

University of Nebraska - Lincoln

DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln

Estudios científicos en el estado de Hidalgo y
zonas aledañas

Parasitology, Harold W. Manter Laboratory of

2013

El uso de helmintos parásitos como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua: Lago de Tecocomulco vs. Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México

Scott Monks

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, monks.scott@gmail.com

Griselda Pulido-Flores

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, g.pulido.flores@gmail.com

Christian E. Bautista-Hernández

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Berenice Alemán-García

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Jorge Falcón-Ordaz

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://digitalcommons.unl.edu/hidalgo>



Part of the [Environmental Health Commons](#), [Parasitology Commons](#), and the [Zoology Commons](#)

Monks, Scott; Pulido-Flores, Griselda; Bautista-Hernández, Christian E.; Alemán-García, Berenice; Falcón-Ordaz, Jorge; and Gaytán-Oyarzún, Juan Carlos, "El uso de helmintos parásitos como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua: Lago de Tecocomulco vs. Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México" (2013). *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*. 6.
<https://digitalcommons.unl.edu/hidalgo/6>

This Article is brought to you for free and open access by the Parasitology, Harold W. Manter Laboratory of at DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. It has been accepted for inclusion in Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas by an authorized administrator of DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

Authors

Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, Christian E. Bautista-Hernández, Berenice Alemán-García, Jorge Falcón-Ordaz, and Juan Carlos Gaytán-Oyarzún

El uso de helmintos parásitos como bioindicadores en la evaluación de la calidad del agua: Lago de Tecocomulco vs. Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México

Scott Monks, Griselda Pulido-Flores, Christian E. Bautista-Hernández, Berenice Alemán-García, Jorge Falcón-Ordaz, y Juan Carlos Gaytán-Oyarzún

Resumen

Como parte integral de la evaluación de la calidad ambiental del estado de Hidalgo, este estudio tiene énfasis en los helmintos parásitos de los peces y su uso como bioindicadores de la calidad de agua en Lago de Tecocomulco y Laguna de Metztitlán. Como parte del estudio, se obtuvieron los parámetros ecológicos de la infección para cada especie. En Lago Tecocomulco se registraron dos especies de digéneos (larvas), *Posthodiplostomum* sp. y *Diplostomum* sp. en el cerebro, los ojos y el mesenterio de dos especies de peces nativos de la zona (*Chirostoma jordani* y *Girardinichthys viviparus*); un céstodo (larva), en la vesícula biliar de *Cyprinus carpio* y *G. viviparus* y un (adulto), *Bothriocephalus acheilognathi*, en el intestino de *C. jordani* y *Cy. carpio*; y dos especies de monogéneos (adultos), *Actinocleidus* sp. y *Gyrodactylus* sp. en las branquias de *Cy. carpio* y *G. viviparus*. El registro helmintológico de la Laguna de Metztitlán comprendió de seis especies de helmintos: tres especies de Digenea (larvas) *Clinostomum complanatum*, *Diplostomidae* gen. sp., *Posthodiplostomum minimum*, dos Cestoda, *Bothriocephalus acheilognathi* (adulto) y un metacestodo *Glossocercus* sp. (larva); y una especie de Nematoda *Contracaecum* sp. (larva), en siete especies de peces *Abramis brama*, *Cy. carpio*, *Oreochromis niloticus*, *Herichthys labridens*, *Astyanax mexicanus*, *Poecilopsis gracilis* y *C. jordani*. En su mayoría con poca abundancia y prevalencia, a excepción del céstodo *B. acheilognathi* que se encontró infectando abundantemente a *Ch. jordani*. La estructura de las comunidades de los helmintos en los peces indican que, pese a que en Lago de Tecocomulco se realizan actividades de turismo y agricultura, aún no está tan contaminado como otros cuerpos de agua en el estado. Finalmente, se realizó una comparación con registros previos de la helmintofauna de Laguna de Metztitlán, en cuanto a la composición de la comunidad de helmintos parásitos de peces en dos áreas naturales protegidas.

Palabras clave: *Chirostoma jordani*, *Girardinichthys viviparus*, *Cyprinus carpio*, *Abramis brama*, *Oreochromis niloticus*, *Herichthys labridens*, *Astyanax mexicanus*, *Poecilopsis gracilis*, *Clinostomum complanatum*, *Diplostomidae* gen. sp., *Posthodiplostomum minimum*, *Bothriocephalus acheilognathi*, *Glossocercus* sp., *Gyrodactylus*, *Diplostomum*, Tecocomulco, Metztitlán

Introducción

Aunque existen diferentes técnicas para la evaluación de la calidad del agua, muchas de éstas son relativamente costosas, como son los análisis químicos. Recientemente, algunos estudios de los endoparásitos de peces han indicado que los helmintos intestinales sirven como bioindicadores de la

calidad de agua, mediante el análisis de la biodiversidad local, estructura de las comunidades y etapas de desarrollo presentes (Bhuthimethee *et al.*, 2002). En el estado de Hidalgo, Monks *et al.* (2003), Pulido-Flores *et al.* (2005), Monks *et al.* (2005) y Monks y Pulido-Flores (2008) aplicaron esta técnica para evaluar la calidad ambiental de la laguna de Metztitlán. Los resultados de éstos estudios en la estructura de

las comunidades de los helmintos en peces, indicaron que Laguna de Metztitlán, y los ríos asociados, presentan un alto nivel de perturbación, ocasionado por la actividad humana lo que ha resultado en la alteración del flujo del agua y en la presencia de contaminantes acuáticos, los cuales afectan el ambiente en forma negativa.

