



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**Helmintofauna de un Goodeidae del Lago de
Tecocomulco, Hidalgo, México**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

Christian Elizabeth Bautista Hernández

Director de tesis: Dr. William Scott Monks Sheets

PACHUCA DE SOTO, 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 **Christian Elizabeth Bautista Hernández**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis titulado "**Helmintofauna de un Goodeidae 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.

A T E N T A M E N T E

"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



DEDICATORIA

A mi mamá:

La Profa. P. Bertha Hernández Nicolás, quien a pesar de las dificultades que nos ha tocado vivir como familia, Dios te ha colmado de sabiduría para saber ser una excelente mamá-papá.

Gracias por tus cuidados, por preocuparte aún por mí y por brindarme tu amor, paciencia y apoyo incondicional.

A mis hermanos:

Perla Kristel y Braian Alan, quienes me demostraron su apoyo y amor al tenerme paciencia en todos momentos. Gracias por dejarme ser su hermana mayor.

AGRADECIMIENTOS

De manera muy especial quiero agradecer al director de este trabajo, el Dr. William Scott Monks que dedico tiempo y esfuerzo para la realización de esta tesis. Gracias por su paciencia y por los buenos consejos que siempre tuvo a bien compartir conmigo.

Del mismo modo, quiero extender mis mas sincero agradecimiento a la Dra. Griselda Pulido-Flores, quien estuvo al pendiente de mi trabajo, no sólo como parte del comité evaluador del mismo, sino también como parte del equipo de trabajo del Laboratorio de Morfología Animal.

Me es también grato agradecer a los investigadores que formaron parte del comité evaluador de este trabajo al: Dr. Juan Carlos Gaytán-Oyarzún, Dr. Alberto Rojas-Martínez, Dr. Juan Márquez-Luna y Dr. Ignacio Castellanos-Sturemark. Les agradezco por la disposición, esfuerzo y dedicación que emplearon para revisar este manuscrito. Gracias por sus comentarios, sugerencias y criticas.

A la Biol. Berenice Alemán-García, agradezco su apoyo como parte del comité evaluador de este trabajo y por su apoyo incondicional como compañera de laboratorio.

De la misma forma, agradezco al Dr. Rafael Miranda y Dr. David Galicia, quienes sin su colaboración y apoyo este trabajo no habría podido llevarse acabo, ya que me apoyaron con lo más importante: la captura de los peces.

Es también importante extender mi mas sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y proyectos que me brindaron su apoyo para la realización de este trabajo:

- Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, casa de estudios que me abrió sus puertas y me ofreció el apoyo para mi formación profesional.
- CONACYT Hidalgo por la beca otorgada mediante el proyecto Helminfos 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.
- 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, Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, Secretaría General de Política Científica y Tecnológica, Dirección General de Investigación España

Clave Q3168001J PC12005-00309. Responsables: Dr. Rafael Miranda Ferrerio (Universidad de Navarra, España), Dra. Griselda Pulido Flores y Dr. William Scott Monks-Sheets (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo).

- Al programa de mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por el financiamiento para la publicación de un capítulo en un libro (en prensa).



GRACIAS..!!

Creo que no hay palabras para agradecer a todas aquellas personas que formaron y son parte de la realización de este trabajo. Estas líneas son un pedacito de la enorme gratitud que les debo.

A mi Amiga (en toda la extensión de la palabra y con todas sus definiciones) Elizabeth. Gracias por regalarme tu amistad y confianza, por tenerme paciencia y comprensión. Gracias por ser mas que una compañera de escuela. Créeme que nunca voy a olvidar los momentos de alegría y diversión, y porque no también, los momentos de enojo y tristeza, que pasamos juntas durante nuestra estancia en la universidad. Gracias a tí, la espera para que llegará el día viernes todas las semanas, fue más ameno y divertido.

A Diana Luz. Gracias por tu amistad durante todo este tiempo, por tu apoyo en toda circunstancia, tanto como buena amiga, como compañera de clase. Agradezco el que me hayas brindando tu amistad y confianza.

A mi amiga, más que mi prima, Irma. Le doy Gracias a Dios, por la oportunidad que me dio de convivir contigo durante ésta estancia en Pachuca. Gracias por soportarme todos los días bajo el mismo techo, por ser mi compañera de dormitorio y por tenerme mucha paciencia.

A mi amiga y compañera de casa, Lupita, que aunque solo padeció año y medio en mi compañía también merece mi agradecimiento por su preocupación e interés por mi bienestar. Gracias por los momentos de risa, juego y largas pláticas que compartimos junto con las demás “chicas” .

A todos mis compañeros de salones de clase de la generación 2003-2007. Gracias por brindarme su compañerismo y amistad sincera.

Al equipo de trabajo del laboratorio de Morfología animal: Bere, Rafa, Diana, Gerardo, Rousvelt, Erick y Francisco. Agradezco su compañerismo, amistad y apoyo en las horas de trabajo y convivencia.

A todas aquellas personas que se preocuparon por mi cuando salí de mi hogar en busca de este anhelado sueño. Gracias a todos los miembros de las familias Bautista y Hernández que me dieron ánimos para seguir adelante.

ÍNDICE

| Contenido | Página |
|---|---------------|
| Resumen | 1 |
| Introducción | 2 |
| Familia Goodeidae en México | 4 |
| Características generales de <i>Girardinichthys</i> | 5 |
| Antecedentes | 9 |
| Helminthos Parásitos de <i>Girardinichthys</i> | 11 |
| Justificación | 16 |
| Objetivos | 17 |
| Área de estudio | 18 |
| Aspectos geográficos..... | 18 |
| Flora y fauna..... | 17 |
| Pesca y acuicultura | 22 |
| Material y Método | 23 |
| Colecta del material biológico..... | 23 |
| Revisión helmintológica..... | 24 |
| Recolección, fijación y conservación de helmintos parásitos | 24 |
| Identificación taxonómica de parásitos | 25 |
| Parámetros ecológicos para el cálculo de la caracterización de la infección | 25 |
| Resultados | 27 |
| Caracterizaciones morfológicas | 28 |

| | |
|--|----|
| <i>Diplostomum</i> sp. | 28 |
| <i>Rhabdochona</i> sp. | 34 |
| <i>Gyrodactylus</i> sp. | 38 |
| Caracterización de las infecciones | 43 |
| Discusión | 45 |
| Literatura citada | 50 |
| Apéndices | 58 |
| Apéndice 1. Sinonimias de dos especies de <i>Girardinichthys</i> | 58 |
| Apéndice 2. Técnicas de tinción de helmintos..... | 59 |
| Apéndice 3. Ejemplares de <i>Girardinichthys viviparus</i> Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco examinados durante el 2007..... | 62 |
| Apéndice 4. Especies de helmintos parásitos de <i>Girardinichthys viviparus</i> Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco recolectados y examinados durante el transcurso del 2007.. | 66 |

ÍNDICE DE TABLAS

| Tabla | Página |
|--|--------|
| Tabla I. Especies de helmintos parásitos de <i>Girardinichthys multiradiatus</i> Meek, 1904 registrados para diferentes localidades de la cuenca Lerma-Santiago..... | 14 |
| Tabla II. Especies de helmintos parásitos de <i>Girardinichthys viviparus</i> Bustamante, 1837 del Lago de Tecocomulco, Hidalgo..... | 27 |
| Tabla III. Peces dulceacuícolas mexicanos infectados con metacercarias de <i>Diplostomum</i> sp. | 31 |
| Tabla IV. Peces dulceacuícolas que son reportados con infecciones de <i>Gyrodactylus</i> sp. | 40 |
| Tabla V. Parámetros ecológicos para cada especie de parásito registrado para <i>G. viviparus</i> Bustamante, 1837 del Lago de Tecocomulco..... | 43 |
| Tabla VI. Caracterización de la infección para cada órgano infectado de <i>G. viviparus</i> Bustamante, 1837 con metacercarias de <i>Diplostomum</i> sp..... | 44 |
| Tabla VII. Caracterización de la infección de acuerdo al sexo de <i>G. viviparus</i> Bustamante, 1837 infectados con <i>Rhabdochona</i> sp. en el Lago de Tecocomulco.. | 45 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|--|---------------|
| Figura 1. Localización geográfica del Lago de Tecocomulco en el Estado de Hidalgo..... | 20 |
| Figura 2. Vista ventral de un ejemplar en estado larval (metacercaria) de <i>Diplostomum</i> sp. | 29 |
| Figura 3. Vista lateral de un ejemplar adulto, hembra, de <i>Rhabdochona</i> sp. | 34 |
| Figura 4. Vista ventral de un ejemplar adulto de <i>Gyrodactylus</i> sp..... | 38 |
| Figura 5. Gráfica de acumulación de especies de helmintos de <i>G. viviparus</i> | 44 |

RESUMEN

La familia Goodeidae es reconocida como una de las familias con mayor porcentaje de especies endémicas en México; la misma representa a 42 especies de peces vivíparos dulceacuícolas. Los goodeidos pueden ser infectados con diferentes tipos de parásitos y por lo general estos peces funcionan como hospederos intermediarios para algunos helmintos de aves. El objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento de la helmintofauna de un goodeido del lago de Tecocomulco, Hidalgo. El embalse de Tecocomulco es el último relicto dulceacuícola de los históricos lagos que existieron en la gran cuenca del Valle de México y debe aún más su importancia a su reconocimiento como un sitio RAMSAR (Convención de Humedales de Importancia Internacional- 1322) y AICA (Área de Importancia para la Conservación de las Aves- 224). En dos meses de muestreo (febrero y marzo) se colectaron 99 goodeidos mediante electropesca, los cuales fueron fijados para su posterior revisión. Se identificaron tres especies de helmintos parásitos en la revisión helmintológica: un digéneo, *Diplostomum* sp. en estado larval (metacercaria) y en estado adulto, un nemátodo, *Rhabdochona* sp. y un monogéneo, *Gyrodactylus* sp. En términos ecológicos, las metacercarias de *Diplostomum* sp. presentan la más alta prevalencia (33%) y abundancia (1.31) en toda la población de peces, infectando principalmente el líquido cefalorraquídeo de los mismos. *Rhabdochona* sp. es un nemátodo especialista de la familia Goodeidae que en nuestra población sólo infectó machos. Los ejemplares de *Gyrodactylus* fueron muy escasos, infectando sólo 1% de los peces. La diplostomiasis es un indicador de que el Lago de Tecocomulco es un sitio de anidación e hibernación de aves migratorias.

INTRODUCCIÓN

El tema de la biodiversidad en estos últimos años ha adquirido mayor interés a nivel mundial; ahora las investigaciones no sólo están enfocadas en averiguar cuanto falta por conocer, sino también en estimar cuanto se ha perdido. México, es un país privilegiado que goza de ser el tercer lugar en la lista de países con mayor riqueza biológica y de ser reconocido por tener una gran cantidad de endemismos (CONABIO, 2000). Pero a pesar de tan basta riqueza biótica, el conocimiento sobre ésta aún es escaso.

Gracias a la ubicación geográfica y a una topografía accidentada el territorio nacional presume de contar con alrededor de 304 cuencas hidrográficas, que están física y biológicamente conectadas por el flujo del agua y el movimiento de las especies (Aguilar, 2003) y que además albergan gran variedad de biodiversidad. De los distintos cuerpos de agua, los sistemas lacustres, han adquirido mayor interés ecológico por su alto contenido de especies endémicas. No obstante, este hábitat, esta siendo drásticamente alterada por la sobreexplotación, el crecimiento demográfico, la degradación de la calidad del agua por actividades agropecuarias, industriales y domésticas, entre otras. El efecto de tan variadas actividades ha ocasionando la desecación de los cuerpos de agua. Amenazando con desaparecer mucha de la biodiversidad nativa o limitándola sólo a pequeños fragmentos. Sin embargo, el impacto que ha causado más grave daño a los ecosistemas acuáticos es la introducción de especies exóticas que han modificado su estructura natural y han comprometido la integridad biológica de las especies endémicas (de la Vega-Salazar, 2003).

La diversidad íctica de México es abundante como para considerar que es uno de los grupos de vertebrados mejor representados y el más estudiado en asuntos de Parasitología (Pérez-Ponce de León et al., 2000). Se estima que en el país están representadas

aproximadamente 206 familias que incluyen 779 géneros que engloban a 2,122 especies de peces, de éstas 506 corresponden a aguas interiores, en donde se contemplan a 163 especies endémicas (Gutiérrez-Cabrera et al., 2005; Domínguez-Domínguez, 2006). Los peces como todos los vertebrados cumplen alguna función dentro del ciclo de vida de los parásitos, ya sea como hospederos definitivos, intermediarios o paraténicos (Pérez-Ponce de León et al., 2000).

Los helmintos parásitos son un grupo polifilético representado por los phylum Platyhelminthes (Digenea, Aspidogastrea, Monogenea y Cestoda), Acanthocephala, Nematoda y Anélida (Hirudinea) (Roberts y Janovy, 2005). Los parásitos son un componente importante de la biota ya que constituyen grupos numerosos de especies de amplia distribución que establecen relaciones simbióticas con otros organismos produciendo mecanismos que regulan las poblaciones de especies de vida libre, como en el caso de los peces silvestres, los helmintos pueden determinar la densidad poblacional de éstos (Salgado-Maldonado et al., 2005).

Los ciclos de vida y la ecología de los parásitos mucho depende de la relación de diversos factores, que algunos son propios del hospedero tal como su dieta, su biogeografía, su historia, otros son parte del medio en el que éste vive, como el tipo de cuerpo de agua, pH, temperatura y salinidad y otros más están relacionados con la biología del parásito, como su ciclo de vida (Pérez-Ponce de León et al., 2000). Los parásitos pueden tener un ciclo de vida directo o indirecto, en el primero solo hay un hospedero definitivo; para el segundo caso existen tanto el hospedero definitivo, como uno o varios hospederos intermediarios en donde se desarrollan diferentes etapas larvales, como es el caso de los digéneos quienes utilizan a los moluscos como el primer hospedero intermediario; los peces funcionan como segundo hospedero y generalmente es en éste vertebrado donde se aloja la etapa larval denominada metacercaria.

Hasta el momento, en México se tienen registradas y descritas a por lo menos 1,632 especies de helmintos parásitos. La clase Digenea es la mejor representada, siguiéndole Nematoda, Monogenea, Cestoda y en menor número Acanthocephala, Hirudinea y Aspidogastrea . Se estima que el número de helmintos registrados hasta el momento sólo representa el 20% de la helmintofauna mexicana (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001). Los helmintos que, generalmente, parasitan peces de aguas continentales de México son nemátodos (adultos y larvas) y trematodos, adultos y metacercarias (Salgado-Maldonado et al., 2005); sin embargo se estima que hay muchas más especies que no han sido descritas, probablemente por la falta de muestreos. Es por ello que es importante el estudio de los helmintos en peces, no solo por su relevancia en temas taxonómicos y fáusticos, sino también por su relación en salud pública y asuntos económicos (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001).

