

## Revista Mexicana de Biodiversidad 89 (2018): 29-38

Taxonomía y sistemática

### Helminths parasites of the freshwater fishes of the Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca region

#### *Helminth parasites of freshwater fishes from Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Oaxaca region*

Juan José Barrios-Gutiérrez <sup>a</sup>, Emilio Martínez-Ramírez <sup>b</sup>, Rosa M. Gómez-Ugalde <sup>a</sup>, Martín García-Varela <sup>c</sup> y Carlos D. Pinacho-Pinacho <sup>d, \*</sup>

<sup>a</sup> Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Ex-Hacienda de Nazareno, Apartado postal 273, 68000 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México

<sup>b</sup> Área de Acuicultura, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Hornos Núm. 1003, Col. Noche Buena, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México

<sup>c</sup> Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria, 04510 Ciudad de México, México

<sup>d</sup> Instituto de Ecología, A.C., Red de Estudios Moleculares Avanzados, Km 2.5 Ant. Carretera a Coatepec 351, El Haya, 91070 Xalapa Enríquez, Veracruz, México

\*Autor para correspondencia: danyboy\_jd26@hotmail.com (C. D. Pinacho-Pinacho)

Recibido: 26 julio 2016; Aceptado: 16 marzo 2017

#### Resumen

Con el objetivo de conocer la helmintofauna en áreas naturales protegidas en México, se presenta un inventario de los helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, región Oaxaca. Entre octubre y noviembre del 2015, se revisaron 235 peces pertenecientes a 13 especies en 21 sitios. Se encontraron 1,466 helmintos pertenecientes a 16 taxones: 6 tremátodos (3 adultos y 3 formas larvarias), 4 monogéneos, 1 céstodo (adulto) y 5 especies de nemátodos (4 adultos y 1 forma larvaria). Las especies *Pseudoparacreptotrema macroacetabulata*, *Schyzocotyle acheilognathi* y *Rhabdochona kidderi kidderi* mostraron las prevalencias más altas (100%) en al menos 1 sitio. Esta última especie presentó la mayor abundancia (34±0), mientras que *Urocleidoides simonae* presentó la intensidad promedio más elevada (116±0). La riqueza de especies es baja en comparación con estudios previos realizados en otros sitios del río Papaloapan; *Vieja fenestrata* presenta la mayor riqueza de helmintos (5). La mayoría de los registros son nuevos para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, región Oaxaca. Los datos de esta investigación serán de utilidad en estudios ecológicos, de relación parásito-huésped, biogeográficos y de conservación, en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el área de Oaxaca.

*Palabras clave:* Oaxaca; Helmintofauna; Huésped; Río Papaloapan; Especies introducidas

#### Abstract

In this study, a checklist of the helminth parasites of freshwater fishes from Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve in the area of Oaxaca is presented. From October to November 2015, 235 fish of 13 species were analysed from 21 localities. A total of 1,466 worms of 16 helminth taxa were recorded: 6 trematodes (3 adults and 3 metacercariae), 4 monogeneans, 1 adult cestode and 5 nematodes (4 adults and 1 larva). The helminth species *Pseudoparacreptotrema macroacetabulata*, *Schyzocotyle acheilognathi*, and *Rhabdochona kidderi kidderi* reached the highest prevalence

(100%) in at least 1 site; *Rhabdochona kidderi kidderi* showed the highest abundance ( $34 \pm 0$ ), while *Urocleidoides simonae* presented the highest average intensity ( $116 \pm 0$ ). The species richness showed low values compared with previous studies in the Papaloapan River; the fish *Vieja fenestrata* had the highest helminth species richness (5). Most helminth records presented here are new to Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, Oaxaca region. The data generated in this study will be useful in ecological, host-parasites relationship, biogeographic and conservation studies in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve in the area of Oaxaca.

**Keywords:** Oaxaca; Helminth fauna; Host; Papaloapan River; Introduced species

## Introducción

México cuenta con 176 áreas naturales protegidas que se incluyen en 6 categorías. Dentro de la categoría de Reserva de la Biosfera se encuentra la de Tehuacán-Cuicatlán (Conabio, 2016), que fue creada por decreto oficial en 1998 (Diario Oficial de la Federación, 1998), y se encuentra ubicada al sur del estado de Puebla y al norte del estado de Oaxaca, entre los límites  $18^{\circ}57'55''$  N y  $97^{\circ}32'30''$  O al norte, al sur  $17^{\circ}26'20''$  N y  $96^{\circ}53'08''$  O, al este  $18^{\circ}28'58''$  N y  $96^{\circ}51'42''$  O y al oeste  $18^{\circ}06'09''$  N y  $97^{\circ}51'38''$  O. Cubre una superficie de 490,186 hectáreas, incluida entre las cuencas hidrológicas del río Papaloapan y Balsas (Diario Oficial de la Federación, 1998; Semarnat, 2013). Esta reserva alberga 2,621 especies de plantas vasculares, 102 especies de mamíferos, 32 especies de anfibios, 85 de reptiles y 338 especies de aves (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010; Dávila et al., 2002; Semarnat, 2013).