Los helmintos se han utilizado como pruebas contemporáneas de biodiversidad y como organismos que permiten monitorear el estado de los ecosistemas. Su presencia o ausencia hace posible inferir la riqueza de vertebrados e invertebrados en un hábitat determinado, esto es posible al conocimiento de los ciclos de vida de los parásitos. De igual manera, la ausencia de ciertos helmintos o la presencia de otros pueden ser indicadores del estrés de un hospedero individual, lo que a menudo refleja las alteraciones ambientales (Brooks y McLennan, 1991).

El Lago de Tecocomulco es considerado el último humedal natural relicto del sistema lacustre que predominó en toda la Cuenca del Valle de México, donde actualmente habitan organismos característicos de los lagos de Anáhuac (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). La ictiofauna está constituida por dos especies nativas, *Chirostoma jordani* Woolman, 1894, *Girardinichtys viviparus* (Bustamante, 1837), y una especie introducida, *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758; Miranda *et al.*, 2008). Los primeros registros de helmintos parásitos de peces se realizaron por: Bautista-Hernández (2008); Bautista-Hernández *et al.* (2008); Hernández-Hernández (2008); Hernández-Hernández *et al.* (2008); Alemán-García *et al.* (2008) y Alemán-García (2009). Los únicos otros estudios de helmintos de la región son los de Carrasco-Roldán, (2008) para algunas especies de roedores y Rodríguez-Amador (2009) para *Ambystoma velasci* (Dugés, 1888). Los listados más actualizados de flora y fauna del lago y la región local son los de Bautista-Hernández *et al.* (2008); Reyes-Silva *et al.* (2008) y Villagómez-Ibarra *et al.* (2008).

La laguna de Metztitlán es parte de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, es considerada uno de los cinco cuerpos de agua más importantes de México y debido a su estatus de protección se han realizado una amplia diversidad de investigaciones con gran variedad de flora y fauna. Algunos de los estudios se han enfocado en estudiar la helmintofauna de peces y roedores de la zona (Zárate-Ramírez, 2003; Gutiérrez-Cabrera, 2004; Monks *et al.*, 2005; Monks *et al.*, 2006; Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005; Pulido-Flores *et al.*, 2005). Desde el año 2003 se tiene registro que la laguna esta bajo un proceso de eutrofización y presenta altas concentraciones

de agroquímicos a consecuencia de la alta actividad agrícola en la zona (CONAP-SEMARNAT, 2003), lo que ha dado lugar a realizar diferentes investigaciones relacionadas al efecto eco—toxicológico de los contaminantes en la biota de la región.

En este trabajo, se reporta la estructura de la comunidad de los helmintos parásitos de las especies de peces dulceacuícolas de la región del Lago de Tecocomulco, Hidalgo. Se evalúa la calidad del agua desde la perspectiva de la estructura comunitaria y se compara estos datos con los reportados para la Laguna de Metztitlán, Hidalgo.

Material y Método

El lago de Tecocomulco se ubica en el sureste del estado de Hidalgo, a 17 km al noroeste de Ciudad Sahagún, colindando con los municipios de Tepeapulco, Cuauhtepac de Hinojosa y Apan. Se localiza entre los paralelos 19°53'20" y 19°50'08" de latitud norte y los meridianos 98°21'54" y 98°25'44" de longitud oeste, dentro de la provincia del Eje Volcánico Transversal, formando parte de la región hidrológica No. 26 del río Pánuco. Es un humedal que forma parte de la cuenca hidrográfica del valle de México y de la cuenca de Tecocomulco. Se localiza dentro de la provincia fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal, a una altura de 2,514 m sobre el nivel del mar. En el periodo que se realizó este estudio la superficie del lago fue de 1,769 ha, y sus usos principales giran en torno a la pesca comercial, el turismo náutico, la cacería y la extracción de agua (para riego agrícola y como bebedero para el ganado ovino y vacuno; Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

Se realizaron distintas recolectas de peces mediante dos tipos de captura: electropesca y mediante redes de los pescadores locales. Los peces se colectaron mensualmente en seis localidades (Fig. 1) que se seleccionaron para representar varios tipos de hábitat de peces (Miranda *et al.*, 2008).

Los peces se trasladaron al laboratorio en tres formas distintas: vivos en agua del lago, muertos en una hielera con hielo y fijados en alcohol etílico (EtOH) 96%. En el laboratorio los peces se sacrificaron y revisaron externamente (piel, aletas y ojos) para la búsqueda de ectoparásitos; posteriormente se extrajeron las branquias y las vísceras para su revisión. Cada órgano se colocó en una caja de Petri con solución salina (6 g NaCl:1 litro de H₂O) con el fin de conservar los tejidos y mantener vivos a los helmintos. El intestino y estómago se cortaron longitudinalmente para revisar el hábitat de los helmintos y el resto de las vísceras fueron desgarra-