Familia Goodeidae en México

Se consideran diez familias de peces mexicanos como las que aportan la mayor cantidad de especies endémicas al país, entre éstas se contempla a la familia Goodeidae (Aguilar, 2003). La familia Goodeidae Jordan, 1880 (Pises: Cypridontiformes) se divide a su vez en dos subfamilias: Empetrichthynae Jordan, Evermann y Clark, 1930 y Goodeinae Jordan 1923. Ésta última es la más diversa, se conforma por 17 géneros y 40 especies, que se distribuyen en las partes altas del Altiplano Central Mexicano y en algunos lagos adyacentes, de donde son endémicos. En la vertiente Atlántica se registran 4 especies, mientras que en la vertiente Pacífica se reconocen aproximadamente 36 especies y en el Río Agua Naval, como cuenca interior, cuenta con 2 especies (Domínguez-Domínguez, 2006). Mientras que la subfamilia

Empetrichthyinae sólo incluye a dos géneros distribuidos en algunas regiones del sudoeste de Estados Unidos.

La familia Goodeidae contempla aproximadamente 42 especies de peces vivíparos que habitan desde el sur de los Estados Unidos hasta la parte central de México (Paulo-Maya y Trujillo-Jiménez, 2000). En el territorio mexicano, la mayoría de los goodeidos se confinan en las cuencas de: Lerma-Chapala-Santiago, Pánuco (vertiente atlántica), Ameca, Balsas, Armeria, Máscota y Ayuquila (vertiente Pacífica) y el Río Agua Naval; siendo la cuenca Lerma-Chapala-Santiago la más rica en diversidad de peces goodeidos, no obstante éste complejo acuático presenta los más altos índices de contaminación provocados por las continuas descargas industriales, domésticas y agrícolas (Domínguez-Domínguez, 2006) y como consecuencia existe una rápida fragmentación del hábitat, haciendo de esta manera que la distribución de los goodeidos sea obligadamente reducida y que en muchos casos se ponga en riesgo la integridad de varias especies (Soto-Galera y Paulo, 1995; en Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros, 2006). La Legislación mexicana protege por medio de la NOM (2001) 14 especies de goodeidos, sin embargo, las recientes observaciones de Domínguez-Domínguez (2006) aclaran que la lista de goodeidos bajo algún tipo de protección debería aumentar a más de 24 especies.

Características generales de *Girardinichthys*

El género *Girardinichthys*, pertenece a la división Goodeinae, y esta compuesto por tres especies: *G. viviparus* Bustamante, 1937 (mezcalpique), *G. multiradiatus* Meek, 1904 y *G. ireneae* Radda, 2003. En el Apéndice 1 se anexan las sinonimias consideradas para dos de las especies de este género.

Una de las características distintivas de *Girardinichthys* es el número de radios en las aletas caudal y anal; frecuentemente se presentan de 28 a 30 y de 14 a 16 radios, respectivamente. La talla de los adultos sobrepasa los 80 mm de longitud total y son peces vivíparos con un alto grado de dimorfismo sexual. Los machos presentan una aleta anal modificada, llamada espermatopodio, que funciona como un órgano que facilita la fecundación interna. Las hembras, generalmente, son más grandes en talla que los machos. La coloración de los peces en ambos sexos es verde olivo brillante con franjas oscuras en los costados; sin embargo, las hembras pueden cambiar de color a un tono más opaco. La aparición de líneas oscuras en las aletas impares y una mancha genital oscura, en las hembras, son características que indican a los machos que son receptivas durante la época de reproducción (Wischnath, 1993).

El periodo de reproducción es continuo durante el año, pero se acentúa más en los meses de febrero a octubre, las crías nacen en un mayor porcentaje en los meses de mayo y junio, posiblemente este relacionado con el clima cálido de estos meses. Se ha observado que la época de reproducción se inhibe cuando la temperatura es menor a los 19 °C (Wischnath, 1993). El número de crías tiene una marcada relación con respecto al tamaño de las hembras. En aquellas hembras que miden entre 30 y 45 mm de longitud patrón, el número de crías es de 8 a 32, con un promedio de 17. Por encima de las tallas antes mencionadas, el número de crías es hasta 114, con un promedio de 48 crías.

Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros (2006) afirman que los goodeidos se alimentan principalmente de la superficie del agua pasando por los diferentes niveles de la columna de agua. La dieta general de *Girardinichthys* consta de 12 componentes alimenticios, de los cuales, 11 son de origen animal y la mayoría de ellos son insectos (Hymenoptera, Odonata,

Ephemeroptera, Diptera, Thysanoptera, Hemiptera, Coleoptera y Collembola) y un componente de origen vegetal (algas filamentosas), por lo que se considera que éstos goodeidos presentan hábitos entomófagos. Cabe hacer notar que las hembras prefieren alimentarse de más vegetación, mientras que los machos optan por los insectos.

La distribución del género se restringe a las cuencas de: Lerma-Chapala-Santiago, la parte alta del Pánuco y en diferentes embalses que forman parte de dichas cuencas, tal como en el lago de Chalco, lago de Chapultepec, lago de Texcoco, lago de Xochimilco, lago de Zumpango, entre otros pequeños canales. Sin embargo, en algunos de estos lugares, como los lagos de Chalco y Texcoco, ya han desaparecido estas especies debido a la mala conservación y contaminación. En el Estado de Hidalgo, antiguamente se registraba la presencia de *G. viviparus* en varios sistemas hídricos, como en las presas Endhó y La Requena, y en diversas corrientes en las cercanías de Tepejí del Río, pero en la actualidad se desconoce su estado de conservación, puesto que se carece de investigación y muestreo en las zonas antes mencionadas.

En la actualidad, la distribución *Girardinichthys* es muy restringida y, por lo menos, *G. viviparus* está catalogada en NOM-059-SEMARNAT-2001 como una especie en peligro de extinción, de igual manera la World Conservation Monitoring Centre (WCMC, 1990 en Flores y Gerez, 1994) registran a esta especie como en peligro de extinción (Soria-Barreto et al., 1996). Hasta el presente trabajo, no se conocía ninguna población natural de la especie y solo se sabía de algunas pequeñas poblaciones en los lagos de Chapultepec y Xochimilco, que son mantenidas por la reintroducción de peces reproducidos en acuarios.

Debido al inminente riesgo de extinción, no sólo del género *Girardinichthys* sino de todos los goodeidos mexicanos, la Facultad de Biología de La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, formuló un programa de conservación y manejo de estos peces vivíparos,

cuyo objetivo principal es el mantener una colección viva de goodeidos de todo el país, cultivarlos, reproducirlos y mantener un banco de germoplasma, con el fin de estudiarlas con más detalle (Domínguez-Domínguez, 2006).

ANTECEDENTES

En México, el estudio de helmintos parásitos inició en 1860, poco después de que fuera fundada la Sociedad Mexicana de Historia Natural. Los primeros estudios de Parasitología fueron enfocados a eliminar plagas agrícolas y para buscar tratamiento de las parasitosis en el hombre y en animales domésticos. Tiempo después, cuando se creó el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en 1929, la Parasitología tomó otro rumbo, con el objetivo de no sólo conocer los parásitos de fauna doméstica, sino también los parásitos de animales silvestres con un enfoque biológico (Lamothe-Argumedo, 1993; García-Altamirano, 2003).

El estudio de la helmintofauna en peces es una de las ramas de la Parasitología Animal relativamente reciente. Los pioneros en esta área fueron investigadores como Flores-Barroeta quien examinó peces comerciales de diversas localidades del país y Lamothe-Argumedo que se enfocó en el estudio de la fauna acuática nativa. Ambos hicieron significativas aportaciones en el aspecto morfológico y epizootiológico de la helmintofauna mexicana (Astudillo-Ramos y Soto-Galera, 1997).

Los peces es uno de los grupos de vertebrados mejor estudiados en México por dos razones: su interés biológico, debido a la alta diversidad de peces dulceacuícolas que existe en el país y por su interés en salud pública derivada de la Parasitología, debido a que los peces funcionan como hospederos definitivos o intermediarios y son hospederos potenciales de helmintos de riesgo zoonótico, siendo un motivo de preocupación y estudio, a consecuencia de que en los últimos años los peces han sido una importante fuente de alimento (Lamothe-Argumedo, 1994). De acuerdo con Pérez-Ponce de León y García-Prieto (2001), en el país se han

descrito 537 especies de helmintos de peces que participan tanto como hospederos definitivos como intermediarios.

Los estudios de helmintos en peces en el estado de Hidalgo son pocos, si se observa desde la perspectiva de la extensión territorial. Los primeros estudios se realizaron en el Centro Piscícola de Tezontepec de Aldama, donde López-Jiménez (1981) reportó una especie de céstodo (*Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934) en las carpas herbívoras provenientes de China. Arizmendi (1992) hace la descripción de las etapas larvarias y la fase adulta de *Centrocestus formosanus* Nishigori, 1924; las metacercarias de este digéneo enquistadas en las branquias de los peces ocasionaron serios problemas de epizootia en el Centro Piscícola de Tezontepec.

Monks et al. (2005) realizaron el primero inventario de la biodiversidad de helmintos en los peces de la Barranca de Metztitlán, reportando seis especies de parásitos (*Clinostomum complanatum* Rudolphi, 1814, Diplostomidae gen. sp., *Posthodiplostomum minimum* MacCallum, 1921, *B. acheilognathi*, *Glossocercus* sp. y *Contracaemum* sp.) en siete especies de peces dulceacuícolas, de las cuales cinco son nativas de la laguna de Metztitlán. Éstos resultados fueron publicados posteriormente como parte de los productos del proyecto “Inventario de las helmintiasis en peces y su riesgo potencial zoonótico en comunidades indígenas de la Reserva de la Biosfera de Barrancas de Metztitlán, Hidalgo”, formando así, el primer estudio parasitológico detallado en el Estado (Monks-Sheets, et al., 2006).

En la misma localidad, Gutiérrez-Cabrera (2004) y Gutiérrez-Cabrera et al. (2005) reportaron la presencia del céstodo *B. acheilognathi* en ocho especies de peces nativos e introducidos en Río Venados/Metztitlán y Laguna de Metztitlán. Los autores demostraron que la mayor prevalencia de este céstodo se presenta en peces nativos, como es el caso de *Chirostoma*

jordani Woolman, 1894. Finalmente, Salgado-Maldonado (2006) publicó un listado de helmintos parásitos de peces mexicanos, en este trabajo, él registró 25 parásitos en 26 especies de peces del estado de algunas recolectas esporádicas.

Helmintos parásitos de *Girardinichthys*

Los peces dulceacuícolas pueden ser infectados por diferentes tipos de parásitos. En algunos casos los peces funcionan como hospederos definitivos, en otros, como hospederos intermediarios, formando así parte de la cadena trófica de otro vertebrado. A pesar de que la familia Goodeidae tiene gran importancia biológica en México, los estudios helmintológicos sobre esta familia son escasos (Peresbarbosa-Rojas et al., 1994). *Girardinichthys multiradiatus* es la especie mejor estudiada en cuanto a reportes helmintológicos se refiere; hasta la fecha, es considerada como representante de la helmintofauna del género. En su mayor parte, los estudios parasitológicos de *G. multiradiatus* fueron realizados en la cuenca del Lerma-Santiago (Sánchez-Nava et al., 2004; Salgado-Maldonado, 2006), ya que esta área de estudio es considerada el principal hábitat de estos goodeidos.

Lamothe-Argumedo (1970) realizó el primer trabajo de helmintos de *G. multiradiatus*, describiendo a un nuevo género y especie de trematodo: *Margotrema bravoae*, parásito del intestino del pez. Este mismo autor y colaborador (Lamothe-Argumedo y Cruz-Reyes, 1972) reportaron la presencia de larvas de *Ligula intestinalis* (Goeze, 1782) Gmelin, 1790 en el intestino de *G. multiradiatus* (reportado como *Lemirchthys multiradiatus*), que para dicho céstodo los goodeidos funcionan como hospedero intermediario, terminando su ciclo infectando aves.

León-Règagnon (1992) realizó un estudio helmintológico en algunos vertebrados acuáticos de la ciénaga de Lerma, entre ellos *G. multiradiatus*, reportando en éste dos especies parásitas: *Posthodiplostomum* sp. en estado de metacercaria y *Bothriocephalus acheilognathi* en estado adulto. Ésta última especie, ahora es diseminado por muchos cuerpos de agua del país por el cultivo intensivo de ciprínidos de origen asiático (López-Jiménez, 1981; López-Jiménez, 1987; Salgado-Maldonado y Pineda-López, 2003; Gutiérrez-Cabrera et al., 2005).

Pérez-Ponce de León et al. (1992) reportaron por primera vez la presencia de *Ligula intestinalis* en el intestino de aves mexicanas de la cuenca del Río Lerma-Santiago. Este céstodo utiliza a diversos peces dulceacuícolas como hospederos intermediarios. Anteriormente, Lamothe-Argumedo y Cruz-Reyes (1972) registraron la infección de ictiofauna dulceacuícola con plerocercoides (estado larval) de *L. intestinalis* y entre los hospederos que se destacaron fue *G. multiradiatus*. Astudillo-Ramos y Soto-Galera (1997) reportaron la presencia de *Diplostomum* sp. (metacercaria), *L. intestinalis* y *B. acheilognathi*, siendo éste el primer reporte de *Diplostomum* sp. como parásito del hígado y mesenterio de *G. multiradiatus*. Salgado-Maldonado et al. (2001) hicieron un listado de parásitos de peces que habitan el Río Lerma-Santiago. Los hospederos examinados incluyeron *G. multiradiatus* y ellos lograron identificar nueve especies de helmintos (Tabla I) como parásitos de ésta especie. En un análisis más detallado de la helmintofauna de *G. multiradiatus* en la cuenca del Río Lerma-Santiago, Sánchez-Nava et al. (2004) colectaron un total de 13 especies de helmintos parásitos (Tabla I). No obstante, ellos consideran que esta comunidad de helmintos aún es pobre si se compara con la helmintofauna de peces dulceacuícolas de otras partes de México.

Hasta la fecha, *G. viviparus* no ha sido considerada para estudios helmintológicos, probablemente como consecuencia de su limitada distribución, al escaso registro de poblaciones

naturales y que es una especie en riesgo de extinción. Es por ello, que el presente proyecto de tesis es pionero en el tema y forma el primer reporte de helmintos parásitos de esta especie de pez.