Del total de especies de peces dulceacuicolas registradas para el estado de Oaxaca (129), la reserva alberga 14, incluidas en 11 géneros y 6 familias, que representan el 10.85% de dicho total. De éstas, 12 son nativas del estado, representando el 10.26% de las especies autóctonas (Martínez-Ramírez et al., 2010, 2013). En el área de estudio se encuentra registrada *Notropis moralesi* De Buen, 1955, especie distribuida en las partes altas de las cuencas de los ríos Papaloapan, Atoyac-Verde y Tlapaneco en los estados de Oaxaca y Puebla (Martínez-Ramírez, 1999) y que junto con *Rhamdia guatemalensis* Günther, 1864, se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-Semarnat-2010 (Semarnat, 2010). Adicionalmente, se registran 2 especies exóticas *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 y *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), que representan el 18.18% de las especies exóticas en el estado (Martínez-Ramírez et al., 2013).

Entre los estudios previos sobre los helmintos parásitos de peces en la región estudiada se encuentra el de Salgado-Maldonado et al. (2005), quienes estudiaron la helmintofauna de los peces de la cuenca del río Papaloapan incluyendo 2 localidades que se ubican dentro de los límites de la reserva; en ellas registraron a *Posthodiplostomum minimum* (MacCallum, 1921) Dubois, 1936, *Centrocestus formosanus* Nishigori, 1924, *Urocleidoides* sp.,

*Gyrodactylus* sp. y *Rhabdochona mexicana* Caspeta-Mandujano, Moravec y Salgado-Maldonado, 2000, en 3 especies de huéspedes. Posteriormente, Aguilar-Aguilar et al. (2010) reportaron a *N. moralesi* como nuevo huésped para los helmintos *Rhabdochona canadensis* Moravec y Arai, 1971 y *Schyzocotyle acheilognathi* (Yamaguti, 1934). Finalmente, Martínez-Ramírez et al. (2013) registraron a *S. acheilognathi* en *N. moralesi* en el río Tepelmeme, Villa de Morelos, Oaxaca.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de generar un inventario de los helmintos parásitos de los peces dulceacuicolas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el área que corresponde a Oaxaca, proporcionando información sobre la abundancia de la especie huésped y la prevalencia de cada parásito, los cuales son factores determinantes para que una especie de parásito persista a lo largo del tiempo en una área determinada (Poulin et al., 2016). Con esto se contribuye al conocimiento de la helmintofauna de los peces de Oaxaca, incrementando el inventario de especies y localidades, lo cual sienta las bases para estudios posteriores. Así también, presentamos una discusión sobre las implicaciones que tienen las especies de helmintos introducidas a diferentes escalas en las áreas naturales protegidas.

## Materiales y métodos

Mediante un muestreo realizado de octubre a noviembre de 2015 en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, se recolectaron peces mediante la técnica de pesca eléctrica en 21 sitios de colecta (fig. 1; tabla 1). Los peces fueron recolectados bajo el permiso SGPA/DGVS/09813/15, expedido por la Dirección General de Vida Silvestre de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), para el proyecto “Diagnóstico de las especies invasoras de peces en el área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán” a uno de los coautores (E.M.R.). Los huéspedes de cada una de las especies recolectadas fueron identificados siguiendo claves dicotómicas, registros previos y estudios sobre la ictiofauna de la zona (Martínez-Ramírez et al., 2013; Miller et al., 2005). Los peces se mantuvieron vivos por 12 hrs. como máximo; posteriormente se realizó un examen helmintológico inspeccionando en cada uno: la

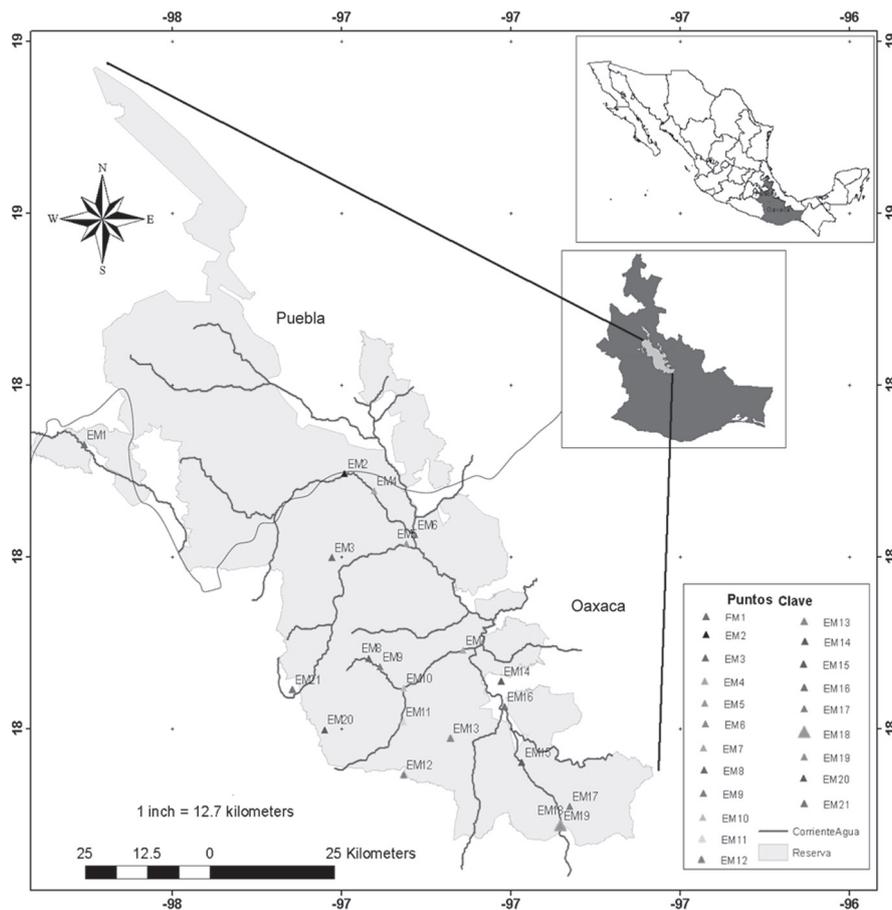


Figura 1. Localidades de muestreo para helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el área de Oaxaca.