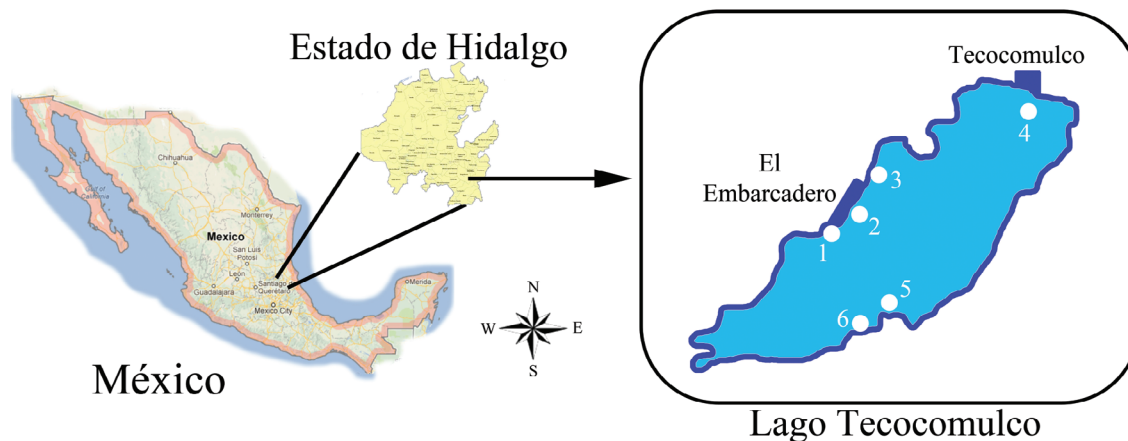


Figura 1. Localización de Lago de Tecocomulco y distribución de los puntos de muestreo.

das cuidadosamente con agujas de disección para la búsqueda de ejemplares con ayuda de un microscopio estereoscópico.

Los helmintos se colocaron en frascos homeopáticos con solución salina previamente calentada con el fin de sacrificarlos, provocando así el completo esterminamiento de los helmintos. Los ejemplares se fijaron en una solución a base de alcohol etílico, formol y ácido acético (AFA) por un lapso de 24 a 48 horas y se almacenaron en EtOH de 70%. Posteriormente, los helmintos se tiñeron con distintos colorantes siguiendo los métodos de Pritchard y Kruse (1982) y montados en bálsamo de Canadá. La identificación taxonómica de los helmintos se realizó con ayuda de claves taxonómicas y literatura especializada.

La información sobre los helmintos parásitos de Metztlán se obtuvo de publicaciones y tesis de la zona (Monks *et al.*, 2003; Zárate-Ramírez, 2003; Gutiérrez-Cabrera, 2004; Monks *et al.*, 2005; Monks *et al.*, 2006; Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005; Pulido-Flores *et al.*, 2005) que se resumen en el trabajo de Monks y Pulido-Flores (2008).

Las infecciones de los helmintos parásitos de los peces del lago de Tecocomulco, se caracterizaron con base en los parámetros ecológicos de prevalencia, abundancia, intensidad promedio e intensidad de la infección propuestos por Margolis *et al.* (1982) y Bush *et al.* (1997). El cálculo de las medidas de diversidad a nivel de comunidad de los helmintos parásitos se calculó con base en Magurran (2004) para los dos cuerpos de agua.

Resultados

Lago de Tecocomulco: Se recolectaron 367 peces de Lago de Tecocomulco, los cuales pertenecen a las especies

Tabla 1. Especies de peces recolectados en el Lago de Tecocomulco.

Especie de Hospedero	PE	PNI	PI	IP	# Parásitos
<i>Chirostoma jordani</i>	119	45	74	6.57	486
<i>Girardinichthys viviparus</i>	187	95	92	2.16	199
<i>Cyprinus carpio</i>	61	33	28	5.11	143
TOTAL	367	173	194		828

PE. = peces examinados; PNI. = peces no infectados; PI. = peces infectados; I.P. = Intensidad promedio; # P. = número total de parásitos.

G. viviparus, *C. jordani* y *Cy. carpio* (Tabla 1). Se aislaron e identificaron nueve especies de helmintos parásitos cuatro especies de digéneos (*Diplostomum* sp., *Posthodiplostomum* sp., Echinostomatidae gen. sp. y Proterodiplostomatidae gen. sp.), dos monogéneos (*Gyrodactylus* sp. y *Actinocleidus* sp.), dos céstodos (*Glossocercus* sp. y *Bothriocephalus acheilognathi*) y un nemátodo (*Rhabdochona* sp.; Fig. 2). En su mayoría, los helmintos registrados se presentaron en un estado de desarrollo inmaduro, razón por la que solo se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Solo de cuatro especies se colectaron formas adultas. Con referencia a su ciclo de vida, se encontraron cinco especies alogénicas, es decir, que usan a los peces como un hospedero intermediario para completar su ciclo en una ave ictiófaga (Tabla 2).

Se obtuvieron los parámetros ecológicos de la infección para las tres especies de peces revisados (Tabla 3 a Tabla 5). Las metacercarias de *Diplostomum* sp. se consideraron como independientes de acuerdo con el sitio que infectaron, porque es posible que los ejemplares representen más que una especie críptica (Laskowski, 1996; Donald *et al.*, 2007).