Tabla I. Especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* Meek, 1904 registrados para diferentes localidades de la cuenca Lerma-Santiago.

| Especie de Parásito | Sitio | Referencia |
|--|---|---|
| Digenea adulto | | |
| <i>Margotrema bravoae</i> * Lamothe-Argumedo, 1970 | Intestino | Lamothe-Argumedo, 1970; Salgado-Maldonado et al., 2001; Sánchez-Nava et al., 2004. |
| Digenea metacercaria | | |
| <i>Ochetosoma brevicaecum</i> * Caballero y Caballero, 1941 | Mesenterio | Sánchez-Nava et al., 2004. |
| <i>Posthodiplostomum minimum</i> MacCallum, 1921 | *cerebro, ojos, hígado, branquias, aletas, mesenterio | Sánchez-Nava et al., 2004; Salgado-Maldonado et al., 2001. |
| <i>Posthodiplostomum</i> sp.* | músculo, branquias, cavidad del cuerpo, mesenterio, ojos, hígado, riñones | León-Règagnon, 1992 |
| <i>Tylodelphys</i> sp. * | cavidad branquial, branquias, aletas | Sánchez-Nava et al., 2004; Salgado-Maldonado et al., 2001. |
| <i>Diplostomum</i> sp. ‡ | Hígado y mesenterio | Astudillo-Ramos y Soto-Galera, 1997. |

Tabla I (cont.). Especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* Meek, 1904 registrados para diferentes localidades de la cuenca Lerma-Santiago.

| Especie de Parásito | Sitio | Referencia |
|--|--------------------|--|
| Monogenea adulto | | |
| <i>Gyrodactylus elegans</i> * Nordmann, 1832 | Branquias | Sánchez-Nava et al., 2004. |
| Cestoda adulto | | |
| <i>Bothriocephalus acheilognathi</i> * Yamaguti, 1934 | Intestino | León-Règagnon, 1992; Astudillo-Ramos y Soto-Galera, 1997; Salgado-Maldonado, et al., 2001; Sánchez-Nava, et al., 2004. |
| Metacestoda | | |
| <i>Cyclusteria cf. ralli</i> * Dronen, 1986 | Mesenterio | Salgado-Maldonado et al., 2001; Sánchez-Nava, et al., 2004 |
| <i>Ligula intestinalis</i> * (Goeze, 1782) Gmelin, 1790 | cavidad del cuerpo | Lamothe-Argumedo y Cruz-Reyes, 1972; García-Prieto et al., 1987; Astudillo-Ramos y Soto-Galera, 1997; Salgado-Maldonado et al., 2001; Sánchez-Nava et al., 2004. |
| <i>Valipora campylancristrota</i> * Wedl, 1855 | vesícula biliar | Scholz y Salgado-Maldonado, 2001; Sánchez-Nava et al., 2004. |
| Cisticanto Acantocephala | | |
| <i>Polymorphus brevis</i> * Van Cleave, 1916 | pared intestinal | Sánchez-Nava, et al., 2004; Salgado-Maldonado et al., 2006. |

Tabla I (cont.). Especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* Meek, 1904 registrados para diferentes localidades de la cuenca Lerma-Santiago.

| Especie de Parásito | Sitio | Referencia |
|----------------------------|---|--|
| Larvas Nematoda | | |
| <i>Contracecum</i> sp.* | peritoneo, cavidad abdominal, mesenterio, hígado | Sánchez-Nava et al., 2004. |
| <i>Falcaustra</i> sp. * | cavidad abdominal, hígado, vesícula biliar, mesenterio, cerebro | Sánchez-Nava et al., 2004 |
| <i>Spiroxys</i> sp. * | Cavidad abdominal, mesenterio, pared intestinal | Salgado-Maldonado et al., 2001; Sánchez-Nava et al., 2004. |

* Especies reportadas por Sánchez-Nava (2004) recapituladas por Salgado-Maldonado (2006)

‡ Especie de metacercaria que no fue reportada por Salgado-Maldonado (2006).

JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, el Lago de Tecocomulco satisface diferentes usos locales, como la pesca comercial (importante fuente de alimento humano), el turismo náutico, el ecoturismo, la cacería, la extracción de agua en determinadas épocas a través de canales artificiales para el riego agrícola y como abrevadero de ganado ovino y vacuno. Es importante resaltar que del mismo modo, el Lago constituye un lugar de descanso, nidificación e hibernación de aves acuáticas y terrestres migratorias.

Los peces de aguas dulceacuícolas, como cualquier organismo, pueden ser infectados con diferentes especies de parásitos, puesto que pueden funcionar como hospederos definitivos, intermediarios o paraténicos. También es cierto que los peces son hospederos potenciales para especies parásitas que al ser consumidas por el hombre; por un descuido en la forma de cocinar la carne de pescado, pueden ocasionar graves enfermedades.

El estudio e identificación de la helmintofauna de las especies de peces en un área determinada, así como los datos de la caracterización infectiva (prevalencia, abundancia e intervalo de intensidad) son de importancia ecológica debido a que aportan información sobre la interacción parásito-hospedero, los factores que influyen en los hábitos alimenticios, ciclos de vida y distribución. Esta importancia es multiplicada cuando el hospedero de interés es una especie en riesgo de extinción porque la información resultante será esencial para planificar su manejo y conservación.

OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la fauna de helmintos de *Girardinichthys viviparus* que habita el Lago de Tecocomulco.

Objetivos particulares

- 1) Identificar, al nivel taxonómico de lo posible, cada una de las especies de helmintos parásitos de *G. viviparus* de Lago de Tecocomulco
- 2) Caracterizar las poblaciones de cada especie de helminto de *G. viviparus* mediante los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia, intensidad promedio e intervalo de intensidad.

ÁREA DE ESTUDIO

El Lago de Tecocomulco es el último humedal relictivo de los históricos lagos del Valle de México; además, constituye un lugar de nidificación, descanso e hibernación de aves acuáticas y terrestres que migran desde el sur de Canadá y el norte de los Estados Unidos (lugar de hibernación de la avifauna del neártico). Por lo cual, el lago se cataloga como un sitio RAMSAR (Convención de Humedales de Importancia Internacional) 1322 y AICA (Área de Importancia para la Conservación de las Aves) 224 (Huizar-Álvarez y Ruiz-González, 2005).

Se estima que cada invierno visitan el lago representantes de 37 especies de aves acuáticas migratorias (Huizar-Álvarez y Ruiz-González, 2005), lo que ha dado origen a que se organicen diversas convenciones y consejos nacionales como internacionales para su protección. A pesar de la gran importancia que representa el lago, aún falta mucha más información sobre la biodiversidad que alberga, por lo que el propósito de este proyecto de tesis es realizar el primer estudio de los parásitos de una especie de pez nativo del lago.

Aspectos geográficos

El Lago de Tecocomulco se ubica al sureste del estado de Hidalgo, en la cuenca hidrológica que recibe el mismo nombre. Se encuentra entre los paralelos 19°53'20" y 19°50'08" de latitud Norte y 98° 21'54" y 98°25'44" de longitud Oeste, con una altitud media de 2,514 metros sobre el nivel del mar y cuenta con una superficie aproximada de 1,769 hectáreas. El Lago está comprendido dentro de la provincia del eje volcánico transversal, además pertenece a la región hidrológica No. 26 del Río Pánuco. El Lago de Tecocomulco se localiza dentro de los municipios de Tepeaculco, Apan y Cuatepec de Hinojosa (Figura 1) y para estas regiones el

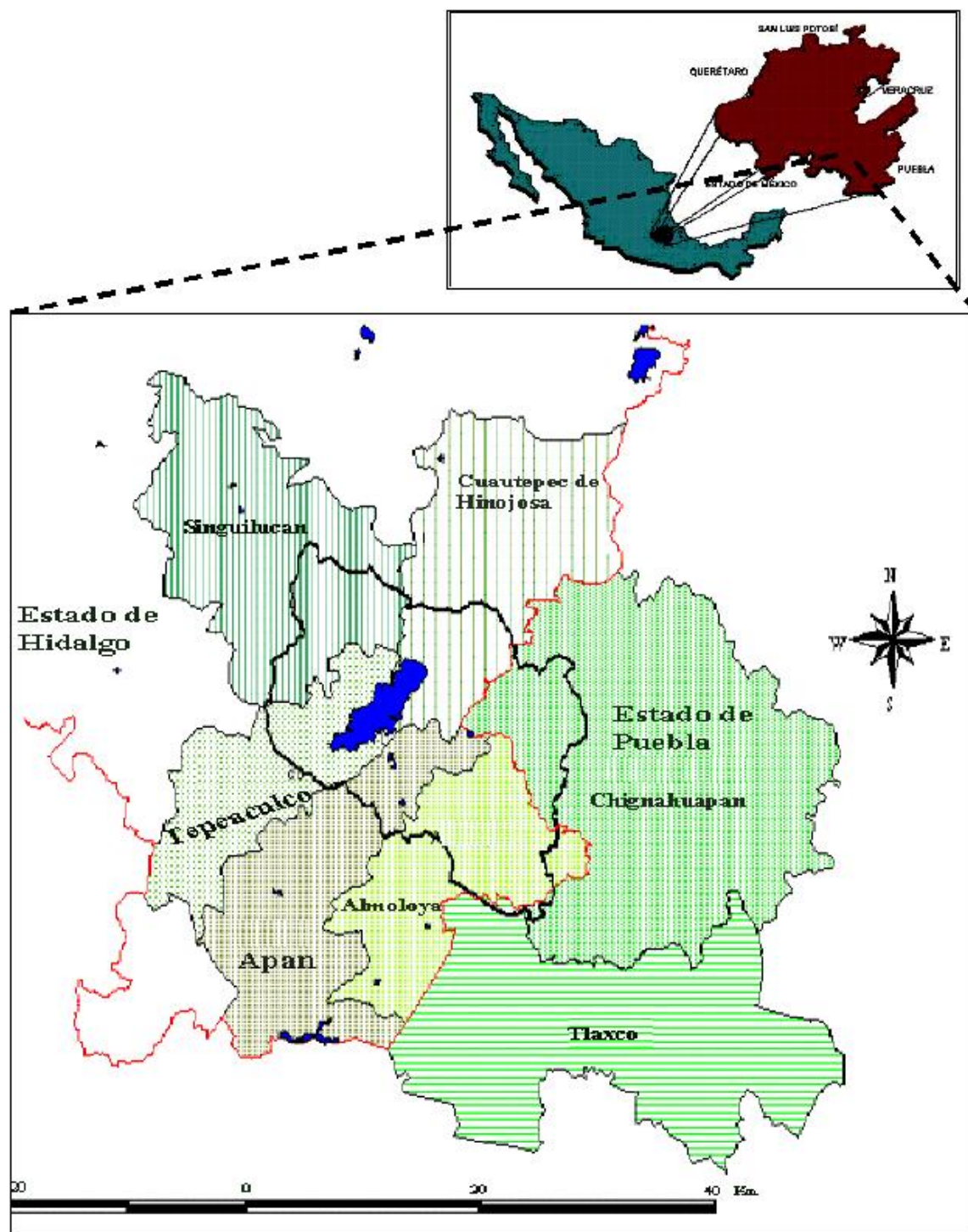
embalse se comporta como un vaso regulador para recargar los sistemas acuíferos más cercanos (Ecología, 2003; Huizar-Álvarez y Ruiz-González, 2005).

Acorde con la clasificación climática de Köppen, modificada por García (1988), la cuenca hidrológica de Tecocomulco presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (correspondiente a los meses de julio a septiembre) con una temperatura media anual que oscila en promedio entre los 12°C y 18°C. En época de frío las temperaturas van entre los 3°C y 18°C y en época de calor hay temperaturas entre los 7°C y 22°C. La precipitación pluvial media anual es de 600 a 700 mm y el período de estiaje se encuentra en los meses de diciembre a marzo.

Cuando es época de lluvia, el Lago puede alcanzar a cubrir hasta 5,300 ha y en época de estiaje la fluctuación del agua puede descender hasta 1,500 ha. El Lago se alimenta de los manantiales de la cañada de Alcantarillas.

Flora y fauna

El agua del lago de Tecocomulco es el medio de vida de una gran biodiversidad, que comprende desde los productores primarios del fitoplancton hasta los consumidores terminales de la cadena trófica como son los peces y las aves acuáticas piscívoras y el hombre (Huizar-Álvarez y Ruiz-González, 2005). En cuanto a la flora, en el embalse se observan a por lo menos 35 especies de plantas acuáticas representantes de 21 familias; la mayoría de esta vegetación sirve como fuente primaria de alimentación para peces y aves acuáticas que habitan el Lago (Ecología, 2003).



Fig

Figura 1. Localización geográfica del Lago de Tecocomulco en el Estado de Hidalgo. Modificado de Cabrera-Quintanar, 2005. En color azul se destaca el Lago de Tecocomulco.

De acuerdo con el diagnóstico íctico realizado por NOM (2005), reportaron las siguientes especies de peces: *Chirostoma* sp. (charal), *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 var. *specularis* (carpa espejo o Israel), *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 var. *rubrofuscus* (carpa barrigona), *Ctenopharyngodon idella* Valenciennes, 1844 (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).

Así también, en el embalse de Tecocomulco habitan algunas especies de anfibios como el ajolote, *Ambystoma velasci* Duges, 1888 y anuros como *Rana moctezumae* Baird, 1854 y *Rana pipiens* Schreber, 1782. Las especies *R. moctezumae* y *A. velasci*, de acuerdo con la NOM (2001) están bajo protección especial (Ecología, 2003).

El grupo de vertebrados mejor representado en Lago de Tecocomulco, y por el cual se considera como un área prioritaria para su conservación, son las aves que en su mayoría son migratorias. Se considera que habitan en la cuenca por lo menos 120 especies; 42 especies son acuáticas y 78 son terrestres. De las especies con hábitos acuáticos, 29 migran a Canadá o al norte de Estados Unidos, tal es el caso de *Egretta tula* Molina (garcita blanca con dedos amarillos), *Casmerodius albus* Linnaeus, 1758 (garzón blanco), *Anas discors* Linnaeus, 1758 (cerceta de alas azules) y *Oxyura jamaicensis* Gmelin, 1789 (pato tepalcate), entre otras más. Asimismo, el Lago cuenta con 13 especies residentes y algunos individuos de las especies antes mencionadas residen todo el año en el Lago. Algunas especies tienen un alto valor biológico, como *Anas diazi* Ridgway, 1886 (pato mexicano) y *Cairina moschata* (Linnaeus, 1758) que están catalogadas por la NOM (2001) como especies en peligro de extinción. También, hay aves que tienen un interés cinegético, como es el caso de *Fulica americana* Gmelin 1789 (gallereta) y

Gallinula chloropus Linnaeus, 1758 (gallina de agua). Finalmente, *Mustela frenata* Lichtenstein, 1831 (la comadreja o mangosta) antiguamente fue el mamífero mejor representado en el Lago, pero hoy en día es muy escaso (Ecología, 2003).

Pesca y acuicultura

En Tecocomulco se encuentran operando dos organizaciones de pescadores legalmente reconocidas por la autoridad que cuentan con un control de registro de las artes y equipos de pesca. Tales organizaciones están consientes de la preservación de la biodiversidad y los ecosistemas nativos, por lo que se han establecido sistemas de aprovechamiento de la especie introducida, *Cyprinus carpio*, determinando áreas para el desarrollo de crías y juveniles (NOM, 2005).

El mal aprovechamiento del resto de los recursos naturales, el cambio del uso del suelo hacia actividades agrícolas y un pastoreo desmedido, han ocasionado un daño directo e indirecto al lago, acumulándose constantemente en el fondo de éste grandes cantidades de suelos erosionados que son arrastrados desde las partes altas del lago. Ésta condición afecta no sólo las características fisicoquímicas del agua, también repercute en la disminución de la extensión y profundidad del lago. Del mismo modo, hay consecuencias en la flora y la fauna que en el Lago residen (Ecología, 2003).

MATERIAL Y MÉTODO

Colecta del material biológico

Para la realización del presente trabajo se colectaron un total de 99 hospederos (*Girardinichthys viviparus*) en dos colectas mensuales del 2007. En febrero, se recolectaron la mayoría de los peces examinados debido al uso de una máquina de electropesca, que suministra descargas eléctricas de manera moderada en voltaje e intensidad a la superficie acuática, con el fin de aturdir a los peces, pero sin matarlos, para facilitar su captura con redes de mano. Para el mes de marzo la recolección de goodeidos se realizó con redes agalleras que tienen diferentes tamaños de luces de malla, que están debidamente legalizadas según lo dicta la Norma Oficial Mexicana (NOM, 2005). Los goodeidos se capturaron con un diámetro de luz de malla menor a los 2 cm. Éstas redes fueron colocadas por los pescadores una noche antes y fueron levantadas al amanecer. Cabe destacar que en la primera recolecta, se recibió el apoyo técnico de dos investigadores de la Universidad de Navarra, España.