superficie del cuerpo, aletas y branquias, estas últimas se mantuvieron húmedas con agua del medio; los órganos internos fueron colocados en cajas de Petri con solución salina al 0.65% y revisados bajo un microscopio estereoscópico. Todos los helmintos encontrados fueron contados y fijados en vivo para su estudio morfológico y molecular. Los platelmintos fueron fijados con formol al 4% caliente a punto de ebullición y teñidos con paracarmin de Mayer, deshidratados en alcoholes graduales y montados en preparaciones permanentes con bálsamo de Canadá (Salgado-Maldonado, 1979). Los nemátodos fueron fijados en formol salino al 4%, aclarados en una mezcla de glicerina con alcohol en una concentración 1:1 y preservados en alcohol al 70% (Caspeta-Mandujano, 2010). Por su parte, los monogeneos recuperados de la superficie del cuerpo y de las branquias fueron fijados con una mezcla de glicerina y ácido pícrico para observar estructuras esclerotizadas (Ergens, 1969). Para el estudio molecular, algunos ejemplares de cada especie de helminto

fueron fijados directamente en etanol absoluto (100%). La determinación taxonómica de los helmintos se realizó mediante bibliografía especializada para cada grupo y los ejemplares de referencia fueron depositados en la Colección Nacional de Helmintos (CNHE), Instituto de Biología, UNAM (ver tabla 2). Los huéspedes fueron depositados en la Colección de Peces Continentales (OAX-PEC-122-0302) del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca, IPN. Los parámetros ecológicos de las infecciones (prevalencia, intensidad promedio y abundancia promedio) fueron calculados siguiendo la propuesta de Bush et al. (1997).

## Resultados

Se examinó un total de 235 peces pertenecientes a 13 de las 14 especies registradas en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, región Oaxaca, procedentes de 21

Tabla 1

Localidades muestreadas para helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca.

Clave (fig. 1)	Localidad	Coordenadas	
		Latitud	Longitud
EM1	Río de Olleras de Bustamente, Santiago Chazumba, Oaxaca.	18°13'13.5"	97°42'47.7"
EM2	Ejido San Pedro Tetitlán, San José Miahuatlán, sitio 1.	18°10'14.8"	97°14'35.1"
EM3	Ejido San Pedro Tetitlán, San José Miahuatlán, sitio 2.	18°09'36.9"	97°15'56.8"
EM4	Río Salado, San Antonio Nanahuatipam, Oaxaca.	18°8'26.1"	97°11'26.2"
EM5*	Río Xiquila, Santa María Tecomavaca, Oaxaca.	18°2'58.6"	97°7'52.5"
EM6	Río Salado, San Juan de los Cués, Oaxaca.	18°3'52.7"	97°6'58.4"
EM7*	Río Los Sabinos, Santa María Tecomavaca, Oaxaca.	17°51'52.7"	97°1'47.6"
EM8	Manantial de Santa María Ixcatlán, Oaxaca.	17°51'4.7"	97°11'57.5"
EM9	Río El Sabino, Santa María Ixcatlán, Oaxaca.	17°50'11.4"	97°10'46.5"
EM10	Río Los Sabinos, San Pedro Nodón, Santa María Ixcatlán, Oaxaca.	17°47'59.1"	97°8'11.3"
EM11	Río Los Sabinos, San Miguel Huautla, Oaxaca.	17°44'28.9"	97°8'17.8"
EM12	Río Apoala, Santiago Apoala, Oaxaca.	17°38'57.2"	97°8'12.1"
EM13	Puente de la entrada a Santa María Texcatitlán, Oaxaca.	17°42'44.3"	97°3'9"
EM14	Río Grande, San Juan Bautista Cuicatlán, Oaxaca.	17°48'41.7"	96°57'38.7"
EM15*	Río Las Vueltas, Santiago Dominguillo, Oaxaca.	17°40'15"	96°55'23"
EM16	Río Chiquito, San Pedro Chicozapotes, Oaxaca.	17°46'1.4"	96°57'17"
EM17	Terracería a Pueblo Viejo, Zoquiapam Boca de los Ríos, Oaxaca.	17°35'41.5"	96°50'11.5"
EM18	Río de Zoquiapam Boca de los Ríos, Oaxaca.	17°33'38.4"	96°51'11.4"
EM19	Río de Santa Catarina Tlaxila, San Juan Bautista Cuicatlán, Oaxaca.	17°33'38.3"	96°51'11.3"
EM20	Río Blanco, San Juan Bautista Coixtlahuaca, Oaxaca.	17°43'39.2"	97°16'47.2"
EM21	Arroyo Los Sabinos, San Miguel Tequixtepec, Oaxaca.	17°47'48.5"	97°20'17.0"

\* Sitio muestreado por Salgado-Maldonado et al. (2005).