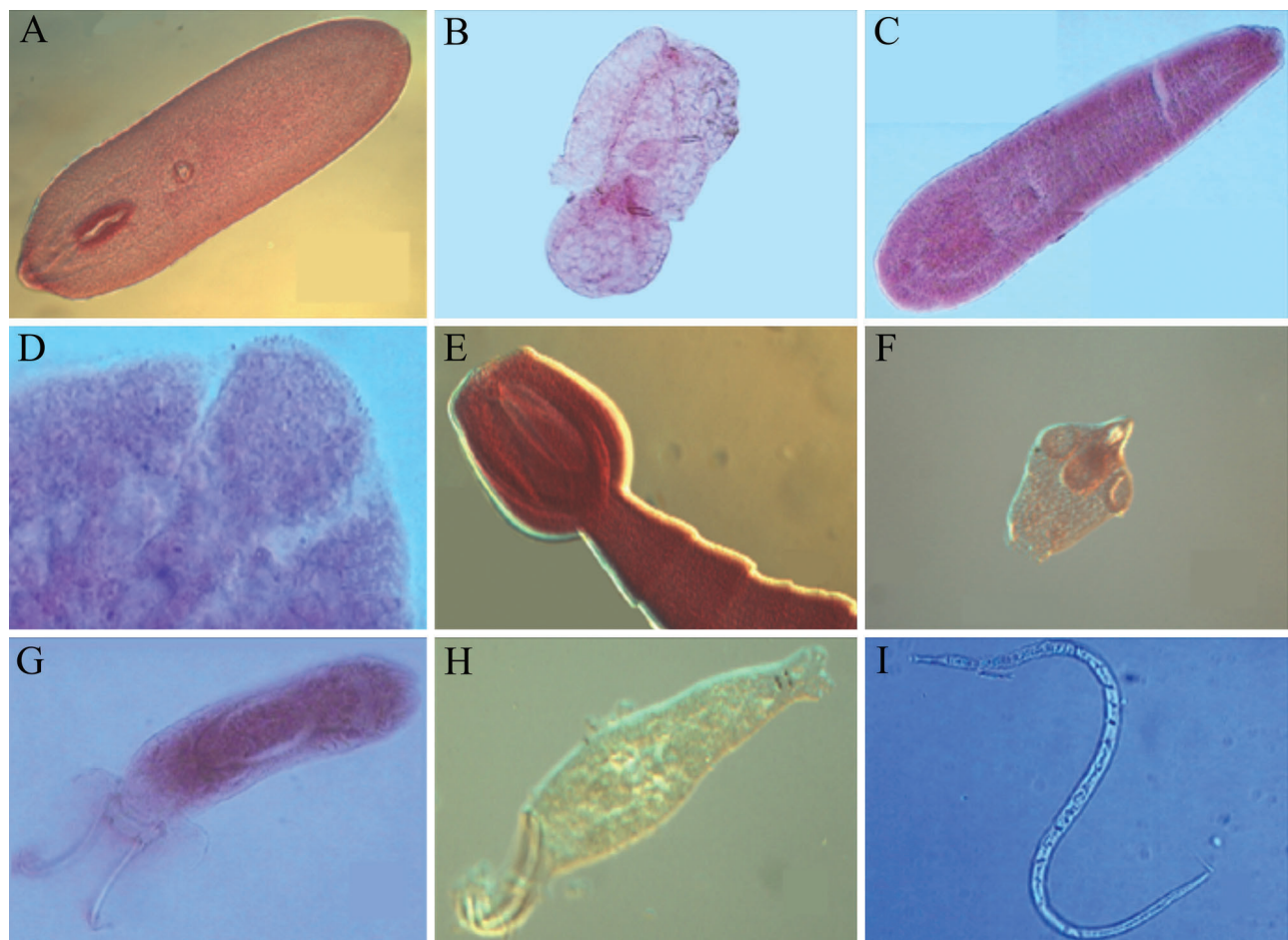


Figura 2. Helminths of the fish from Lago de Tecocomulco: **A.** *Diplostomum* sp. **B.** *Posthodiplostomum minimum* **C.** *Proteromiplostomatidae* gen. sp. **D.** *Echinostomatidae* gen. sp. **E.** *Bothriocephalus acheilognathi*. **F.** *Glossocercus* sp. **G.** *Gyrodactylus* sp. **H.** *Actinocleidus* sp. **I.** *Rhabdochona* sp.

Chirostoma jordani (charal) y *Girardinichthys viviparus* (mexcalpique) registraron la mayor riqueza de parásitos con seis de los 11 helmintos reportados, mientras que los peces de *Cyprinus carpio* (carpa) estuvieron

infectados por solo tres especies. Los ejemplares de *C. jordani* también registraron el mayor número de helmintos en estado larval, albergando todas las especies de metacercarias.

Tabla 2. Diversidad de helmintos de Lago de Tecocomulco.

Especie de helminto	Estadio	Hábitat	Estatus
Digenea			
<i>Diplostomum</i> sp.	Metacercaria	Cerebro, mesenterio y ojo	Alogénico
<i>Posthodiplostomum</i> sp.	Metacercaria	Mesenterio	Alogénico
<i>Echinostomatidae</i> gen. sp.	Metacercaria	Cerebro	Alogénico
<i>Proterodiplostomatidae</i> gen. sp.	Metacercaria	Cerebro	Alogénico
Monogenea			
<i>Gyrodactylus</i> sp.	Adulto	Piel	Autogénico
<i>Actinocleidus</i> sp.	Adulto	Branquias	Autogénico
Cestoda			
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Intestino	Autogénico
<i>Glossocercus</i> sp.	Metacestodo	Vesícula biliar	Alogénico
Nematoda			
<i>Rhabdochona</i> sp.	Adulto	Intestino	Autogénico

Tabla 3. Parámetros de infección en *Chirostoma jordani*.