Los ejemplares colectados se trataron de conservar vivos en cubetas con agua del lago para que los peces no resintieran el cambio de temperatura y composición del agua. Los peces fueron trasladados al Laboratorio de Morfología Animal, Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) para su posterior examinación helmintológica. Sin embargo, muchas de éstos ejemplares murieron antes de llegar al laboratorio; por lo que se procedió a fijarlos en alcohol etílico (EtOH) al 96%, separándose en dos frascos de acuerdo al sexo y posteriormente fueron revisados durante el transcurso del año 2007. Los peces de la segunda recolecta fueron examinados inmediatamente después al regresar al laboratorio.

Revisión helmintológica

Cada uno de los peces fue sometido a un examen helmintológico completo que comprendió tanto de un examen externo revisando boca, opérculos, base de las aletas, aletas, superficie del cuerpo, orificios nasales y ojos, así como un examen interno en el cual se realizó una incisión ventral en plano sagital para obtener las vísceras. Cada uno de los órganos se separó y se colocó en cajas de petri para evitar la deshidratación de los mismos. Los órganos de los peces fijados y no fijados se revisaron con solución salina al 0.6%. Enseguida, con la ayuda de agujas de disección finas y un microscopio estereoscópico, se desgarraron cada uno de los órganos en busca de helmintos parásitos. Además de la cavidad abdominal, también se revisó la cavidad cefálica que fue desgarrada con el apoyo de pinzas de punta fina y fue revisada junto con su contenido cerebral.

Recolección, fijación y conservación de helmintos parásitos

Los helmintos parásitos encontrados durante el examen helmintológico fueron recolectados con la ayuda de pinceles finos y puestos en cajas de petri para su conteo. Después, los helmintos fueron fijados y almacenados de acuerdo con las técnicas de helmintología convencionales (Pritchard y Kruse, 1982).

Las metacercarias que se encontraban aún vivas en el momento de la disección se sacrificaron con agua caliente con el propósito de evitar la contracción corporal. Después, los digéneos se colocaron en frascos homeopáticos con solución AFA (Ácido acético glacial 10%, Formol 10% y Alcohol 80%) para su fijación. Transcurridas de 8 a 24 horas se retiró la solución AFA y se añadió al EtOH de 70% para su conservación. Los monogéneos fueron recolectados de hospederos previamente fijados por lo que sólo fue necesaria su conservación en frascos con

EtOH de 70%. Todos los frascos ocupados durante el proceso de la examinación de hospederos fueron debidamente etiquetados y guardados hasta el momento de iniciar el proceso de tinción.

En la etapa de tinción se utilizaron dos colorantes: Mayer's Carmalum y Hematoxilina de Delafield; ambos se emplearon para teñir las metacercarias, mientras que para los monogéneos sólo se empleo el primer colorante mencionado. Posteriormente, los helmintos fueron montados en portaobjetos y cubreobjetos con bálsamo de Canadá.

Todos los ejemplares de nemátodos se recolectaron de hospederos previamente fijados y por lo que sólo se conservaron en ETOH de 70%. El proceso de aclaración de los nemátodos fue realizado usando glicerina según las técnicas de helmintología convencionales (Pritchard y Kruse, 1982); posteriormente fueron montados en preparaciones temporales con glicerina al 50%.

Identificación taxonómica de parásitos

La identificación taxonómica de los helmintos se realizó con la ayuda de claves dicotómicas (Yamaguti, 1971) para determinar a que géneros los monogéneos y las metacercarias pertenecen. Subsecuentemente, para los nemátodos, se consultó la literatura de la descripción original del género y las diferentes especies mexicanas pertenecientes al mismo (Moravec y Arai 1971; Moravec et al., 1995; Sánchez-Álvarez et al., 1998; Caspeta-Mandujano et al., 2000; Mejía-Madrid y Pérez-Ponce de León, 2003).

Parámetros ecológicos utilizados para el cálculo de la caracterización de la infección

Para caracterizar la infección de cada especie de helmintos parásitos de *G. viviparus*, se calcularon los parámetros ecológicos recomendados por Margolis et al. (1982) y Bush et al. (1997):

Prevalencia: El número de individuos de una especie de hospedero que esta infectado con un número de individuos de una especie particular de parásitos, dividido entre el número total de hospederos revisados, este número incluye tanto a los hospederos infectados como a los no infectados. Este parámetro es expresado en porcentaje.

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{No. hospederos parasitados}}{\text{No. hospederos examinados}} \times 100$$

Abundancia: El número total de parásitos de una especie en particular dividido entre el número de hospederos de la misma especie examinados. La abundancia nos indica como se dispersa la especie de parásito en la muestra de la especie de hospedero.

$$\text{Abundancia} = \frac{\text{No. Parásitos de una especie}}{\text{No. Hospederos examinados}}$$

Intensidad promedio: El número total de parásitos de una especie entre el número de hospederos parasitados. El resultado que arroja este parámetro nos indica el número de parásitos de una especie encontrados en la muestra de hospederos.

$$\text{Intensidad promedio} = \frac{\text{No. Parásitos de una especie}}{\text{No. Hospederos parasitados}}$$

Intervalo de intensidad: Número mínimo y máximo de individuos de una especie de parásitos en una especie de hospedero. Indica el rango de organismos parásitos en una muestra de hospederos infectados.

$$\text{Intervalo de intensidad} = \text{No. Máximo a No. Mínimo}$$

RESULTADOS

Del total de hospederos revisados (99 individuos: 46 machos y 53 hembras), se aislaron e identificaron tres especies de helmintos parásitos (Tabla II): un digéneo, *Diplostomum* sp., en estado larval (metacercaria); un nemátodo, *Rhabdochona* sp. y un monogéneo, *Gyrodactylus* sp., estos últimos en estado adulto. Por la observación de ejemplares adultos tanto de *Rhabdochona* sp. como *Gyrodactylus* sp., en sus respectivos hábitat (Tabla II), se deduce que estos helmintos utilizan a *Girardinichthys viviparus* como su hospedero definitivo mientras que para la metacercaria este goodeido actúa como hospedero intermediario, ya que, como es conocido el ciclo de vida de los miembros de éste género se completa en un ave ictiófaga. A la continuación, los resultados de este trabajo se presentan en dos fases: en la primera se marca la caracterización morfológica de cada uno de los helmintos con un corto comentario taxonómico; y la segunda parte consiste en la caracterización de la infección basada en el cálculo de los parámetros ecológicos para la comunidad componente (todas las especies de helmintos en una población de hospederos) y de acuerdo al sexo del pez.

Tabla II. Especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys viviparus* Bustamante, 1837 del Lago de Tecocomulco, Hidalgo.

| Espece parásito | Estadio | Sitio |
|--------------------------------------|--------------|----------------------------|
| Digenea <i>Diplostomum</i> sp. | metacercaria | Cerebro, mesenterio y ojos |
| Nematoda <i>Rhabdochona</i> sp. | adulto | Intestino delgado |
| Monogenea <i>Gyrodactylus</i> sp. | adulto | Piel |

Caracterizaciones morfológicas

Diplostomum sp.

La siguiente caracterización morfológica está basada en la observación de 30 ejemplares en estado larval y en los trabajos citados. Las metacercarias recolectadas se localizaron en la cavidad cefálica, en el mesenterio y en el globo ocular de los goodeidos. En vivo, son de color blanco y se mueven activamente. No forman un quiste de origen parasitario (Osorio-Sarabia et al., 1986).

Las metacercarias son de cuerpo lingüiforme, ligeramente cóncavo y en la parte posterior se observa una pequeña prominencia cónica. La ventosa oral esta en posición anterior subterminal, de forma circular. El acetábulo se encuentra en posición ventral, en el tercio posterior del segmento anterior y es casi circular. El órgano tribocítico se encuentra por debajo del acetábulo, de forma oval y tiene una hendidura longitudinal muy marcada (Figura 2). Llegan a presentar pseudoventosas en la parte anterior (Osorio-Sarabia et al., 1986).

El aparato digestivo inicia con la boca, que se abre en medio de la ventosa oral. Le sigue una corta prefaringe, luego la faringe, de aspecto muscular, enseguida por un corto esófago, que da paso a la bifurcación cecal, en donde el aparato se divide en dos ciegos. Los ciegos corren paralelos a lo largo del cuerpo y llegan hasta la parte terminal del segmento anterior.

El aparato reproductor esta representado únicamente por un esbozo genital dada la condición de formas larvarias (Yamaguti, 1971).

El aparato excretor esta dividido en dos regiones: un aparato excretor primario protonefridial y un aparato excretor de reserva, también llamado plexo paranefridial. En algunos ejemplares, este último es representado por tres canales longitudinales poco definidos que van a

lo largo de todo el cuerpo, llevando en su interior corpúsculos calcáreos esféricos (Osorio-Sarabia et al., 1986).

Información taxonómica

Hábitat: líquido cefalorraquídeo, mesenterio y ojos

Número de catálogo: CHE-UAEH: P00051-01, P00051-02, P00051-03, P0051-04, P00051-05, P00051-06, P00051-07, P-00052-01, P-00052-02, P-00052-03, P-00052-04

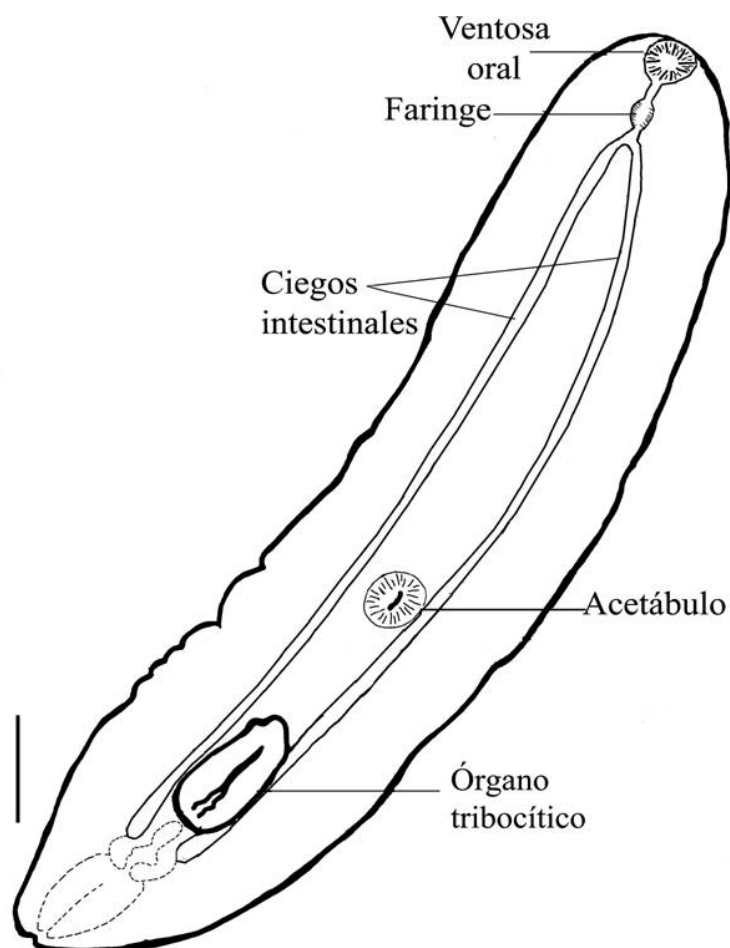


Figura 2. Vista ventral de un ejemplar en estado larval (metacercaria) de *Diplostomum* sp.

HGO-07-256-01 Escala = 0.21 mm.

Comentarios generales

Las metacercarias que se observaron en el líquido cefalorraquídeo, en el mesenterio y en los ojos de *G. viviparus* corresponde con las características morfológicas de las etapas larvales de *Diplostomum* sp. de acuerdo con Hoffman (1960). Las metacercarias cuentan con las siguientes características principales: segmento anterior foliáceo cóncavo ventralmente, segmento posterior con una pequeña prominencia cónica y el aparato excretor de reserva consiste en un sistema de túbulos con un arreglo de corpúsculos calcáreos redondeados o elipsoidales. Las pseudoventosas no fueron visibles en los ejemplares recolectados de los goodeidos de Lago de Tecocomulco. Sin embargo, esta es una característica que Osorio-Sarabia et al. (1986) marca como opcional debido a la dificultad de distinguirlas.

Yamaguti (1971) enlista un total de 54 especies de digéneos que, en estado adulto, parasitan aves ictiófagas, como las aves de las familias Zaridae y Anatidae, que están representadas en el Lago de Tecocomulco. Se contempla que los miembros de *Diplostomum* tienen una distribución cosmopolita, debido a que el hospedero definitivo (aves) contribuye a su dispersión por exhibir hábitos migratorios. Especies de diversos géneros de peces dulceacuícolas actúan como hospederos intermediarios para las metacercarias de *Diplostomum*. Sólo por mencionar algunos a nivel mundial: *Cyprinus* Linnaeus, 1758; *Salmo* Linnaeus, 1758, *Gobious* Linnaeus, 1758 *Cobitis* Linnaeus, 1758; *Ctenopharingodon* Steindachner 1866; *Rutilus* Rafinesque, 1820; *Micropterus* Lacepede, 1802; *Esox* Linnaeus, 1758; *Carassius* Nilson, 1832; *Nemachilus* Bleeker, 1863; *Lepomis* Rafinesque, 1819; *Parachromis* Agassiz, 1859; *Petenia* Gunther, 1862; *Perca* Linnaeus, 1758, entre otros (Yamaguti, 1971). En México, las metacercarias de *Diplostomum* son registradas como parásitas de diversas especies de peces de agua dulce, como se muestra en la Tabla III.