sitios de recolecta (fig. 1). De las especies recolectadas, solo 9 (138 peces) se encontraron parasitadas. Se obtuvo un total de 1,466 gusanos de 16 especies de helmintos, pertenecientes a 13 géneros y 12 familias. El registro helmintológico consta de los tremátodos *Pseudoparacreptotrema macroacetabulata* Pérez-Ponce de León, Pinacho-Pinacho, Mendoza-Garfias, Choudhury y García-Varela, 2016, *Phyllostomum inecoli* Razo-Mendivil, Pérez-Ponce de León y Rubio-Godoy, 2013, *Saccocoelioides lamothei* Aguirre-Macedo y Violante-González, 2008, que fueron encontrados como adultos y *Centrocestus formosanus*, *Posthodiplostomum* sp. y *Clinostomum* sp. que se encontraron como formas larvarias, además de las especies de monogeneos *Dactylogyrus anchoratus* Dujardin, 1845, *Urocleidoides simonae* Mendoza-Franco, Caspeta-Mandujano, Salgado-Maldonado y Matamoros, 2015, *Gyrodactylus cichlidarum* Paperna, 1968, *G. yacatli* García-Vásquez, Hanson,

Christison, Bron y Shinn, 2011, así como el cestodo adulto *S. acheilognathi* y las especies de nemátodos *Rhabdochona salgadoi* Caspeta-Mandujano y Moravec, 2000, *R. kidderi kidderi*, *R. canadensis* y *Spinitectus* sp., encontradas como adultos y la forma larvaria de *Contracaecum* sp. Doce (75%) de las especies recolectadas se encontraron como adultos, mientras que las 4 restantes fueron larvas (tabla 2). Particularmente, el nemátodo *Spinitectus* sp., representa una especie nueva para la ciencia aun por describir. Esta nueva especie fue registrada en las localidades de río Los Sabinos, San Pedro Nodón, Santa María Ixcatlán (EM10) y río Apoala, Santiago Apoala (EM12) y se encontró parasitando a *Profundulus punctatus* Günther, 1866.

La prevalencia más alta (100%) la alcanzaron *P. macroacetabulata* en el río El Sabino, Santa María Ixcatlán (EM9), *S. acheilognathi* en el arroyo Los Sabinos, San Miguel Tequixtepec (EM21) y *R. kidderi kidderi*

Tabla 2

Parámetros parasitarios de los helmintos parásitos presentes en los peces dulceacuícolas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca. Código de localidades corresponden a la Tabla 1. N = número de huéspedes examinados, P = prevalencia, A = abundancia, I.P. = intensidad promedio y D.S. = desviación estándar. CNHE: número del ejemplar en la Colección Nacional de Helmintos.

Helmintos/CNHE	Huéspedes	Hábitat	Localidades (código)/N	P (%)	A ± D.S.	I.P. ± D.S.
Tremátodos adultos						
Allocreadiidae Looss, 1902						
<i>Pseudoparacreptotrema macroacetabulata</i> Pérez-Ponce de León, Pinacho-Pinacho, Mendoza-Garfias, Choudhury y García-Varela, 2016/10186, 10191	<i>Profundulus punctatus</i>	Intestino	EM8/5	60	13.4±16.72	22.33±16.72
		Intestino	EM9/6	100	10.5±6.89	10.5±6.89
		Intestino	EM10/10	90	5.7±3.12	6.33±2.54
		Intestino	EM11/10	60	1.2±1.39	2±1.26
		Intestino	EM12/5	40	0.4±0.54	1±0
		Intestino	EM13/10	20	0.2±.42	1±0
Gorgoderidae Looss, 1899						
<i>Phyllodistomum inecoli</i> Razo-Mendivil, Pérez-Ponce de León y Rubio-Godoy, 2013/10187	<i>Heterandria bimaculata</i>	Vejiga urinaria	EM14/11	73	2.36±2.57	3.25±2.49
	<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Vejiga urinaria	EM14/8	12.5	0.13±0.35	1±0
Haploporidae Nicoll, 1914						
<i>Saccocoelioides lamothei</i> Aguirre-Macedo y Violante-González, 2008/	<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Intestino	EM6/6	50	0.5±0.54	1±0
	<i>Poecilia sphenops</i>	Intestino	EM6/7	28.6	0.43±0.78	1.5±0.70
Metacercarias						
Clinostomidae Lühe, 1901						
<i>Clinostomum</i> sp./	<i>Rhamdia laticauda</i>	Aletas	EM14/3	33.3	0.33±0.57	1±0
Displostomidae Poirier, 1886						
<i>Posthodisplostomum</i> sp./	<i>Poecilia sphenops</i>	Hígado y ojos	EM18/5	40	2±2.73	5±0
	<i>Notropis moralesi</i>	Hígado	EM21/2	50	12±16.97	24±0
Heterophyidae Leiper, 1909						
<i>*Centrocestus formosanus</i> Nishigori, 1924/	<i>Vieja fenestrata</i>	Branquias	EM14/16	18.8	0.63±1.62	3.33±2.51
Monogeneos						
Dactylogyridae Bychowsky, 1933						
<i>*Dactylogyirus anchoratus</i> (Dujardin, 1845)/10193	<i>Cyprinus carpio</i>	Branquias	EM20/3	33.3	3±5.19	9±0
<i>Urocleidoides simonae</i> Mendoza-Franco, Caspeta-Mandujano, Salgado-Maldonado y Matamoros, 2015/10192	<i>Profundulus punctatus</i>	Branquias	EM10/10	30	7.3±14.26	24.33±9.19
		Branquias	EM11/10	10	11.6±36.68	116±0
		Branquias	EM12/5	20	12.8±28.62	64±0
		Branquias	EM13/10	30	5.3±10.87	17.67±14.29
		Branquias	EM19/8	50	13.63±16.15	27.25±10.65
Gyrodactylidae Van Beneden y Hesse, 1863						
<i>*Gyrodactylus cichlilarum</i> Paperna, 1968/	<i>Vieja fenestrata</i>	Aletas	EM14/16	6.25	0.88±3.21	14±7.07

Tabla 2

Continúa.