Especie de helminto	PE	PI	%P	A	IP
<i>Diplostomum</i> sp. (mesenterio)	119	21	18%	0.63	3.6
<i>Diplostomum</i> sp. (cerebro)	119	41	34%	3.2	9.3
<i>Posthodiplostomum</i> sp.	119	3	2.50%	0.05	2
<i>Proterodiplostomatidae</i> gen. sp.	119	1	0.80%	0.008	1
<i>Echinostomatidae</i> gen. sp.	119	1	0.80%	0.008	1
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	119	2	1.70%	0.02	1

PE = peces examinados; PI = peces infectados; %P = prevalencia en porcentaje; A = abundancia; IP = intensidad promedio.

Tabla 4. Parámetros de infección en *Girardinichthys viviparus*.

Especie de helminto	PE	PI	%P	A	IP
<i>Diplostomum</i> sp. (mesenterio)	187	61	33%	1.1	3.3
<i>Diplostomum</i> sp. (cerebro)	187	16	9%	0.28	2.8
<i>Diplostomum</i> sp. (ojos)	187	2	1%	0.048	4.5
<i>Gyrodactylus</i> sp.	187	1	0.50%	0.032	6
<i>Glossocercus</i> sp.	187	3	2%	0.016	1
<i>Rhabdochona</i> sp.	187	9	5%	0.128	2.7

PE = peces examinados; PI = peces infectados; %P = prevalencia en porcentaje; A = abundancia; IP = intensidad promedio.

Tabla 5. Parámetros de infección en *Cyprinus carpio*.

Especie de helminto	PE	PI	%P	A	IP
<i>Actinocleidus</i> sp.	61	23	38	2.2	5.9
<i>Glossocercus</i> sp.	61	1	2	0.016	1
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	61	4	7	0.12	1.8

PE = peces examinados; PI = peces infectados; %P = prevalencia en porcentaje; A = abundancia; IP = intensidad promedio.

De manera paralela con el cálculo de los parámetros ecológicos se realizaron algunos análisis de diversidad y similitud (Tabla 6 y Tabla 7). *Chirostoma jordani* obtuvo el más alto número de gusanos (466). En ambos casos para *C. jordani* y *G. viviparus* las metacercarias fueron dominantes; pero registrándose

Tabla 6. Comparación a nivel componente de comunidad de helmintos registrados en la ictiofauna de Lago de Tecocomulco.

	<i>Cy. carpio</i>	<i>C. jordani</i>	<i>G. viviparus</i>
Riqueza (S)	3	6	6
Número de helmintos	143	466	301
Especie dominante	A	Dc	Dm
Diversidad de Simpson 1-D	0.1	0.3	0.49
Dominancia Berger-Parker	0.94	0.81	0.68

A = *Actinocleidus* sp.; Dc = *Diplostomum* sp. en cerebro; Dm = *Diplostomum* sp. en mesenterio.

Tabla 7. Similitud entre las especies de peces de Lago de Tecocomulco con base en el índice de Jaccard.

	<i>Cy. carpio</i>	<i>C. jordani</i>	<i>G. viviparus</i>
<i>Cy. carpio</i>	--	0.12	0.12
<i>C. jordani</i>		--	0.2
<i>G. viviparus</i>			--

en diferentes sitios de infección para cada hospedero. En *Cy. carpio* los monogéneos fueron el tipo de helminto dominante.

Para evaluar la similitud se comparó cada especie de hospedero con cada una de las demás especies, resultando una comparación entre pares de especies de hospederos. Desde un punto de vista cualitativo, *C. jordani* y *G. viviparus* son más similares entre sí, formando un grupo separado de las *Cy. carpio* (Tabla 7).

Laguna de Metztitlán: Entre el año 2002 y 2003 Zarate-Ramírez (2003) colectaron y disectaron 366 peces pertenecientes a siete especies: *Oreochromis niloticus*, *Abramis brama*, *Cy. carpio*, *Herichthys labridens*, *Astyanax mexicanus*, *Poeciloopsis gracilis* y *C. jordani*. De acuerdo a su estatus de origen tres especies se clasifican como introducidas, tres son nativas de la zona y una se consideró translocada (ver Tabla 8).

El registro helmintológico comprendió un total de seis especies: tres especies de digéneos (me-

Tabla 8. Especies de peces colectados y disectados por Zarate-Ramírez (2003).

Hospedero	Estatus	PE	PI	IP.	#parásitos
<i>Abramis brama</i>	introducido	10	3	31	63
<i>Cyprinus carpio</i>	introducido	46	1	5	5
<i>Oreochromis niloticus</i>	introducido	48	1	1	1
<i>Herichthys labridens</i>	nativo	47	20	24.1	483
<i>Astyanax mexicanus</i>	nativo	64	11	1.8	20
<i>Poeciloopsis gracilis</i>	nativo	64	38	6.5	248
<i>Chirostoma jordani</i>	translocado	87	75	36.2	2721

PE = Peces examinados; PI = Peces infectados; IP = Intensidad promedio; #parásitos = número total de parásitos.

Tabla 9. Diversidad de helmintos por especie de hospedero en Laguna de Metztitlán.