Tabla III. Peces dulceacuícolas mexicanos infectados con metacercarias de *Diplostomum* sp. (fuente = Astudillo-Ramos y Soto-Galera, 1997[*]; Salgado-Maldonado 2006).

| Hospedero | Localidad |
|--|-----------------------|
| Atherinopsidae | |
| <i>Chirostoma attenuatum</i> | Michoacán |
| <i>Chirostoma estor</i> | Michoacán |
| <i>Chirostoma jordani</i> | Guanajuato |
| Centrarchidae | |
| <i>Micropterus salmonides</i> | Sonora |
| Characidae | |
| <i>Astyanax aeneus</i> | Jalisco, Oaxaca |
| <i>Astyanax mexicanus</i> | San Luis Potosí |
| Cichlidae | |
| <i>Archocentrus nigrofasciatum</i> | Hidalgo |
| <i>Cichlasoma geddesi</i> | Campeche |
| <i>Cichlasoma urophthalmus</i> | Hidalgo |
| <i>Herichthys cyanoguttatus</i> | Hidalgo |
| <i>Herichthys labridens</i> | Hidalgo |
| <i>Herichthys pearsei</i> | Campeche |
| <i>Oreochromis mossambicus</i> | Sonora |
| <i>Petenia splendida</i> | Tabasco, Campeche |
| <i>Thorichthys helleri</i> | Campeche |
| <i>Vieja fenestrata</i> | Veracruz, Tabasco |
| Cyprinidae | |
| <i>Yuriria alta</i> | Guanajuato |
| Goodeidae | |
| <i>Girardinichthys multiradiatus</i> * | Estado de México |
| <i>Goodea atripinnis</i> | Guanajuato, Michoacán |

Tabla III (cont.). Peces dulceacuícolas mexicanos infectados con metacercarias de *Diplostomum* sp. (fuente = Astudillo-Ramos y Soto-Galera, 1997[*]; Salgado-Maldonado 2006).

| Hospedero | Localidad |
|------------------------------|-------------------|
| Heptapteridae | |
| <i>Rhamdia guatemalensis</i> | Veracruz |
| <i>Ictalurus furcatus</i> | Chiapas, Tabasco |
| <i>Ictalurus punctatus</i> | Sonora |
| Lepisosteidae | |
| <i>Atractosteus tropicus</i> | Tabasco |
| Poeciliidae | |
| <i>Poecilia catemaconis</i> | Veracruz |
| <i>Poecilia mexicana</i> | Hidalgo, Veracruz |
| <i>Poecilia sphenops</i> | Nayarit |
| <i>Poeciliopsis gracilis</i> | Hidalgo |
| <i>Poeciliopsis infans</i> | Guanajuato |

***Rhabdochona* sp.**

De acuerdo con las observaciones detalladas realizadas en tres ejemplares, se determinó que tales helmintos pertenecen al género *Rhabdochona* Raillet, 1916 (Figura 3), que se distingue por las siguientes características morfológicas: la cabeza y el cuerpo están cubiertos por una cutícula lisa; la cápsula bucal en posición anterior presenta una forma de embudo con o sin dientes basales; el anillo nervioso está en el extremo anterior del esófago muscular. El sistema digestivo se inicia con una boca formada por dos labios, con una abertura oral que es oval y está rodeada por papilas cefálicas y dos anfidios. Sigue un esófago, moderadamente largo, compuesto por dos partes diferentes: una porción glandular y otra muscular (Yamaguti, 1971).

Los machos se caracterizan por tener una cola puntiaguda, un ala caudal angosta y numerosas y simples papilas preanales. Las dos espículas son desiguales en tamaño.

Las hembras poseen una cola recta y alargada. La vulva se ubica en la región media del cuerpo. Finalmente, los huevos larvados tienen forma elíptica (Yamaguti, 1971; Vidal-Martínez et al., 2001). Sin embargo, no fue posible asignar una especie a los ejemplares observados debido al escaso número de individuos y a que las especies del género presentan una taxonomía complicada.

Información taxonómica

Hábitat: intestino delgado

Número de catálogo: CHE-UAEH F-00017-01; F-00017-02

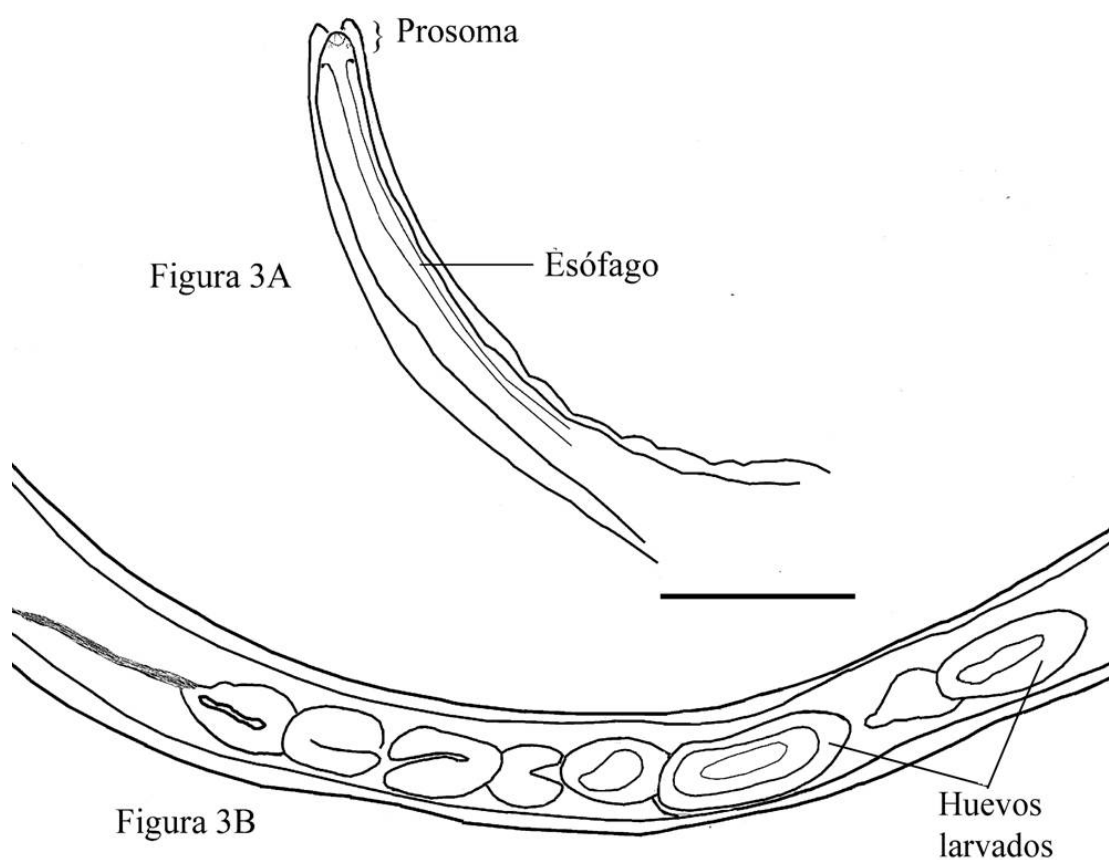


Figura 3A Vista lateral de la porción anterior del mismo ejemplar.

Figura 3B. Vista lateral de un ejemplar adulto, hembra de *Rhabdochona* sp.

HGO-07-315-01. Escala = 0.0012 mm

Comentarios generales

El género *Rhabdochona* pertenece al phylum Nematoda, el orden Spiruridea Diesing, 1861, la familia Rhabdochonidae Skrjabin, 1946 y la subfamilia Rhabdochoninae Travassos, Artigas y Pereira, 1928. El género fue descrito por Railliet en 1916 para incluir a la especie *R. denudata* (Dujardin, 1845), parásito de *Cyprinus erythrophthalmus* Linnaeus, 1758. Yamaguti

(1971) reconoció a *Ichthyospirura* Skjabin, 1917, *Pseudodancyracanthus* Skjabin, 1923 y *Pseudorhabdochona* Liu y Wu, 1941 como géneros sinónimos de *Rhabdochona*.

Las especies del género *Rhabdochona* son parásitos que infectan el intestino de peces dulceacuícolas, principalmente miembros de las familias Cyprinidae, Catastomidae y Salmonidae de todo el mundo, exceptuando la ictiofauna de Australia y Antártica (Mejía-Madrid y Pérez-Ponce de León, 2003). En peces marinos, la presencia de este nemátodo ha sido muy escasa, pero Moravec y Muzzall (2007) consideran que los nemátodos que se han reportado para éstos peces han sido mal identificados y que deberían pertenecer a otro género.

En Norteamérica, es frecuente encontrar especies de *Rhabdochona* en familias de peces como Catastomidae, Cyprinidae, Ictaluridae, Sciaenidae, Cottidae. y poco extenso, en Salmonidae. En Sudamérica, infecta a los miembros de las familias Pimelodidae, Cichlidae, Characidae y Poeciliidae. Cabe mencionar que las especies de *Rhabdochona* en Norteamérica sufrieron en una extensiva y rápida especiación y ampliaron su distribución hacia las familias de peces dulceacuícolas antes mencionadas (Mejía-Madrid y Pérez-Ponce de León, 2003).

Yamaguti (1971) solo llegó a contemplar 37 especies pertenecientes al género *Rhabdochona*. Sin embargo, actualmente se reconocen 97 especies nominales, de las cuales 24 especies corresponden a las Américas (21 en Norteamérica, dos Sudamérica y una para el Caribe). *Rhabdochona cascadilla* Wigdor, 1918 fue el primer nemátodo del género reportado para Norteamérica, pero la descripción original tiene varios errores y no se menciona cual es el hospedero tipo. En México, el género *Rhabdochona* esta representado por 11 especies, todas parásitas del intestino de peces dulceacuícolas, que en su mayoría habitan cuencas del altiplano central mexicano. Dos de las 11 especies se consideran especialistas de la familia Goodeidae: *R. ahuehuelensis* Mejía-Madrid, 2003 y *R. lichtenfelsi* Sánchez-Álvarez, 1998.

Sánchez-Álvarez et al. (1998) afirmaron que *Rhabdochona* es un género que presenta diversos problemas taxonómicos, no sólo porque existe una larga lista de especies que son ampliamente distribuidos en la ictiofauna dulceacuícola, sino también porque ha sido inadecuadamente y erróneamente descritos. Tiempo antes, Moravec (1972) se percató de tales problemas taxonómicos por lo que propuso la división del género en tres subgéneros: *R. Rhabdochona*, *R. Filochona* y *R. Ghobochona*, con base en la presencia y ausencia de filamentos en los huevos. Después, Moravec (1975) consideró que la división que el mismo propuso era en cierto grado artificial por tomar en cuenta sólo un carácter, indicando que, para establecer una mejor división subgenérica, también se debería contemplar características como el arreglo y número de dientes en el prostoma, la presencia de un ala cervical, forma de la cola de las hembras y la forma de los deiridios. Sánchez-Álvarez et al. (1998) discutieron que no basta con dividir al género en subgéneros, también es necesario que se realicen análisis taxonómicos detallados de las especies que se incluyen en *Rhabdochona* por medio de un análisis filogenéticos para establecer una robusta clasificación de este género. Del mismo modo, Moravec y Muzzall (2007) propusieron la necesidad de realizar una detallada revisión taxonómica para las especies de *Rhabdochona* registradas en Norteamérica en la que sea incluida la nueva información para cada especie que ha sido re-descrita, las descripciones de subespecies para esclarecer la clasificación del género en el continente.

***Gyrodactylus* sp.**

La siguiente caracterización morfológica se basó en la observación de seis ejemplares. Estos ejemplares tienen un cuerpo alargado y pequeño, con un tegumento liso. La región cefálica es bilobulada. No poseen ojos. El opistohaptor tiene un par de ganchos grandes (hamuli) soportados por una barra dorsal y otra ventral (Figura 4). La principal característica diagnóstica del género es la presencia de 16 microganchos en el opistohaptor. El aparato digestivo está conformado por un esófago muy corto. La faringe está dividida en dos zonas de ocho células cada una y muestra seis órganos cefálicos a cada lado de la faringe. Los ciegos intestinales no confluyen posteriormente (Yamaguti, 1963).

Los aparatos reproductores están conformados por un testículo, de talla mediana, semiesférico, en posición inter- o post-cecal, que varía en tamaño. El cirro está armado con una fila de diminutas espinas (Vidal-Martínez et al., 2001), la vesícula seminal es alargada en la parte distal, el saco copulador es de forma oval y el receptáculo es subterminal, subesférico y varía en tamaño. El ovario es de tamaño mediano y postesticular. El útero tiene forma de asa transversal y es muscular. En ocasiones, el útero de algunos individuos que se colectaron contiene un embrión y éste, a su vez, contiene otro embrión de la tercera generación. La vitelaria está dividida en dos lóbulos simétricos. Los gusanos carecen de una vagina y del canal genito-intestinal (Yamaguti, 1963).

Información taxonómica

Hábitat: piel

Número de catálogo: CHE-UAEH: P-00053-01, P-00053-02, P-00053-03, P-00053-04,
P-00053-05, P-00053-06

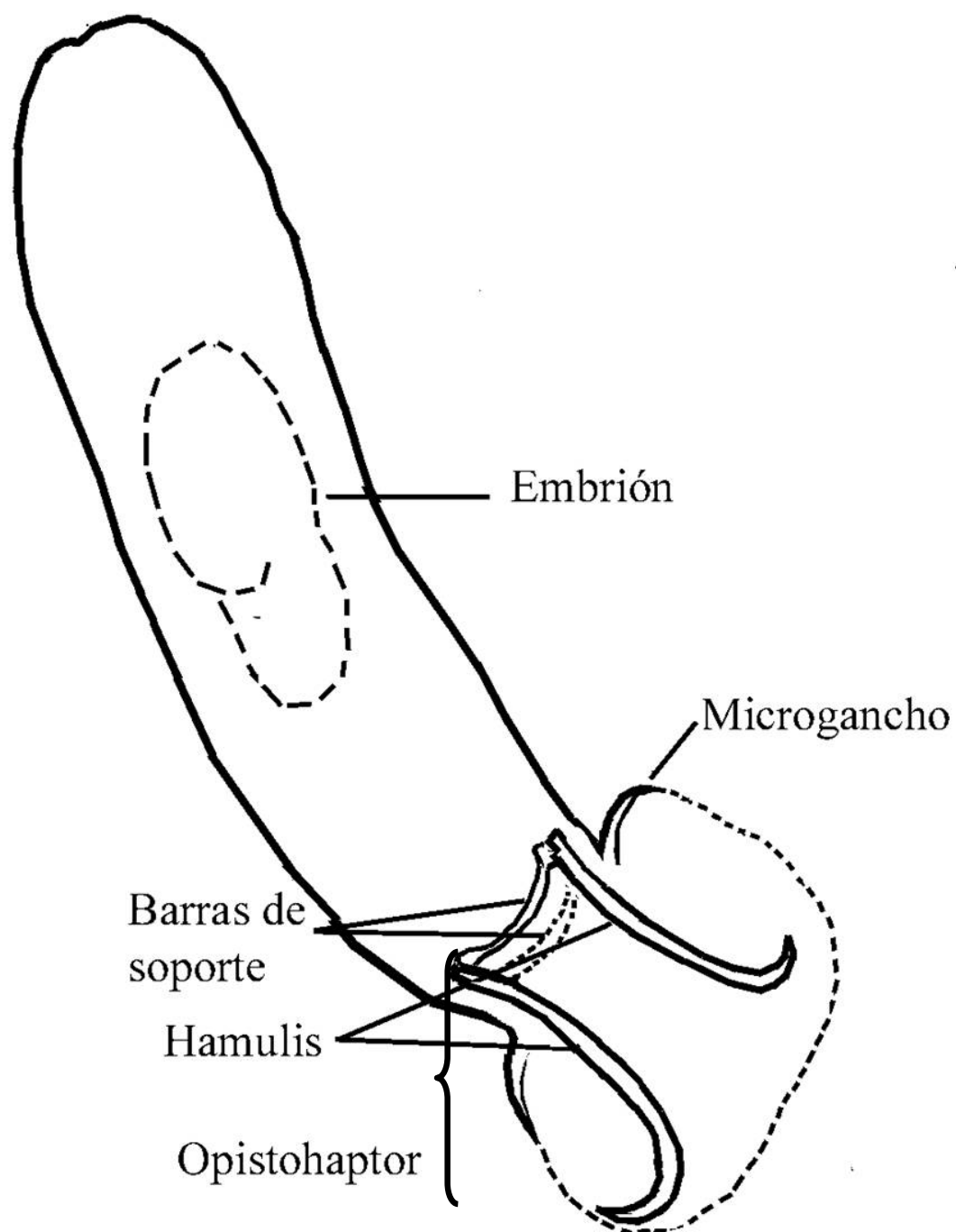


Figura 4. Vista ventral de un ejemplar adulto de *Gyrodactylus* sp.