Helmintos/CNHE	Huéspedes	Hábitat	Localidades (código)/N	P (%)	A ± D.S.	I.P. ± D.S.	
<i>Gyrodactylus yacatli</i> García-Vásquez, Hanson, Christison, Bron y Shinn, 2011/ Céstodos Bothriocephalidae Blanchard, 1849	<i>Vieja fenestrata</i>	Aletas	EM14/16	18.8	0.56±1.75	3±3.46	
* <i>Schyzocotyle acheilognathi</i> (Yamaguti, 1934)/10185	<i>Notropis moralesi</i>	Intestino	EM1/3	33.3	0.33±0.57	1±0	
		Intestino	EM21/2	100	2.5±2.12	2.5±2.12	
	<i>Cyprinus carpio</i>	Intestino	EM20/3	33.3	1.67±2.88	5±0	
Nemátodos adultos Cystidicolidae Skryabin, 1946 <i>Spinitectus</i> sp./	<i>Profundulus punctatus</i>	Intestino	EM10/10	10	0.7±2.21	7±0	
		Intestino	EM12/5	60	11.8±11.1	19.67±3.21	
Rhabdochoniidae Travassos, Artigas y Pereira, 1928 <i>Rhabdochona canadensis</i> Moravec y Arai, 1971/	<i>Notropis moralesi</i>	Intestino	EM21/2	50	0.5±0.70	1±0	
<i>Rhabdochona kidderi kidderi</i> Pearse, 1936/10140-10144	<i>Vieja fenestrata</i>	Intestino	EM2/10	90	13.6±9.25	15.11±8.40	
		Intestino	EM3/4	100	15±9.41	15±9.41	
		Intestino	EM4/4	100	19±10.48	19±10.48	
		Intestino	EM6/1	100	23±0	23±0	
		Intestino	EM7/1	100	34±0	34±0	
		Intestino	EM14/16	93.8	6.63±4.77	7.07±4.58	
		Intestino	EM15/3	100	16.67±5.85	16.67±5.85	
		Intestino	EM18/8	87.5	11.88±13.39	13.57±13.51	
		<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Intestino	EM17/8	87.5	4.625±3.24	5.29±2.87
		<i>Rhabdochona salgadoi</i> Caspeta-Mandujano y Moravec 2000/10145	<i>Profundulus punctatus</i>	Intestino	EM8/5	60	0.8±0.83
Intestino	EM10/10			40	0.5±0.70	1.25±0.70	
Intestino	EM11/10			30	0.6±1.07	2±1	
Intestino	EM12/5			20	0.4±0.89	2±0	
Intestino	EM13/10			60	2±2.05	3.33±1.50	
Intestino	EM19/8	37.5	0.38±0.51	1±0			
Nemátodos larvas Anisakidae Railliet y Henry, 1912 <i>Contraecaecum</i> sp. /	<i>Vieja fenestrata</i>	Mesenterio	EM2/10	10	0.30±0.94	3±0	

\*Especie de helminto introducido en la reserva.

en 5 localidades. El porcentaje más bajo lo presentó *G. cichlidarum* en río Grande (San Juan Bautista), Cuicatlán. *Urocleidoides simonae* registró la intensidad promedio más alta, con un valor de  $116 \pm 0$  en el río Los Sabinos,

San Miguel Huautla (EM11), mientras que para *R. kidderi kidderi* se registró la abundancia más elevada ( $34 \pm 0$ ) en el río El Sabino, Santa María Ixcatlán (EM9) (tabla 2). Los huéspedes con mayor riqueza de helmintos

Tabla 3  
 Lista huésped-helminto.

Familia	Huéspedes	Helmintos	Estadio/ciclo de vida
Cichlidae	<i>Vieja fenestrata</i> (Günther, 1860)	<i>Centrocestus formosanus</i> **	Larva/alogénico
		<i>Gyrodactylus cichlidarum</i> **	Adulto/autogénico
		<i>Gyrodactylus yacatli</i>	Adulto/autogénico
		<i>Rhabdochona kidderi kidderi</i>	Adulto/autogénico
		<i>Contracaecum</i> sp.	Larva/alogénico
Cyprinidae	<i>Notropis moralesi</i> De Buen, 1955	<i>Posthodiplostomum</i> sp.	Larva/alogénico
		<i>Schyzocotyle acheilognathi</i> **	Adulto/autogénico
	<i>Cyprinus carpio</i> * Linnaeus, 1758	<i>Rhabdochona canadensis</i>	Adulto/autogénico
		<i>Schyzocotyle acheilognathi</i> **	Adulto/autogénico
Pimelodidae	<i>Rhamdia guatemalensis</i> (Günther, 1864)	<i>Dactylogyrus anchoratus</i> **	Adulto/autogénico
		<i>Rhabdochona kidderi kidderi</i>	Adulto/autogénico
Poeciliidae	<i>Rhamdia laticauda</i> (Kner, 1858)	<i>Clinostomum</i> sp.	Larva/alogénico
		<i>Poecilia sphenops</i> Valenciennes, 1846	<i>Saccocoelioides lamothei</i>
	<i>Poeciliopsis gracilis</i> (Heckel, 1848)	<i>Posthodiplostomum</i> sp.	Larva/alogénico
		<i>Phyllodistomum inecoli</i>	Adulto/autogénico
Profundulidae	<i>Heterandria bimaculata</i> (Heckel, 1848)	<i>Saccocoelioides lamothei</i>	Adulto/autogénico
		<i>Phyllodistomum inecoli</i>	Adulto/autogénico
		<i>Profundulus punctatus</i> (Günther, 1866)	<i>Pseudoparacreptotrema macroacetabulata</i>
Profundulidae	<i>Profundulus punctatus</i> (Günther, 1866)	<i>Urocleidoides simonae</i>	Adulto/autogénico
		<i>Rhabdochona salgadoi</i>	Adulto/autogénico
		<i>Spinitectus</i> sp.	Adulto/autogénico