Hospedero	Helminto	Estadio	Estatus	Sitio de infección
<i>Abramis brama</i>	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Oreochromis niloticus</i>	Diplostomatidae gen. sp.	Metacercaria	Alogénico	Músculo, mesenterio y cavidad corporal
<i>Herichthys labridens</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i>	Metacercaria	Alogénico	Músculo
	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Astyanax mexicanus</i>	Diplostomatidae gen. sp.	Metacercaria	Alogénico	Músculo, mesenterio y cavidad corporal
	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Diplostomatidae gen. sp.	Metacercaria	Alogénico	Músculo, mesenterio y cavidad corporal
	<i>Clinostomum complanatum</i>	Metacercaria	Alogénico	Boca
	<i>Glossocercus</i> sp.	Metacercario	Alogénico	Mesenterio
	<i>Contracaecum</i> sp.	Larva	Alogénico	mesenterio y cavidad corporal
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino
<i>Chirostoma jordani</i>	Diplostomatidae gen. sp.	Metacercaria	Alogénico	Músculo, mesenterio y cavidad corporal
	<i>Glossocercus</i> sp.	Metacercario	Alogénico	Mesenterio
	<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	Adulto	Autogénico	Estómago e intestino

tacercarias) *Clinostomum complanatum*, Diplostomatidae gen. sp., *Posthodiplostomum minimum*, dos cestodos, un adulto *Bothriocephalus acheilognathi* y un metacercario *Glossocercus* sp.; y una especie de nematodo en estado larval *Contracaecum* sp. (Fig. 3). La mayoría de estas especies presentan un ciclo de vida alogénico y solo una especie es autógena (Tabla 9).

Comparación entre Laguna de Metztitlán y Lago de Tecocomulco

Existen diferencias notorias entre la riqueza de peces y helmintos en Laguna de Metztitlán y Lago de Tecocomulco; en el primer embalse se han registrado siete especies de peces y seis especies de parásitos; mientras que en Lago de Tecocomulco habitan tres especies de peces y once de helmintos. A pesar que la localidad de Metztitlán es más rica en ictiofauna, la riqueza de parásitos es baja (Tabla 10) que puede explicarse por la estructura del ecosistema y los ciclos de vida de los helmintos presentes en cada localidad.

En Lago de Tecocomulco puede apreciarse varias especies de plantas acuáticas y tule que recubre

la mayor parte del lago (Bautista-Hernández *et al.*, 2008); en tanto que en Metztitlán la presencia de vegetación es escasa, lo que tal vez no permite la anidación de aves o no ofrece refugio para otros organismos que permitan que los parásitos completen sus ciclos de vida. Ya que los parásitos pueden tener un ciclo de vida directo o indirecto; en el primer caso solo hay un hospedero definitivo, y para el segundo caso existen el hospedero definitivo, y uno o varios hospederos intermediarios en donde se desarrollan diferentes etapas larvales.

Con base en el cálculo del índice de Simpson (1-D), Lago de Tecocomulco tiene un valor más bajo que la laguna (0.65), reflejando que el cuerpo de agua de Metztitlán es más diverso, considerando que el índice de Simpson expresa la dominancia o concentración de abundancia de las especies frecuentes dentro de la comunidad en el componente (Magurran, 2004). Las metacercarias de *Diplostomum* sp. del cerebro dominan la comunidad de helmintos en Tecocomulco a diferencia de Metztitlán, en donde el cestodo *B. acheilognathi* es más dominante y el más abundante (Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005) por lo que el índice de Berger-Parker es mayor en esta localidad (Tabla 8).



Figura 3. Helmintos de los peces dulceacuícolas de la Laguna de Metztitlán: A. *Posthodiplostomum minimum*; B. *Diplostomidae* gen. sp.; C. *Clinostomum complanatum*; D. *Bothriocephalus acheilognathi*; E. *Glossocercus* sp. y F. *Contraecum* sp.

En cuanto a los helmintos presentes en cada localidad, se resalta la presencia de metacercarias de los géneros *Diplostomatidae* y *Posthodiplostomum* sp. en ambos sitios, indicando indirectamente la presencia de caracoles (primer hospedero intermediario para los estadios larvales) y de aves ictiofagas (hospederos definitivos para los adultos); los parásitos aportan información sobre los hospederos que habitan en los ecosistemas y de sus hábitos alimenticios. El cestodo, *B. acheilognathi* en ambos cuerpos de agua se encuentra parasitando a los peces nativos e introducidos. Sin embargo, en el caso de Metztitlán en la ictiofauna nativa se registró la mayor infección por este cestodo. Aunque el registro de esta especie de helminto indica la presencia de copépodos que actúan como hospederos intermediarios para esta especie de parásito, tam-

Tabla 10. Parámetros de diversidad entre Lago de Tecocomulco y Laguna de Metztitlán.

	Lago de Tecocomulco	Laguna de Metztitlán
Riqueza de helmintos (S)	11	6
Número de helmintos	910	3459
Especie dominante	Dp	Ba
Diversidad Simpson (1-D)	0.65	0.14
Dominancia de Berker Parker	0.47	0.92

Dp. = *Diplostomum* sp. (cerebro); Ba. = *Bothriocephalus acheilognathi*.

bién es un ejemplo de los efectos que tiene la introducción de especies exóticas en un lugar, ya que se introdujo junto con su hospedero original: la carpa herbívora *Ctenopharingodon idella* (López-Jiménez, 1981). Actualmente, esta especie de cestodo se le encuentra con mayor frecuencia en peces nativos (Salgado-Maldonado y Pineda-López, 2003; Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005).