HGO-07-550-01-03. Longitud total = 0.025mm

El género fue creado para incluir a *Gyrodactylus elegans* Nordmann, 1832, parásito de *Cyprinus brama* Linneaus, 1758. De acuerdo con la jerarquía taxonómica, el género *Gyrodactylus* pertenece al orden Monogenea Carus, 1863, el suborden Monopisthocotylea Odhner, 1912; la superfamilia Gyrodactyloidea Johnston y Tiegs, 1922; la familia Gyrodactylidae Cobbold, 1864 (sinonimia Ambphiydellidae Carus, 1885) y la subfamilia Gyrodactylinae Monticelli, 1892. Las especies de *Gyrodactylus* son parásitas de las branquias y la piel de peces de agua dulce y teleósteos marinos. También, se considera a los anfibios como hospederos potenciales de *Gyrodactylus*, como es el caso de *Ambystoma macrodactylum*, hospedero de *Gy. ambystomae* Mizelle, Kritsky y McDougal, 1969 (Hoffman y Williams, 1999).

Existen varias especies de *Gyrodactylus* en las cuencas hídricas de México que hasta el momento no han sido identificadas, al parecer debido a la complicada taxonomía genérica y sumando las especies que hasta el momento han sido correctamente descritas. Además, se llega a considerar que en el género ahora se considera a incluir más de 150 especies (Vidal-Martínez, *et al.*, 2001; Sánchez-Nava, *et al.*, 2004). En México, se conoce que *Gyrodactylus* afecta a muchas especies de peces dulceacuícolas (Tabla IV) y que, en muchas ocasiones, estos monogéneos se vuelven un problema de epizootia.

Tabla IV. Peces dulceacuícolas que son reportados con infecciones de *Gyrodactylus* sp. (Salgado-Maldonado, 2006)

| Parásito | Sitio | Hospedero | Localidad |
|---|--------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Characidae | | | |
| <i>G. neotropicalis</i> , Kritsky y Fritts, 1970 | Aletas | <i>Astyanax fasciatus</i> | Yucatán |
| Cyprinidae | | | |
| <i>G. niloticus</i> Cone, y Bondad-Reantaso, 1995 | | <i>Oreochromis aureus</i> | Tabasco |
| | | <i>O. mossambicus</i> | Tabasco |
| | | <i>O. niloticus</i> | Tabasco |
| Goodeidae | | | |
| <i>Gyrodactylus</i> spp. | Branquias | <i>Girardinichthys multiradiatus</i> | Morelos, Estado de México |
| Characidae | | | |
| <i>Gyrodactylus</i> sp. | Aletas | <i>Astyanax aeneus</i> | Oaxaca |
| | | <i>A. mexicanus</i> | Querétaro |
| Cichlidae | | | |
| | | <i>Cichlasoma geddesi</i> | Campeche |
| | | <i>Oreochromis mossambicus</i> | Sonora |
| | | <i>Oreochromis</i> sp. | Morelos |
| | | <i>Parachromis managuensis</i> | Campeche |
| | | <i>Thorichthys aureus</i> | Yucatán |
| | | <i>Thorichthys helleri</i> | Tabasco |
| | | <i>Thorichthys meeki</i> | Campeche |
| | | <i>Vieja fenestrata</i> | Veracruz |
| Cyprinidae | | | |
| | | <i>Carassius auratus</i> | Estado de México |

Tabla IV (cont.). Peces dulceacuícolas que son reportados con infecciones de *Gyrodactylus* sp. (Salgado-Maldonado, 2006).

| Parásito | Sitio | Hospedero | Localidad |
|-----------------|--------------|-------------------------------|---------------------|
| | | <i>Notropis</i> spp. | sin datos precisos |
| | | Eleotridae | |
| | | <i>Dormitator maculatus</i> | Veracruz |
| | | <i>Gobiomorus dormitor</i> | Veracruz |
| | | Goodeidae | |
| | | <i>Goodea atripinnis</i> | Guanajuato |
| | | Heptapteridae | |
| | | <i>Rhamdia guatemalensis</i> | Veracruz |
| | | Ictaluridae | |
| | | <i>Ictalurus punctatus</i> | Tamaulipas |
| | | Poeciliidae | |
| | | <i>Gambusia yucatana</i> | Yucatán |
| | | <i>Heterandria bimaculata</i> | Veracruz |
| | | <i>Poecilia mexicana</i> | Oaxaca, Veracruz |
| | | <i>Poecilia sphenops</i> | Nayarit |
| | | <i>Poeciliopsis gracilis</i> | Morelos, Oaxaca |
| | | <i>Poeciliopsis infans</i> | Jalisco, Guanajuato |
| | | Salmonidae | |
| | | <i>Oncorhynchus mykiss</i> | Estado de México |
| | | <i>Cyprinus carpio</i> | Morelos |

Caracterización de las infecciones

De acuerdo con los resultados arrojados por el cálculo de los parámetros ecológicos para cada una de las especies que parasitan a *G. viviparus* (Tabla V), la metacercaria de *Diplostomum* sp. tiene los valores más altos en prevalencia (40%) y fue el parásito con mayor número de individuos colectados (163 individuos). De igual manera, esta especie tiene el valor de abundancia más alto con 1.64 parásitos por pez revisado. Las demás helmintiasis tienen valores más bajos. *Rhabdochona* sp. infecta a 9% de la población de hospederos con una abundancia de 0.26. *Gyrodactylus* sp. cuenta con una prevalencia solo de 1% y su abundancia es de 0.06 parásitos por pez examinado.

Con base en los valores obtenidos por los parámetros ecológicos, la diplostomiasis es la infección parasitaria más importante para *G. viviparus*, y por ello, se incluye una caracterización de la infección de esta helmintiasis conforme al órgano infectado (Tabla VI).

Tabla V. Parámetros ecológicos para cada especie de parásito registrado para *G. viviparus* Bustamante, 1837 del Lago de Tecocomulco.

| Especie parásito | Peces revisados | Peces parasitados | Número parásitos | % | Ab. | I. P. | I. I. |
|-------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-------|------|-------|-------|
| Digenea | | | | | | | |
| <i>Diplostomum</i> sp. | 99 | 36 | 163 | 36.36 | 1.64 | 4.52 | 1--26 |
| Nematoda | | | | | | | |
| <i>Rhabdochona</i> sp. | 99 | 9 | 26 | 9.09 | 0.26 | 2.88 | 1--12 |
| Monogenea | | | | | | | |
| <i>Gyrodactylus</i> sp. | 99 | 1 | 8 | 1.01 | 0.06 | 6 | 1--6 |

% = Prevalencia; Ab.= Abundancia; I. P. = Intensidad promedio; I. I. = Intervalo de intensidad.

Tabla VI. Caracterización de la infección para cada órgano infectado de *G. viviparus* Bustamante, 1837 con metacercarias de *Diplostomum* sp.

| Órgano | Número parásitos | % | Ab. | I. P. |
|------------|------------------|-------|------|-------|
| Cerebro | 104 | 26.26 | 1.05 | 4 |
| Mesenterio | 53 | 19.19 | 0.53 | 2.7 |
| Ojos | 6 | 4.04 | 0.06 | 1.5 |

% = Prevalencia; Ab.= Abundancia; I. P. = Intensidad promedio.

Acorde a lo que refleja la Tabla VI, el cerebro es el órgano en donde se alojan la mayoría de las metacercarias de *Diplostomum* sp. (con un total de 104 de 163 metacercarias). La caracterización de la infección calculada para cada órgano revela que el cerebro es el órgano más afectado por la diplostomiasis: de los 33% de los peces infectados, 26% tenían metacercarias en su cerebro con una abundancia de 1.05 helmintos por cerebro. El mesenterio obtiene el segundo lugar como hábitat preferido por el digéneo; en este órgano la prevalencia fue de 19% de los peces infectados con una abundancia de 0.53 parásitos por goodeido infectado. Los ojos tienen los valores más bajos de la diplostomiasis; sólo el 4% de los peces infectados presentaron digéneos en el globo ocular, con una abundancia 0.06 por pez infectado. Cabe mencionar que hubo peces que estuvieron infectados con metacercarias en dos o tres hábitat al mismo tiempo.

Caracterización de la infección de acuerdo al sexo del pez

Del total de peces colectados (99 individuos), 53 fueron hembras y 46 machos. Se denota una marcada diferencia entre la prevalencia y abundancia de parásitos entre los dos sexos: para el nemátodo *Rhabdochona* sp. los machos fueron los únicos que resultaron ser positivos a la infección, con una prevalencia de 18.75% con 0.54 nemátodos por goodeido (Tabla VII).

Tabla VII. Caracterización de la infección de acuerdo al sexo de *G. viviparus* Bustamante, 1837 infectados con *Rhabdochona* sp. en el Lago de Tecocomulco.

| Sexo | H.R. | H.P. | Número | | Ab. | I.P. | I. I. |
|---------------|------|------|-----------|-------|------|------|-------|
| | | | parásitos | % | | | |
| Macho | 53 | 9 | 26 | 18.75 | 0.54 | 2.88 | 1--12 |
| Hembra | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

H.R.= Hospederos revisados, H.P.= Hospederos parasitados, % = Prevalencia; Ab.= Abundancia; I. P. = Intensidad promedio; I. I. = Intervalo de intensidad.

Con base en la construcción de la curva de acumulación (Figura 5) y la prolongación de la asíntota del número de especies indicó que el muestreo de peces *G. viviparus* del lago de Tecocomulco fue suficiente para registrar todas las especies de parásitos del mismo.

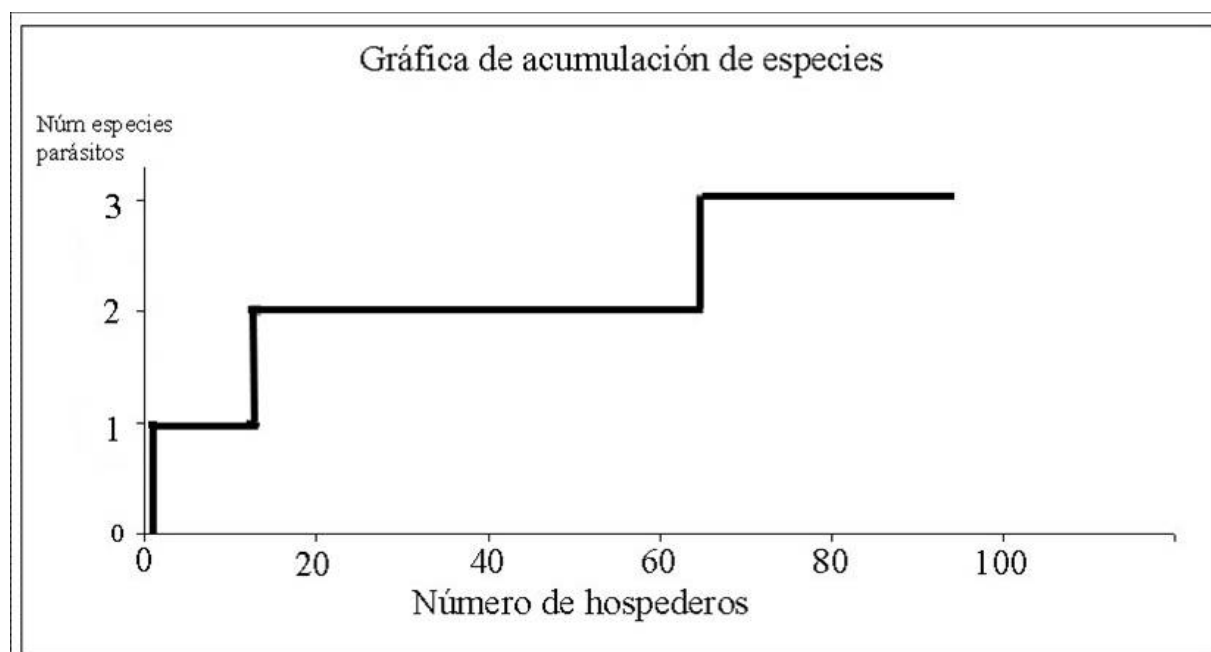


Figura 5. Gráfica de acumulación de especies de helmintos de *Girardinichthys viviparus*.

DISCUSIÓN

Se considera que la diferencia en el número de ejemplares colectados en los dos meses de muestreo se debió a los diferentes métodos aplicados: la electropesca y una red. La electropesca nos permite tener una mejor eficiencia debido a que la descarga eléctrica puede inmovilizar a cualquier vertebrado acuático ya sea de talla grande o pequeña tal como los goodeidos. El uso de redes es más tedioso y requiere de más tiempo de muestreo y experiencia en su uso; aunque no existe una prueba directa para la comparación de la eficiencia de los métodos. De otro modo, la NOM (2005) regula el diámetro de luz de malla de las redes que son empleadas en Lago de Tecocomulco, por lo que el pescador que nos auxilió en la recolecta del mes de marzo no contaba con las redes adecuadas para la captura de peces de la talla de *G. viviparus*, lo que resultó en un número de muestra menor que en febrero. Esto también puede explicar el porque no existía anterior conocimiento de la presencia de goodeidos en el lago.

El género *Girardinichthys* está compuesto por tres especies de peces vivíparos: *G. multiradiatus*, *G. viviparus* y *G. ireneae*. La distribución de estas especies está limitada al Altiplano Central Mexicano. Sólo una especie, *G. multiradiatus*, fue, hasta esta fecha, estudiada para cuestiones parasitológicas por lo cual tiene todos los registros de helmintos para el género. Hasta el momento se reconocen 15 especies de helmintos: seis digéneos (uno en estado adulto y cinco en estado larval), un monogéneo, tres nemátodos en estado larval, cuatro céstodos, (uno adulto y tres metacéstodos) y un acantocéfalo en etapa de cisticanto (Tabla 1). En este primer estudio, la helmintofauna de *G. viviparus* en el Lago de Tecocomulco esta compuesta por miembros de tres géneros: *Rhabdochona*, *Diplostomum* y *Gyrodactylus*. La curva de acumulación de especies nos permitió conocer que el número de muestra de hospederos (99 peces) fue suficiente para registrar todas las especies de helmintos presentes en esta población de

G. viviparus. Finalmente, se cuantificaron sólo tres especies de parásitos en *G. viviparus* del lago de Tecocomulco, una comunidad relativamente pobre en comparación con la especie *G. multiradiatus*.

El nemátodo que fue encontrado, *Rhabdochona* sp., no fue consistente con la descripción de ninguna especie conocida hasta la fecha, por lo que se abre la posibilidad de que sea una nueva especie para la ciencia. Yamaguti (1971) menciona que algunas especies cuentan con 3 a 6 pares de papilas postanales, pero por el bajo número de ejemplares no fue posible evaluar esta característica con certeza. A pesar que existen reportes de miembros del género en otras goodeidos, ninguna de las especies habían sido reportadas para el género *Girardinichthys*. Es importante destacar que *Rhabdochona* sp. sólo se encontró en el intestino de peces del sexo masculino; el porqué se presenta este fenómeno es imposible de explicar sin más estudios. Varias hipótesis son posibles: se puede deber a cuestiones bioquímicas u hormonales de los sexos, a diferencias en los hábitos alimenticios de los machos y hembras o por un comportamiento distinto de uno de los sexos. Pero, es necesario realizar análisis más profundos de éste mecanismo y la ecología de infección relacionada al sexo.