\*Especie de huésped introducida

\*\*Especie de helminto introducida

fueron *V. fenestrata* y *P. punctatus* con 5 y 4 especies, respectivamente (tabla 3). Cuatro (25%) de las 16 especies de helmintos registradas son introducidas (*S. acheilognathi*, *C. formosanus*, *D. anchoratus* y *G. cichlidarum*) (Salgado-Maldonado y Rubio-Godoy, 2014) (tabla 3).

## Discusión

El presente inventario se suma a los pocos trabajos sobre helmintos parásitos de peces dulceacuícolas que se han realizado en alguna de las 41 reservas de la biosfera del país y es el primero para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca. Tres especies previamente registradas para el área de estudio por Salgado-Maldonado et al. (2005) no se encontraron en este trabajo (*Urocleidoides* sp., *R. mexicana* de *Astyanax aeneus* (Günther, 1860)

y *Gyrodactylus* sp. de *Poecilia mexicana* Steindachner, 1863). La mayoría de las especies adultas ya han sido previamente reportadas en México, principalmente en el sureste (Aguilar-Aguilar et al., 2010; Andrade-Gómez, 2015; García-Vásquez et al., 2011; Lagunas-Calvo et al., 2016; Mendoza-Franco et al., 2015; Pérez-Ponce de León et al., 2015, 2016; Pinacho-Pinacho et al., 2015; Razo-Mendivil et al., 2013); sin embargo, las características morfológicas del nemátodo *Spinitectus* sp. recolectado en el presente estudio, difieren de las de las 6 especies del género registradas en México (Caspeta-Mandujano, 2010), 2 de ellas descritas para peces del género *Profundulus* Hubbs, 1924 (*Spinitectus humbertoi* Caspeta-Mandujano y Moravec, 2000 y *S. mariaisabelae* Caspeta-Mandujano, Cabañas-Carranza y Salgado-Maldonado, 2007). *Posthodiplostomum* sp., *Clinostomum* sp., y *Contracaecum*

sp. no se lograron determinar a nivel de especie debido a que sólo se encontraron las formas larvales.

Las 4 especies introducidas encontradas en el presente trabajo, representan el 10% de las 40 especies de helmintos introducidas en México (Salgado-Maldonado y Rubio-Godoy, 2014). *Centrocestus formosanus* fue introducida a México junto con el caracol *Melanoides tuberculata* (Müller, 1774) probablemente del continente asiático (Scholz y Salgado-Maldonado, 2000). Esta especie fue registrada por primera vez en México en el estado de Hidalgo por López-Jiménez (1987) en la carpa negra *Mylopharyngodon piceus* Richardson, 1846. En el presente trabajo, este digeneo se encontró parasitando a *V. fenestrata*, que previamente fue registrada como huésped en Oaxaca por Lagunas-Calvo et al. (2016); estos registros se adicionan a los datos publicados por Salgado-Maldonado y Rubio-Godoy (2014), quienes mencionaron que este parásito afecta a 70 especies, 35 géneros y 12 familias de huéspedes en 12 estados de la República Mexicana.

Los monogéneos *D. anchoratus* y *G. cichlidarum*, infectaron a *C. carpio* y *V. fenestrata*, respectivamente. Si bien se desconoce la procedencia del primer taxón, el segundo fue introducido desde África en la década de 1990 (García-Vásquez et al., 2011), registrándose actualmente en algunas especies de peces en México.

El céstodo *S. acheilognathi* (= *Bothriocephalus acheilognathi*) se registró parasitando a las especies *C. carpio* y *N. moralesi*. En México, *S. acheilognathi* se ha reportado en 110 especies, 51 géneros y 11 familias de huéspedes, con registros en casi todos los estados, siendo la única excepción Baja California (Pérez-Ponce de León et al., 2017). Aguilar-Aguilar et al. (2010) reportaron a *N. moralesi* como un nuevo huésped de *S. acheilognathi* y como primer registro en Puebla, en un afluente de Santo Domingo Ayotlicha de la cuenca del Balsas, sitio cercano al área de estudio de esta investigación. Este parásito ha sido ampliamente registrado en Centroamérica, incluyendo países como Panamá, Guatemala y Honduras (Choudhury et al., 2013; Pinacho-Pinacho et al., 2015; Salgado-Maldonado et al., 2015). Sin embargo, esta especie no había sido registrada previamente en la cuenca del río Papaloapan (Pérez-Ponce de León et al., 2017).