En Lago de Tecocomulco se registran dos especies de monogéneos: *Gyrodactylus* sp. y *Actinocleidus* sp., éstas mismas especies se reportaron en Laguna de Metztitlán por Porraz-Álvarez (2006) pero con valores de abundancia muy bajos, las dos especies estuvieron representadas por un individuo en un mismo hospedero de *Poeciliopsis gracilis*, bajo un exhaustivo trabajo de revisión de 366 peces de diferentes especies. Lo anterior es un indicador de que existe algún factor que no permite que los monogéneos se registren en una mayor prevalencia y abundancia en Metztitlán. Es probable que la elevada contaminación química presente en esta laguna (García *et al.*, 2006; Lozada-Zarate *et al.*, 2006; Lozada-Zarate, 2007; Lozada-Zarate *et al.*, 2007) no permita la sobrevivencia de estos organismos. Mientras que los peces de Lago de Tecocomulco, tanto nativos como introducidos, presentan monogéneos; por lo cual se considera que las condiciones en el lago de Tecocomulco es más natural (no perturbado, ni contaminado) en comparación con Laguna de Metztitlán (Alemán-García *et al.*, 2008). Pero no se debe perder de vista que, los ciclos de vida y la ecología de los parásitos depende de la relación de diversos factores, algunos son propios del hospedero como su comportamiento, su biogeografía, su historia de vida, otros son atribuibles al 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 propio parásito (Pérez-Ponce de León *et al.*, 2000).

Conclusión

Finalmente, con base en lo anterior, es importante señalar que la comunidad de helmintos, en Laguna de Metztitlán y Lago de Tecocomulco, están aportando información útil para evaluar la calidad ambiental y condiciones ecológicas locales. Como referencia de monitoreo, el éxito de los helmintos para completar sus ciclos de vida indica la presencia de las especies de los hospederos en estas localidades, así como que los hábitats de cada hospedero dentro de su medio permiten la presencia o la ausencia de determinados parásitos. Por tal motivo, es de suma importancia continuar los estudios de las comunidades de los helmintos en cada localidad, a partir de los cuales puede obtenerse información sobre cambios ambientales, no sólo de ellos, sino de su entorno (Monks *et al.*, 2003; Gutiérrez-Cabrera *et al.*, 2005; Monks *et al.*, 2005; Pulido-Flores *et al.*, 2005).

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento al proyecto "Helmintos de algunas especies de *Xiphophorus* de la Huasteca Hidalguense", del fondo de Convocatoria de Apoyo Complementario a Investigadores en Proceso de Consolidación (SNI 1) 2008 (Clave 091431) y el proyecto "El efecto de hibridización en la diversidad de helmintos parásitos de peces del género *Xiphophorus*", Ciencia Básica (Clave 0127310), ambos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Como parte del segundo proyecto, JFO recibió una beca de posdoctorado. Asimismo, CEBH agradece al CONACyT por la beca (No. 20129) para estudios dentro de la Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación y la beca (No. 217861) para realizar estudios de doctorado en el Doctorado en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, UAEH. Finalmente, este trabajo forma parte de los productos del proyecto colaborativo "Calidad Ambiental y Desarrollo Sustentable: Inventario Ambiental y Establecimiento de Indicadores Regionales", con fondos del Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

Literatura citada

Alemán-García, B., S. Monks, G. Pulido-Flores y S. López-

Jiménez. 2008. Helmintos parásitos de peces del Lago de Tecocomulco, Hidalgo. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y la Universidad de Navarra, Pachuca, Hidalgo, 8:93-98.

Alemán-García, B. 2009. Helmintos parásitos de peces del lago de Tecocomulco, Hidalgo como indicadores de la calidad ambiental. Tesis de Maestría en Ciencias en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 59 p.

Bautista-Hernández, C. E. 2008. Helmintofauna de un Goodeidae del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Tesis de licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 68 p.

Bautista-Hernández, C. E., D. L. Hernández-Hernández, S. Monks y G. Pulido-Flores. 2008. Lago de Tecocomulco. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Universidad de Navarra, Pachuca, Hidalgo, pp. 15-22.

Bhuthimethee, M., N. O. Dronen y W. H. Neill. 2002. SR 2002-013: Metazoan parasite community structure in bluegill (*Lepomis macrochirus*) as an indicator of the impact of urbanization on 2 streams in San Antonio, Texas. College Station, Texas, Texas Water Resources Institute, 170 p.

Brooks, D. R. y D. A. McLennan. 1991. Phylogeny, ecology, and behavior: A research program in comparative biology. Chicago, University of Chicago Press, 434 p.

Bush, A. O., Kevin D. Lafferty, E. M. Lotz y A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. Journal of Parasitology 83:575-583.

Carrasco-Roldán, D. V. 2008. Diversidad de helmintos parásitos de algunos roedores (Mammalia: Rodentia) en San Miguel de Allende, Tepeapulco, Hidalgo, México. Licenciatura en Biología Agropecuaria, Universidad Autónoma del Estado de Tlaxcala, Tlaxcala, 83 p.

CONANP-SEMARNAT. 2003. Programa de manejo: Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México. 202 p.

Donald, K. M., A. Sijnja y H. G. Spencer. 2007. Species assignment amongst morphologically cryptic larval Digenea isolated from New Zealand topshells (Gastropoda: Trochidae). Parasitology Research 101:433-441.

García, J., A. J. Gordillo-Martínez, G. Pulido-Flores, S. Monks, J. R. Villagómez-Ibarra, O. A. Acevedo-Sandoval. 2006. Evaluación de la concentración de hidrocarburos aromáticos policíclicos en las aguas de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. XI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales, Morelos, México.