El digéneo, *Diplostomum* sp., está en estado larval de metacercaria y no fue posible asignarle una especie por exhibir estructuras diagnósticas en forma juvenil y poco desarrolladas. Por lo cual, a pesar que no podemos reconocer características suficientes para asignar los ejemplares a diferentes especies, es posible que los ejemplares representan más que una especie críptica (Laskowski 1996; Donald et al., 2007). Karvonen et al. (2006) hallaron que, por lo menos, dos especies de *Diplostomum* (metacercarias) divergen en el sitio de infección, entre las que se encontraban en el lente del ojo de los peces y las que infectaban el humor vítreo de los mismos. Pero, como lo mencionan los autores, es necesario emplear análisis moleculares que

fundamenten mejor esta especialización de hábitat. Los valores ecológicos denotan que *Diplostomum* sp. es el helminto mas abundante en *G. viviparus* del lago de Tecocomulco, indicando que este goodeido es un componente importante en el ciclo de vida del digéneo funcionando como un hospedero intermediario. De la misma manera, se confirma que el Lago de Tecocomulco, como ya es conocido, es un sitio de descanso e invernación para aves migratorias acuáticas que viajan desde el sur de Canadá y el norte de Estados Unidos.

El monogéneo, *Gyrodactylus* sp., es otro caso de una especie posiblemente nueva para la ciencia, pero tampoco fue posible determinar la especie con precisión; por su tamaño tan pequeño y que además es necesario la aplicación de análisis moleculares para distinguir entre las especies de *Gyrodactylus*. En términos ecológicos este monogéneo, parásito de la piel de *G. viviparus*, es el helminto menos abundante en estos goodeidos. Sánchez-Nava et al. (2004) reportaron que el género *Gyrodactylus* fue introducido a las Américas de Europa, pero esta información que no está confirmada por estudios filogenéticos ni biogeográficos. También, es interesante que para el caso de Tecocomulco el monogéneo se encontró sobre la piel del pez. Como evento general, tal hecho no es raro, debido a que es del conocimiento de la Helminología que los monogéneos son ectoparásitos que pueden habitar tanto en branquias, donde es muy común localizarlos, y de igual manera se les puede ubicar en tanto en piel como en aletas. El sitio que esta ocupando este monogéneo en su hospedero nos habla de las diferentes maneras en que puede llevarse acabo su ciclo de vida y que tanto depende de los factores ambientales. Al estar parasitando la piel de los goodeidos es una referencia para deducir que la corriente del agua es un factor muy importante para que los monogéneos puedan anclarse a su hospedero, ya que, si la corriente fuera muy fuerte, seguramente que los parásitos serían arrastrados fácilmente. Otra

hipótesis es que el opisthaptor del gusano es demasiado grande para anclarse en los filamentos branquiales de un pez tan pequeño.

Es posible comparar las especies de helmintos de *G. viviparus* del lago de Tecocomulco y los de *G. multiradiatus* con base los trabajos de Astudillo-Ramos y Soto-Galera (1997) y Salgado-Maldonado (2006). Este último hace una recapitulación de los helmintos reportados de *G. multiradiatus* hasta dicha fecha en la cuenca Lerma-Santiago, refiriéndose a trabajos previos, pero no hace mención de las metacercarias de *Diplostomum* que reporta Astudillo-Ramos y Soto-Galera (1997).

Según la comparación con el trabajo de Astudillo-Ramos y Soto-Galera (1997) y el presente, las metacercarias de *Diplostomum* sp. es el único helminto que comparten los goodeidos de Lago de Tecocomulco y la cuenca de Lerma-Santiago. Sin embargo, difieren en el sitio de infección las metacercarias reportadas: en los peces del Lerma estaban tanto en hígado como en mesenterio, mientras en que en los peces del lago de Tecocomulco, las metacercarias se encontraron en mesenterio, ojos y cerebro. Tal diferencia indica, como se menciona anteriormente, la presencia de especies crípticas que necesitan de estudios mas especializados para su diferenciación. En la misma manera, de acuerdo con Salgado-Maldonado (2006), el monogéneo es similar genéricamente en peces de ambas cuencas, pero no coinciden en el sitio exacto de infección (en Tecocomulco, *Gyrodactylus* sp. esta sobre la piel, mientras que en la cuenca del Lerma infecta las branquias), que apoya la posibilidad que sean especies diferentes.

Tanto en el trabajo de Astudillo-Ramos y Soto-Galera (1997), como en el presente estudio, la diplostomiasis representa una infección importante para los peces de las dos cuencas en cuestión, denotando que tanto en la cuenca de Lerma-Santiago como en el Lago de Tecocomulco, existe un contacto importante entre los dos organismos (peces y aves) por la

migración de aves ictiófagas del Neártico y que los goodeidos están puestos en la ruta migratoria de éstas aves.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, V. 2003. Aguas continentales y diversidad biológica de México: un recuento actual. *Biodiversitas* 1-16.
- Arizmendi E., M. A. 1992. Descripción de algunas etapas larvarias y de la fase adulta de *Centrocestus formosanus* de Tezontepec de Aldama, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* **63**:1-11.
- Astudillo-Ramos, L., y E. Soto-Galera. 1997. Estudio Helmintológico de *Chirostoma humboldtianum* y *Girardinichthys multiradiatus* capturados en el Lerma. *Zoología Informa ENCB-IPN* **35**:53-59.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. y A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* **83**:575-583.
- Caspeta-Mandujano, J. M., F. Moravec, y G. Salgado-Maldonado. 2000. *Rhabdochona mexicana* sp. n. (Nematoda: Rhabdochonidae) from the intestine of characid fishes in México. *Folia Parasitológica*. **47**:211-215.
- Cabrera-Quintanar, J. A. 2005. Programa de acciones para la preservación y uso sustentable de los recursos de la cuenca de la Laguna de Tecocomulco. Comisión Nacional de Agua en Hidalgo. 82 p.
- CONABIO. 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F., 103 p.
- de la Vega-Salazar, M. Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas en México. *Ciencias* **72**: 20-30.

- di Castri, F., y T. Younès. 1996. Introduction: Biodiversity, the emergence of a new scientific field - its perspectives and constraints. *En: Biodiversity, science and development: towards a new partnership.* di Castri, F., y T. Younès (eds.). CAB International, Wallingford, 1-11.
- Domínguez-Domínguez, O. 2006. Programa de conservación y manejo de Goodeidos. *Asociación Española de Acuarofilos* **78**:1-9.
- Donald, K. M., A. Sijnja, y H. G. Spencer. 2007. Species assignation amongst morphologically cryptic larval Digenea isolated from New Zealand topshells (Gastropoda: Trochidae). *Parasitology Research* **101**:433-441.
- Ecología, Consejo Estatal de. 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar.
- Flores V. O. y P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. Ediciones técnico científicas. CONABIO y UNAM. México. 439 p.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, 220 p.
- García-Altamirano, I. 2003. El Dr. Caballero y Caballero (1904-1974) y la institucionalización de la helmintología de México. Maestría en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México, 95 p.
- García-Prieto, L., H. Mejía-Madrid, y G. Pérez-Ponce de León. 1987. Hallazgo del plerocercario de *Ligula intestinalis* (Cestoda) en algunos peces dulceacuícolas de México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* **58**:887-888.
- Gutiérrez-Cabrera, A. E. 2004. Presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoidea: Bothriocephalidae) en la ictiofauna del Río Metztitlán y la Laguna de Metztitlán Hidalgo, México. Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 88 p.

- Gutiérrez-Cabrera, A. E., G. Pulido-Flores, S. Monks, y J. C. Gaytán-Oyarzún. 2005. Presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoidea: Bothriocephalidae) en peces de Metztitlán, Hidalgo, México. *Hidrobiológica* **15**:283-288.
- Hoffman, G. L. 1960. Synopsis of Striogeoidea (Trematoda) of fishes and their life cycles. *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service* **60**:439-469.
- Hoffman, G. L., y J. Williams, E. H. 1999. *Parasites of North American Freshwater Fishes*. Cornell University Press, 539 p.
- Huizar-Álvarez, R., y J. E. Ruiz-González. 2005. Aspectos físicos y socioeconómicos de la subcuenca de Tecocomulco. *En: El lago de Tecocomulco, geo-ecología de un desastre*. Huizar-Álvarez, R., E. J. Jiménez-Fernández, y C. Juárez-López (eds.). UNAM, Instituto de Geología, México, 232 p.
- Karvonen, A., P. Terho, O. Seppälä, J. Jokela y E. T. Valtonen. 2006. Ecological divergence of closely related *Diplostomum* (Trematoda) parasites. *Parasitology* **133**:229-235.
- Lamothe-Argumedo, R. 1970. Trematodos de peces VI. *Margotrema bravoae* gen. nov. sp. nov. (Trematoda: Allocreadiidae), parásito de *Lermichthys multiradiatus* Meek. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* **1**:87-92.
- Lamothe-Argumedo, R. 1993. La colección helmintológica del Instituto de Biología. *Colecciones Zoológicas* 3-22.
- 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, Serie Zoología* **65**:195-200.

- Lamothe-Argumedo, R. y A. Cruz-Reyes. 1972. Hallazgo de *Ligula intestinalis* (Goeze, 1782) Gmelin, 1790 en *Lemirchthys multiradiatus* (Meek) (Pisces: Goodeidae). Revista Mexicana de la Sociedad Mexicana de Historia Natural **33**:99-106.
- Laskowski, Z. 1996. Species identification of *Diplostomum pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 and *D. paracaudum* (Iles, 1959) metacercariae using DNA polymorphism amplified by arbitrary primers. Acta Parasitológica **41**:26-29.
- León-Règagnon, V. 1992. Fauna helmintológica de algunos vertebrados acuáticos de la Ciénega de Lerma, México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología **63**:151-153.
- López-Jiménez, S. 1981. Céstodos de peces I. *Bothriocephalus (Clestobothrium) acheilognathi* (Cestoda: Bothriocephalidae). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología **51**:69-84.
- López-Jiménez, S. 1987. Enfermedades más frecuentes de las carpas cultivadas en México. Acuavisión: Revista Mexicana de Acuicultura. **2**:11-13.
- 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.
- Mejía-Madrid, H. H., y G. Pérez-Ponce de León. 2003. *Rhabdochona ahuehuellensis* n. sp. (Nematoda: Rhabdochonidae) from the Balsas goodeid, *Ilyodon whitei* (Osteichthyes: Goodeidae), in México. Journal of Parasitology **89**:356-361.
- 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.

- Monks-Sheets, W. S., G. Pulido-Flores, J. Fernández-Fernández, y M. de la C. Corona-Vargas. 2006. Inventario de las helmintiasis en peces y su riesgo potencial zoonótico en comunidades indígenas de la reserva de la biosfera barrancas de Metztitlán, Hidalgo, México. SIZA-CONACYT, 33 p.
- Moravec, F. 1972. General characterization of the nematode genus *Rhabdochona* with revision of the south American species. *Vestník Československé Společnosti Zoologické* **36**:29-40.
- Moravec, F.y H. P. Arai. 1971. The North and Central American Species of *Rhabdochona* Railliet 1916 (Nematoda: Rhabdochonidae) of fishes including *Rhabdochona canadensis* sp. nov. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **28**:1645-1662.
- Moravec, F.y P. Muzzall. 2007. Redescription of *Rhabdochona cotti* (Nematoda, Rhabdochonidae) from *Cottus caeruleomentum* (Teleostei, Cottidae) in Maryland, USA, with remarks on the taxonomy of North American *Rhabdochona* spp. *Acta Parasitológica* **52**:51-57.
- Moravec, F., C. Vivas-Rodríguez, T. Scholz, J. Vargas-Vázquez y E. Mendoza-Franco. 1995. Nematodes parasitic in fishes of cenotes (=sinkoles) of the Penninsula of Yucatán , México. Part 1. Adults. *Folia Parasitológica* **42**:115-129.
- NOM, Norma Oficial Mexicana. 2001. 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 . Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca. *Diario Oficial*, 06 de marzo 2002.
- NOM, Norma Oficial Mexicana. 2005. 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.

- Osorio-Sarabia, D., G. Pérez-Ponce de León, y G. Salgado-Maldonado. 1986. Helminths of fishes from Lago de Pátzcuaro, Michoacán. I. Helminths of *Chirostoma estor* el "Pescado blanco". Taxonomía. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Series Zoología **57**:61-92.
- Paulo-Maya, J. y P. Trujillo-Jiménez. 2000. Nueva especie de *Ilyodon* (Cyprinodontiformes: Goodeidae) de la cuenca del río Balsas. Revista de Biología Tropical **48**:465-472.
- Peresbarbosa-Rojas, E., G. Pérez-Ponce de León y L. García-Prieto. 1994. Helminths parasites of three species of fishes (Goodeidae) from the lake of Pátzcuaro, Michoacán. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México **65**:201-204.
- Pérez-Ponce de León, G., y L. García-Prieto. 2001. Diversidad de helminths parasites of vertebrates silvestres de México. Biodiversitas **37**:7-11.
- Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto, y B. Mendoza-Garfias. 1992. Primer registro de la forma adulta de *Ligula intestinalis* en aves de México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México **63**:259-263.
- Pritchard, M. H., y G. O. W. Kruse. 1982. The collection and preservation of animal parasites. Technical Bulletin, The Harold W. Manter Laboratory. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska, 141 p.
- Radda, A. C., y M. K. Meyer. 2003. Description of *Girardinichthys ireneae* sp. n. from Zacapu, Michoacán, Mexico, with remarks on the genera *Girardinichthys* Bleeker, 1860 y *Hubbsina* De Buen, 1941 (Goodeidae, Pisces). Die Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien Serie B **104**:5-9.
- Roberts, L. S. y J. J. Janovy, Jr. 2005. Foundations of Parasitology. McGraw-Hill Education, 702 p.

- Salgado-Maldonado, G. y R. F. Pineda-López. 2003. The Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi*: a potential threat to native freshwater fish species in Mexico. *Biological Invasions* **5**:261-268.
- Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, Soto-Galera, E. Caspeta-Mandujano, J. M. Moreno-Navarrete, G. Sánchez-Nava, P. y R. Aguilar-Aguilar. 2001. A Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago River Basin, México. *Comparative Parasitology* **68**:204-218.
- Salgado-Maldonado, G., R. Pineda-López, L. García-Magaña, S. López-Jiménez, V. M. Vidal-Martínez, y L. Aguirre-Macedo. 2005. Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. *En: Biodiversidad del Estado de Tabasco, México*. Bueno-Soria, J., S. Santiago-Fragoso y F. Álvarez (eds.). IBUNAM, México, 145-166.
- Salgado-Maldonado, G. 2006. Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. *Zootaxa* **1324**:1-357.
- Sánchez-Álvarez, A., L. García-Prieto, y G. Pérez-Ponce de León. 1998. A new species of *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Nematoda: Rhabdochonidae) from endemic goodeids (Cyprinodontiformes) from two mexican lakes. *Journal of Parasitology* **84**:840-845.
- 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* **27**:299-308.
- Soria-Barreto, M., L. Alcántara-Soria, y E. G. Soto. 1996. Ictiofauna del Estado de Hidalgo. *Zoología Informa* **33**:55-78.