Tres de las 4 especies introducidas encontradas en este estudio parasitan a especies de la misma familia que su huésped original, en particular, *S. acheilognathi* y *G. cichlidarum* que se encontraron parasitando a *N. moralesi* y *V. fenestrata*, la primera especie endémica del área de estudio y la segunda nativa de México, lo cual podría indicar que la ictiofauna nativa de esta área natural protegida corre el riesgo de convertirse en huésped de estas especies introducidas, lo que podría causar un impacto negativo en términos fisiológicos y ecológicos (Salgado-Maldonado

y Rubio-Godoy, 2014); para el caso de *S. acheilognathi* y *C. formosanus*, esto se debe principalmente a su baja especificidad hospedadora (Bean, 2008; Bean y Bonner, 2010; Hernández-Ocampo et al., 2012).

Los estudios sobre helmintos parásitos en las áreas naturales protegidas son importantes para el diagnóstico y caracterización de las mismas, ya que los parásitos forman parte de la biodiversidad de los ecosistemas, existiendo complejas interacciones inter e intraespecíficas.

## Agradecimientos

A los proyectos “Diagnóstico de las especies invasoras de peces en el área oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán”, clave LI007 de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y registro SIP-2015-RE/054 de la Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y “Relación Trófica Entre Especies Exóticas y Nativas de Peces en la Parte Oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán”, clave SIP 20164780 del IPN, cuyo responsable es E.M.R., por el financiamiento económico y el apoyo logístico. Agradecemos a Adriana García Vásquez, Carlos Mendoza Palmero, David Osorio Sarabia por su ayuda en la identificación de algunas especies de monogéneos y nematodos; a Luis García Prieto, por su apoyo en el préstamo y el depósito de ejemplares de la CNHE. De manera particular, también agradecemos a Eufemia Cruz Arenas, Calixto Rojas, Camilo Julián, Rubí Marcos, Leopoldo Andrade, Alejandra López y Eduardo Hernández por el apoyo brindado en las recolectas de campo y en el laboratorio. C.D.P.P. es investigador del sistema Cátedra Conacyt, Instituto de Ecología, A.C.

## Referencias

- Aguilar-Aguilar, R., José-Abrego, A. y Pérez-Ponce de León, G. (2010). Cestoda, Bothriocephalidae, *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934; Nematoda, Rhabdochonidae, *Rhabdochona canadensis* Moravec and Arai, 1971: new records for the state of Puebla, Mexico, and a new fish host. *Chek List*, 6, 437–438.
- Andrade-Gómez, L. (2015). *Diferenciación morfológica y molecular de cuatro especies de tremátodos de la familia Haploporidae Nicoll, 1914 (Digenea) parásitos de peces dulceacuicolas de México y partes de América Central (Tesis)*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Bean, G. M. (2008). *Occurrence and impact of the asian fish tapeworm Bothriocephalus acheilognathi in the Río Grande (Río Bravo del norte) (Tesis)*. Texas State University. San Marcos, Texas, USA.