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. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 88 p.

- Gutiérrez-Cabrera, A. E., G. Pulido-Flores, S. Monks y J. C. Gaytán-Oyarzun. 2005. Presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoidea: Bothriocephalidae) en peces de Metztitlán, Hidalgo, México. *Hidrobiológica* 15:283-288.
- Hernández-Hernández, D. L. 2008. Helmintofauna de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 71.
- Hernández-Hernández, D. L., G. Pulido-Flores y S. Monks. 2008. Registro helmintológico de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894, del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda y D. Galicia. Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y la Universidad de Navarra, Pachuca, Hidalgo, 8:57-76.
- Laskowski, Z. 1996. Species identification of *Diplostomum pseudospathaceum* Niewiadomska, 1984 y *D. paracaudum* (Iles, 1959) metacercariae using DNA polymorphism amplified by arbitrary primers. *Acta Parasitologica* 41:26-29.
- López-Jiménez, S. 1981. Cestodos de peces I. *Bothriocephalus (Cleistobothrium) acheilognathi* (Cestoda: Bothriocephalidae). *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 51:69-84.
- Lozada-Zarate, E. J., S. Monks, G. Pulido-Flores, A. J. Gordillo-Martínez y F. Prieto-García. 2006. Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en la Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. En: V Congreso Internacional y el XI Congreso Nacional de Ciencias Ambientales, Centro Vacacional IMSS, Oaxtepec, Morelos, México. (eds.). 1-9.
- Lozada-Zarate, E. J., S. Monks, G. Pulido-Flores, A. J. Gordillo-Martínez y F. Prieto-García. 2007. Determinación de metales pesados en *Cyprinus carpio* en Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. En Pulido-Flores, G. y López-Escamilla, A. L. (editoras) 2007. IV Foro de Investigadores por la Conservación y II Simposio de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Hidalgo. Ciencia al día 5. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, pp. 91-94 p.
- Lozada-Zarate, E. J. 2007. Determinación de la concentración de metales en *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (carpa común) de la Laguna de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 64 p.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing Company, Malden, Massachusetts. 256 p.
- Margulis, 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.
- Miranda, R., D. Galicia, G. Pulido-Flores y S. Monks. 2008. Análisis poblacional de los peces de Lago Tecocomulco. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (Eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y la Universidad de Navarra. Pachuca, Hidalgo, México. pp. 51-55.
- Monks, S., G. Pulido-Flores, J. Fernández-Fernández y M. C. Corona-Vargas. 2006. Inventario de las helmintiasis en peces y su riesgo potencial zoonótico en comunidades indígenas de la reserva de la biosfera barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. SIZA-CONACYT. México, 133 p.
- Monks, S. y G. Pulido-Flores. 2008. Helmintos bioindicadores de la calidad del agua en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. En Pulido-Flores, G., A. L. López-Escamilla, y M. T. Pulido-Silva (eds.). Estudios biológicos en las áreas naturales del estado de Hidalgo. Ciencia al día 7. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo. pp. 107-115.
- Monks, S., V. R. Zárate-Ramírez y S. Moreno-Flores. 2003. Helmintos bioindicadores de la calidad del agua en la Reserva de Barranca de Metztitlán. Memorias del Foro Sobre la Problemática del Agua: un Desafío para las IES en la Región Centro-Sur de la República Mexicana, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. y la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), A.C. CL-10:1-10.
- 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.
- Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto, V. León-Règagnon y A. Choudhury. 2000. Helminth communities of native and introduced fishes in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Fish Biology* 57:303-325.
- Porraz-Álvarez, O. L. 2006. Diversidad de helmintos (Platyhelminthes: Monogenea) de algunas especies de peces marinos de Veracruz y de agua dulce de Hidalgo, México. Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 122 p.
- Pritchard, M. H. y G. O. W. Kruse. 1982. The collection y preservation of animal parasites. Technical Bulletin No. 1, The Harold W. Manter Laboratory. University of Nebraska Press, Lincoln, Nebraska, 141 p.
- Pulido-Flores, G., S. Monks y A. J. Gordillo-Martínez. 2005. Monitoreo de bajo costo en la evaluación de la calidad ambiental. *Revista Internacional de Ciencias Ambientales* 21:578-583.
- Reyes-Silva, J. A., M. Á. Villavicencio-Nieto y B. E. Pérez-Escandón. 2008. Plantas medicinales usadas para infecciones respiratorias en Los Cides, Tepeapulco, Hidalgo. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo

- y la Universidad de Navarra. Pachuca, Hidalgo. pp. 99-108.
- Rodríguez-Amador, R. 2009. Reporte helmintológico de *Ambystoma velasci* Dugès, 1891 de Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo, 65 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.
- Villagómez-Ibarra, J. R., E. Rivera-Ruíz y A. J. Gordillo-Martínez. 2008. Estudio de compuestos orgánicos y de metales pesados en plantas del Lago de Tecocomulco. En Pulido-Flores, G., S. Monks, R. Miranda, y D. Galicia (eds.). Estudios científicos de Lago Tecocomulco, Hidalgo, y zonas aledañas. Ciencia al día 8. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y la Universidad de Navarra. Pachuca, Hidalgo. pp. 47-50.
- Zárate-Ramírez, V. R. 2003. Evaluación de la biodiversidad de helmintos en peces de la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. Tesis de Maestría en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur, 75 p.