- Soto-Galera, E. y J. M. Paulo. 1995. Peces dulceacuícolas Mexicanos. XI. *Allotoca dugesii* (Cyprinodontiformes: Goodeidae). *Zoología Informa* **31**:5-15.
- Trujillo-Jiménez, P. y E. Espinosa de los Monteros. 2006. La ecología alimentaria del pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae), en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México. *Revista de Biología Tropical* **54**:1247-1255.
- 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.
- Wischnath, L. 1993. Atlas of Livebearers of the World. T. F. H. Publications, Inc., New Jersey, New Jersey, 336 p.
- Yamaguti, S. 1963. Systema Helminthum: Monogenea and Aspidocotylea. IV. Wiley Interscience Publications, New York, 699 p.
- Yamaguti, S. 1971. Synopsis of digenetic trematodes of vertebrates. Keigaku Publishing Co., Tokyo, 1074 p.

Apéndice 1. Sinonimias de dos especies de *Girardinichthys*.***G. viviparus* Bustamante, 1937**

G. innominatus Bleeker, 1860

Limnurgus variegatus Günther, 1866

Lucania richi Girard, 1891

Characodon geddesi Regan, 1904

Limnurgus innominatus Regan, 1907

***G. multiradiatus* Meek, 1904**

G. innominatus Evermann y Goldsborough, 1902

Characodon multiradiatus Meek, 1904

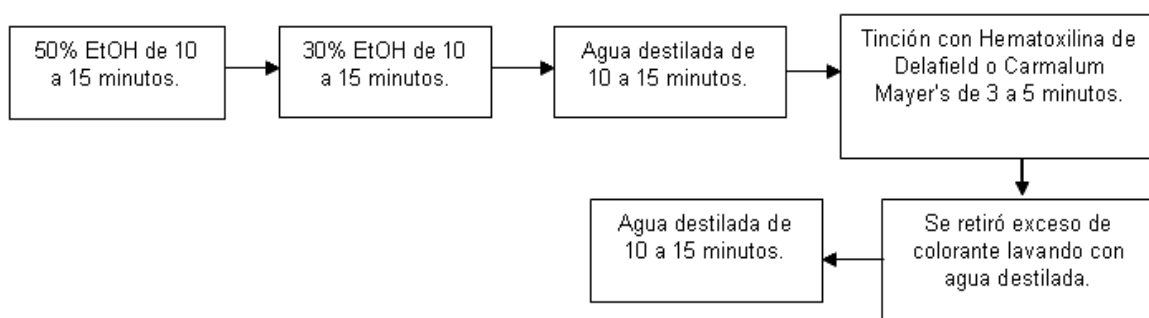
Lermichthys multiradiatus Hubbs, 1926

G. limnurgus Jordan y Evermann, 1927

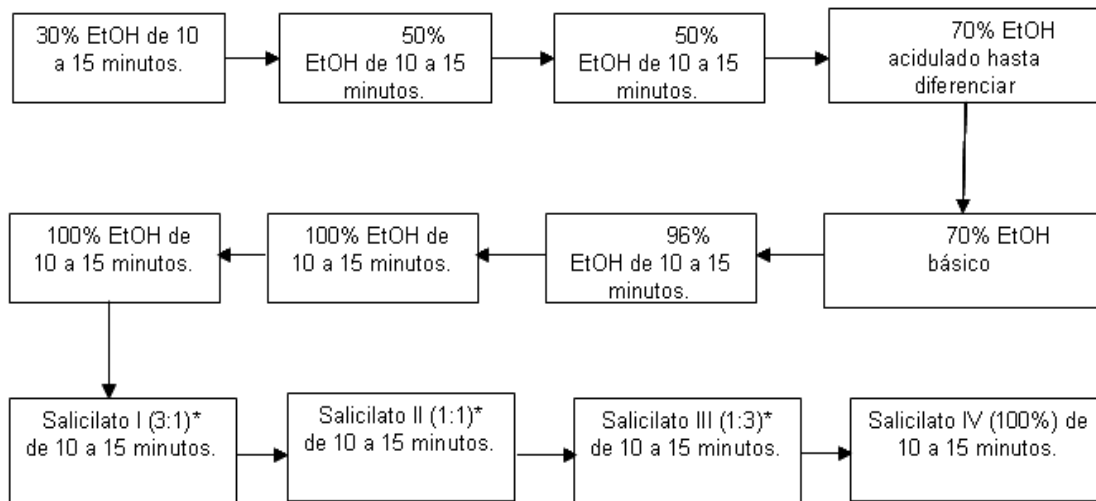
Apéndice 2. Técnicas de tinción de helmintos.

Los ejemplares digéneos y monogéneos que fueron guardados y conservados en frascos homeopáticos en alcohol 70%, se iniciaron en el proceso de tinción recomendado por Pritchard y Kruse (1982) de la siguiente manera:

1. Hidratación en alcoholes graduales



2. Deshidratación en alcoholes graduales



* Unidades de Alcohol por unidades de Salicilato de metilo.

Apéndice 2 (cont). Técnicas de preparación de los reactivos empleados en la fijación y tinción de los helmintos.

FIJACIÓN

| Solución AFA | | | |
|------------------------------|---------------|---------------|-------------|
| | 100 ml | 500 ml | 1 lt |
| Ácido acético glacial | 10 ml | 50 ml | 100 ml |
| Formaldehído | 10 ml | 50 ml | 100 ml |
| Alcohol | 80 ml | 400 ml | 800 ml |

COLORANTES

- **Mayer's Carmalum**

| | ~ 100 ml | ~ 250 ml | ~ 500 ml |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sulfato de aluminio y potasio | 6 gr | 15 gr | 30 gr |
| Carmín | 5 gr | 12.5 gr | 25 gr |
| Ácido acético glacial | 25 ml | 62.5 ml | 125 ml |
| Agua destilada | 100 ml | 250 ml | 500 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 que este ligeramente cubierto para evitar la evaporación.
2. Retirar la solución del calor y dejar enfriar.
3. En una botella con tapón, colocar el colorante y agregar ácido acético glacial, para curar la solución por aproximadamente 10 días.
4. Filtrar el colorante en una botella limpia con tapón. Agregar algunos cristales de "thymol" para prevenir el crecimiento de hongos y bacterias.

- **Hematoxilina Delafield**

Solución de aluminio

Al NH₄ (SO₄)₂ - aproximadamente 10 gr.

Agua destilada – 100 ml

1. Agregar el aluminio en el agua destilada caliente, continuamente hasta que los cristales se disuelvan.
2. Dejar enfriar la solución.
3. Poner la solución en un frasco limpio y etiquetado.

| | ~ 100 ml | ~ 250 ml | ~ 500 ml |
|----------------------------------|----------|----------|----------|
| Cristales de Hematoxilina | 1 gr | 2.5 gr | 5 gr |
| EtOH 95% | 6 ml | 15 ml | 30 ml |
| Solución de aluminio | 100 ml | 250 ml | 500 ml |
| Metil-alcohol (Acetona) | 25 ml | 62.5 ml | 125 ml |
| Glicerol | 25 ml | 62.5 ml | 125 ml |

1. Disolver la Hematoxilina en el alcohol 95% y lentamente agregar a la solución de aluminio.
2. Cubrir el recipiente con una gasa o tela de algodón y dejarlo en un lugar donde quede expuesto a la luz del sol por dos semanas hasta que el colorante se torne de color oscuro.
3. Mezclar la solución con el glicerol y el metil-alcohol.
4. Filtrar la solución antes de usar.

Apéndice 3. Ejemplares de *Girardinichthys viviparus* Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco examinados durante el 2007.

| Número hospedero | <i>Diplostomum</i> sp | <i>Rhabdochona</i> sp. | <i>Gyrodactylus</i> sp. |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| HGO-07-183 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-188 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-189 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-190 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-191 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-193 | 3 | 0 | 0 |
| HGO-07-195 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-196 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-198 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-201 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-206 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-209 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-211 | 1 | 1 | 0 |
| HGO-07-215 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-219 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-220 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-223 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-224 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-226 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-227 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-228 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-229 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-232 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-241 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-244 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-246 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-251 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-252 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-254 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-256 | 4 | 0 | 0 |
| HGO-07-270 | 8 | 0 | 0 |

Apéndice 3 (cont). Ejemplares de *Girardinichthys viviparus* Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco examinados durante el 2007.

| Número hospedero | <i>Diplostomum</i> sp | <i>Rhabdochona</i> sp. | <i>Gyrodactylus</i> sp. |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| HGO-07-272 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-274 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-278 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-279 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-281 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-282 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-288 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-301 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-302 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-303 | 0 | 1 | 0 |
| HGO-07-304 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-305 | 0 | 12 | 0 |
| HGO-07-306 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-308 | 6 | 0 | 0 |
| HGO-07-310 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-313 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-314 | 0 | 1 | 0 |
| HGO-07-315 | 12 | 0 | 0 |
| HGO-07-317 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-318 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-319 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-321 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-323 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-324 | 3 | 0 | 0 |
| HGO-07-325 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-326 | 7 | 0 | 0 |
| HGO-07-328 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-330 | 1 | 1 | 0 |
| HGO-07-366 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-367 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-368 | 14 | 0 | 0 |

Apéndice 3. (cont). Ejemplares de *Girardinichthys viviparus* Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco examinados durante el 2007.

| Número hospedero | <i>Diplostomum</i> sp | <i>Rhabdochona</i> sp. | <i>Gyrodactylus</i> sp. |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| HGO-07-371 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-372 | 3 | 0 | 0 |
| HGO-07-373 | 5 | 0 | 0 |
| HGO-07-374 | 26 | 0 | 0 |
| HGO-07-375 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-376 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-377 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-378 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-379 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-380 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-381 | 0 | 4 | 0 |
| HGO-07-385 | 12 | 0 | 0 |
| HGO-07-386 | 2 | 0 | 0 |
| HGO-07-388 | 5 | 0 | 0 |
| HGO-07-389 | 10 | 0 | 0 |
| HGO-07-390 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-391 | 5 | 0 | 0 |
| HGO-07-393 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-394 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-395 | 0 | 2 | 0 |
| HGO-07-396 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-397 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-411 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-412 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-413 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-414 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-415 | 3 | 0 | 0 |
| HGO-07-419 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-424 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-425 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-426 | 0 | 0 | 0 |

Apéndice 3. (cont). Ejemplares de *Girardinichthys viviparus* Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco examinados durante el 2007.

| Número hospedero | <i>Diplostomum</i> sp | <i>Rhabdochona</i> sp. | <i>Gyrodactylus</i> sp. |
|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| HGO-07-427 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-446 | 0 | 1 | 0 |
| HGO-07-447 | 0 | 0 | 0 |
| HGO-07-448 | 1 | 0 | 0 |
| HGO-07-548 | 5 | 3 | 0 |
| HGO-07-550 | 0 | 0 | 6 |

Apéndice 4. Especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys viviparus* Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco recolectados y examinados durante el transcurso del 2007.

| Especie helminto | de Núm. colectados | ejemplares y total | Núm. preparación colección | Núm. helmintos en frasco y total |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| <i>Diplostomum</i> sp. | 163 | | HGO-07-183-01-01 | HGO-07-315-02 |
| | | | HGO-07-183-01-02 | HGO-07-323-01 |
| | | | HGO-07-189-01-01 | HGO-07-326-01 |
| | | | HGO-07-189-01-02 | HGO-07-368-01 |
| | | | HGO-07-191-01-01 | HGO-07-372-01 |
| | | | HGO-07-191-01-02 | HGO-07-372-01 |
| | | | HGO-07-191-01-03 | HGO-07-373-01 |
| | | | HGO-07-191-02-01 | HGO-07-374-01 |
| | | | HGO-07-206-01-01 | HGO-07-374-02 |
| | | | HGO-07-211-01-01 | HGO-07-374-03 |
| | | | HGO-07-215-01-01 | HGO-07-375-01 |
| | | | HGO-07-223-01-01 | HGO-07-376-01 |
| | | | HGO-07-224-01-01 | HGO-07-385-01 |
| | | | HGO-07-224-01-02 | HGO-07-385-02 |
| | | | HGO-07-224-01-03 | HGO-07-386-01 |
| | | | HGO-07-256-01-01 | HGO-07-388-01 |
| | | | HGO-07-256-01-02 | HGO-07-388-02 |
| | | | HGO-07-270-01-01 | HGO-07-389-01 |
| | | | HGO-07-270-01-02 | HGO-07-390-01 |
| | | | HGO-07-270-01-03 | HGO-07-391-01 |
| | | | HGO-07-270-01-04 | HGO-07-396-01 |
| | | | HGO-07-270-01-05 | HGO-07-412-01 |
| | | | HGO-07-270-01-06 | HGO-07-415-01 |
| | | | HGO-07-270-01-07 | HGO-07-415-02 |

Apéndice 4. (cont). Especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys viviparus* Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco recolectados y examinados durante el transcurso del 2007.

| Especie helminto | de Núm. colectados | ejemplares y total | Núm. preparación y total | Núm. colección | Núm. helmintos en frasco y total |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|---|
| | | | | HGO-07-270-01-08 | HGO-07-425-01 |
| | | | | HGO-07-281-01-01 | HGO-07-548-01 |
| | | | | HGO-07-281-01-02 | Total: 118 |
| | | | | HGO-07-282-01-01 | |
| | | | | HGO-07-282-02-01 | |
| | | | | HGO-07-282-02-02 | |
| | | | | HGO-07-304-01-01 | |
| | | | | HGO-07-304-01-02 | |
| | | | | HGO-07-308-01-01 | |
| | | | | HGO-07-308-01-02 | |
| | | | | HGO-07-308-02-01 | |
| | | | | HGO-07-308-02-02 | |
| | | | | HGO-07-308-02-03 | |
| | | | | HGO-07-308-02-04 | |
| | | | | HGO-07-310-01-01 | |
| | | | | HGO-07-315-01-01 | |
| | | | | HGO-07-315-01-02 | |
| | | | | HGO-07-315-01-03 | |
| | | | | HGO-07-318-01-01 | |
| | | | | HGO-07-318-01-02 | |
| | | | | HGO-07-326-02-01 | |
| | | | | HGO-07-326-02-02 | |
| | | | | Total: 45 | |
| <i>Gyrodactylus</i> sp. | 6 | | | HGO-07-550-01-01 | |

Apéndice 4. (cont). Especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys viviparus* Bustamante, 1837 en el Lago de Tecocomulco recolectados y examinados durante el transcurso del 2007.

| Especie helminto | de Núm. colectados | ejemplares y total | Núm. preparación colección | Núm. helmintos en frasco y total |
|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|---|
| | | | HGO-07-550-01-02 | |
| | | | HGO-07-550-01-03 | |
| | | | HGO-07-550-01-04 | |
| | | | HGO-07-550-01-05 | |
| | | | HGO-07-550-01-06 | |
| | | Total: 6 | | |
| <i>Rhabdochona</i> sp. | 26 | | HGO-07-314-01-01 | HGO-07-211-02 |
| | | | HGO-07-314-01-02 | HGO-07-303-01 |
| | | | HGO-07-314-01-03 | HGO-07-305-01 |
| | | | HGO-07-314-01-04 | HGO-07-330-01 |
| | | | HGO-07-305-01-01 | HGO-07-381-01 |
| | | | HGO-07-305-01-02 | HGO-07-548-02 |
| | | | HGO-07-305-01-03 | Total: 16 |
| | | | HGO-07-305-01-04 | |
| | | | HGO-07-395-01-01 | |
| | | | HGO-07-395-01-02 | |
| | | Total: 10 | | |