240-02-01	P00047	
		HGO-07-240-02-02	P00047	
		HGO-07-242-02-01	P00047	
		HGO-07-245-01-01	P00047	
		HGO-07-245-01-02	P00047	
		HGO-07-245-01-03	P00047	
		HGO-07-253-01-01	P00047	
		HGO-07-253-01-02	P00047	
		HGO-07-255-01-01	P00047	
		HGO-07-259-01-01	P00047	
		HGO-07-259-01-02	P00047	
		HGO-07-262-01-01	P00047	
		HGO-07-262-01-02	P00047	
		HGO-07-262-01-03	P00047	
		HGO-07-262-01-04	P00047	
		HGO-07-262-01-05	P00047	
		HGO-07-267-01-01	P00047	
		HGO-07-267-01-02	P00047	
		HGO-07-267-01-03	P00047	
		HGO-07-267-01-04	P00047	
		HGO-07-267-01-05	P00047	
		HGO-07-267-01-06	P00047	
		HGO-07-267-01-07	P00047	
		HGO-07-267-01-08	P00047	
		HGO-07-273-01-01	P00047	
		HGO-07-273-01-02	P00047	
		HGO-07-273-01-03	P00047	
		HGO-07-322-01-01	P00047	
		Total 33		
<i>Posthodiplostomum</i> sp.	6	HGO-07-180-01-01	P00048	HGO-07-334-01
		HGO-07-332-01-01	P00048	Total 1
		HGO-07-332-01-02	P00048	
		HGO-07-332-01-03	P00048	
		HGO-07-334-01-01	P00048	
		Total 5		
Echinostomatidae gen. sp.	1	HGO-07-271-01-01	P00049	
		Total 1		Total 0
Proterodiplostomatidae gen. sp.	1	HGO-07-273-02-01	P00054	
		Total 1		Total 0
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	2	HGO-07-210-01-01	P00050	
		HGO-07-283-01-01	P00050	
		Total 2		Total 0

APENDICE IV. Formulas de colorantes y otros reactivos utilizados en la fijación y tinción de los helmintos.

FIJACIÓN

Líquido de AFA

Reactivo	100 ml	250 ml	500 ml	1 lt
Ácido acético glacial	10 ml	25 ml	50 ml	100 ml
Formaldehído	10 ml	25 ml	50 ml	100 ml
Alcohol	80 ml	200 ml	400 ml	800 ml

COLORANTES

Hematoxilina de Mayer Carmallum

Reactivo	~ 100 ml	~ 250 ml	~ 500 ml	~ 1 lt
Sulfato de aluminio y potasio	6 gr	15 gr	30 gr	60 gr
Carmín	5 gr	12.5 gr	25 gr	50 gr
Ácido acético glacial	25 ml	62.5 ml	125 ml	250 ml
Agua destilada	100 ml	250 ml	500 ml	1000 ml

1. Disolver el carmín y el sulfato de aluminio y potasio en un vaso de precipitado con agua destilada. para mezclar, hervir a fuego lento por una hora en un recipiente ligeramente tapado para evitar la evaporación.
2. Retirar la solución del fuego y dejar enfriar.
3. Colocar la solución en una botella con tapón y agregar el ácido acético glacial para curar la solución, dejarlo reposar aproximadamente 10 días.
4. Filtrar el colorante a una botella limpia con tapón y colocarle cristales de thymol para prevenir el crecimiento de hongos y bacterias.

Hematoxilina de Delafield

Solución de aluminio:

Reactivos	~ 100 ml	~ 250 ml	~ 500 ml	~ 1000 ml
Al NH ₄ (SO ₄) ₂	10 gr	25 gr	50 gr	100 gr
Agua destilada	100 ml	250 ml	500 ml	1000 ml

1. Agregar el aluminio en el agua destilada caliente
2. Agitar continuamente hasta que los cristales se disuelvan completamente
3. Dejar enfriar la solución
4. Colocar la solución en un frasco limpio bien tapado y etiquetado

Colorante base:

Reactivo	cantidad
Cristales de hematoxilina	1 gr
Et OH 95 %	6 ml
Solución de aluminio	100 ml
Metil- alcohol (acetona)	25 ml
Glicerol	25 ml

1. Se disuelven los cristales de hematoxilina en alcohol 95 %
2. Agregar lentamente la solución de aluminio
3. Cubrir el recipiente con tela o gasa de algodón
4. Dejarlo reposar en un lugar expuesto al sol por dos semanas hasta que la solución tome un color oscuro.
5. Mezclar la solución con el glicerol y el metil-alcohol
6. Filtrar antes de usar