- Bean, G. M. y Bonner, H. T. (2010). Spatial and temporal distribution of the Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* (Cestoda: Bothriocephalidea) in the Río Grande (Río Bravo del Norte). *Journal of Aquatic Animal Health*, 22, 182–189.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al., revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575–583.
- Canseco-Márquez, L. y Gutiérrez-Mayen, M. G. (2010). *Anfibios y reptiles del valle de Tehuacán- Cuicatlán*. Mexico D.F.: Conabio.
- Caspeta-Mandujano, J. M. (2010). *Nematodos parásitos de peces de agua dulce de México*. México D.F.: AGT.
- Choudhury, A., Zheng, S., Pérez-Ponce de León, G., Martínez-Aquino, A., Brosseau, C. y Gale, E. (2013). The invasive Asian fish tapeworm, *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934, in the Chagres River/Panama Canal drainage, Panama. *BioInvasions Records*, 2, 99–104.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2016). *Áreas Naturales Protegidas de México*. Recuperado el 20 de junio, 2016 de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot/enmexico.html>
- Dávila, P., Arizmendi, M. D. C., Valiente-Banuet, A., Villaseñor, J. L., Casas, A. y Lira, R. (2002). Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 11, 421–442.
- Diario Oficial de la Federación. (1998). *Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de Reserva de la Biosfera, la región denominada Tehuacán-Cuicatlán, ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla*. México D.F.
- Ergens, R. (1969). The suitability of Ammonium Picrate-Glycerin in preparing slides of lower Monogenea. *Folia Parasitologica*, 16, 320.
- García-Vásquez, A., Hansen, H., Christison, K. W., Bron, J. E. y Shinn, A. P. (2011). Description of three new species of *Gyrodactylus* Von Nordmann, 1832 (Monogenea) parasitizing *Oreochromis niloticus niloticus* (L.) and *O. mossambicus* (Peters) (Cichlidae). *Acta Parasitologica*, 56, 20–33.
- Hernández-Ocampo, D., Pineda-López, R. F., Ponce-Palafox, J. T. y Arredondo-Figueroa, J. L. (2012). Parasitic helminth infection in tropical freshwater fishes of commercial fish farms, in Morelos State, Mexico. *International Journal of Animal and Veterinary Advances*, 4, 338–343.
- Lagunas-Calvo, O., Aguilar-Aguilar, R., Islas-Ortega, A. G. y Martínez-Aquino, A. (2016). Parásitos de peces dulceacuicolas de la porción oaxaqueña de la provincia biogeográfica Sierra Madre del Sur. En I. Luna-Vega, D. Espinosa y R. Contreras-Medina (Eds.), *Biodiversidad de la Sierra Madre del Sur* (pp. 313–323). Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- López-Jiménez, S. (1987). Enfermedades más frecuentes las carpas cultivadas en México. *Revista Mexicana de Acuicultura*, 2, 11–13.
- Martínez-Ramírez, E. (1999). *Taxonomía y zoogeografía de la ictiofauna dulceacuicola del estado de Oaxaca, México (Tesis doctoral)*. Universidad de Barcelona, España.
- Martínez-Ramírez, E., Cruz-Arenas, E., Cruz-Ruiz, G. I. y Gómez-Ugalde, R. M. (2013). Los peces de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, región Oaxaca. En M. Briones-Salas, G. Manzanero y G. G. Pérez (Eds.), *Estudios en zonas áridas de Oaxaca* (pp. 130–144). Oaxaca: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca del Instituto Politécnico Nacional.
- Martínez-Ramírez, E., Gómez-Ugalde, R. M., Cruz-Arenas, E., Cruz-Ruiz, G. I. y Godínez, J. A. E. (2010). Viviparous fishes from oaxacan area of the Biosphere Reserve Tehuacán-Cuicatlan. En M. C. Uribe y H. J. Grier (Eds.), *Viviparous fishes II* (pp. 437–441). Homestead, Florida: New Life Publications.
- Mendoza-Franco, E. F., Caspeta-Mandujano, J. M., Salgado-Maldonado G. y Matamoros, W. A. (2015). Two new species of *Urocleidoides* Mizelle y Price, 1964 (Monogenea) from the gill lamellae of Profundulids and Poeciliids from Central America and southern Mexico. *Folia Parasitologica*, 62, 059.
- Miller, R. R., Minckley, W. L. y Norris, S. M. (2005). *Freshwater fishes of Mexico*. Chicago: University of Chicago.
- Pérez-Ponce de León, G., Lagunas-Calvo, O., García-Prieto, L., Briosio-Aguilar, R. y Aguilar-Aguilar, R. (2017). Update on the distribution of the co-invasive *Schyzocotyle acheilognathi* (= *Bothriocephalus acheilognathi*), the Asian fish tapeworm, in freshwater fishes of Mexico. *Journal of Helminthology*, 91, 174–196.
- Pérez-Ponce de León, G., Pinacho-Pinacho, C. D., Mendoza-Garfias, B., Choudhury, A. y García-Varela, M. (2016). Phylogenetic analysis using the 28s rna gene reveals that the genus *Paracreptotrema* (Digenea: Allocreadiidae) is not monophyletic; description of two new genera and one new species. *Journal of Parasitology*, 102, 131–142.
- Pérez-Ponce de León, G., Pinacho-Pinacho, C. D., Mendoza-Garfias, B. y García-Varela, M. (2015). *Phyllodistomum spinopapillatum* sp. nov. (Digenea: Gorgoderidae), from the Oaxaca killifish *Profundulus balsanus* (Osteichthyes: Profundulidae) in Mexico, with new host and locality records of *P. inecoli*: morphology, ultrastructure and molecular evidence. *Acta Parasitologica*, 60, 298–307.
- Pinacho-Pinacho, C. D., García-Varela, M., Hernández-Orts, J., Mendoza-Palmero, C. A., Sereno-Urbe, A. L., Martínez-Ramírez, E. et al. (2015). Checklist of the helminth parasites of the genus *Profundulus* Hubbs, 1924 (Cyprinodontiformes, Profundulidae), an endemic family of freshwater fishes in Middle-America. *Zookeys*, 523, 1–30.
- Poulin, R., Besson, A. A., Morin, M. B. y Randhawa, H. S. (2016). Missing links: testing the completeness of host-parasite checklists. *Parasitology*, 143, 114–122.
- Razo-Mendivil, U., Pérez-Ponce de León, G. y Rubio-Godoy, M. (2013). Integrative taxonomy identifies a new species of *Phyllodistomum* (Digenea: Gorgoderidae) from the two spot livebearer, *Heterandria bimaculata* (Teleostei: Poeciliidae), in Central Veracruz, Mexico. *Parasitology Research*, 112, 4137–4150.
- Salgado-Maldonado, G. (1979). *Procedimientos y técnicas*

- generales empleados en los estudios helmintológicos*. Mexico D.F.: Dirección General de Acuicultura, SAGARPA.
- Salgado-Maldonado, G., Aguilar-Aguilar, R., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E. y Mendoza-Palmero, C. (2005). Helminth parasites in freshwater fish from the Papaloapan river basin, Mexico. *Parasitology Research*, 96, 69–89.
- Salgado-Maldonado, G., Matamoros, W. A., Kreiser, B. R., Caspeta-Mandujano, J. M. y Mendoza-Franco, E. F. (2015). First record of the invasive Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* in Honduras, Central America. *Parasite*, 22, 1–6.
- Salgado-Maldonado, G. y Rubio-Godoy, M. (2014). Helmintos parásitos de peces de agua dulce introducidos. En R. Mendoza y P. Koleff (Eds.), *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 269–285). Mexico D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Scholz, T. y Salgado-Maldonado, G. (2000). The introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: a review. *The American Midland Naturalist*, 143, 185–200.
- Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010, Segunda Sección, México.
- Semarnat (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2013). Plan de manejo de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Conanp. México D.F.