
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADO(A) EN BIOLOGÍA

Helmintofauna de peces de agua dulce del Río Ostuta, Oaxaca

QUE PRESENTA EL ALUMNO (A)

Jimena Mendoza Rangel

Matrícula
2152030970

ASESORES:

M. en C. Miguel Ángel Mosqueda Cabrera
Depto. El Hombre y su Ambiente
No. Ec. 22011

Para mis padres, que me han apoyado y amado en todo momento y me motivan siempre para lograr mis metas.

A mis hermanos, que han sido mis guías cuando necesito un consejo, no importa que suceda ellos están conmigo siempre.

Para Josue, por haber estado en este proceso, creer en mí, motivarme a ser lo mejor para mí y recordarme que todo es posible.

Agradecimientos

A Mosqueda por haber realizado conmigo este proyecto, por todas sus enseñanzas académicas y personales, por ser un gran profesor, amigo y persona.

A Manuel por el tiempo que me brindó en enseñarme acerca de este tema y por proporcionarnos su tiempo y casa para realizar el trabajo en campo.

A la UAM, que me permitió generar conocimientos y llevar a cabo muchos proyectos de investigación tanto en campo como en laboratorio.

Resumen

El estudio de la helmintofauna de peces de agua dulce en México es muy extensa; sin embargo, en el Río Ostuta es escasa la investigación acerca de estos organismos. En la presente investigación se describió la helmintofauna de peces de agua dulce en el Río Ostuta, identificando su estado de desarrollo y ciclo de vida de cada especie de helminto. Se registró un total de 107 organismos pertenecientes a 10 especies de helmintos en 21 peces de 5 especies diferentes (*Astyanax fasciatus*, Cichlidae, *Rhamdia guatemalensis*, *Dormitator latifrons* y *Poeciliopsis gracilus*), todas de agua dulce. La diversidad de helmintos en la zona de estudios fue baja $H' = 1.179$. La especie de helminto que registró las mayores prevalencia fue la larva *Contracaecum* sp. que presentó los valores más altos de infección en el bagre *Rhamdia guatemalensis*. Debido a las dificultades ambientales durante el muestreo se obtuvo una muestra poco representativa de peces, no obstante, se obtuvo una muestra representativa de especies de helmintos a comparación con otros trabajos realizados con mayor tiempo de muestreo y mayor cantidad de hospederos examinados. El bagre *R. guatemalensis* juega un papel importante en la transmisión de helmintos en este ecosistema, la mayor cantidad de especies de helmintos la utiliza como hospedero intermediario para completar su ciclo de vida. El hallazgo de dos larvas de tercer estadio avanzado del género *Gnathostoma* en el bagre da cuenta de una nueva zona endémica de la gnathostomiasis animal y abre la posibilidad de un agente etiológico más de la gnathostomiasis humana en México.

Índice

Introducción	4
Revisión de la literatura	4
Marco de Referencia	6
Objetivos	6
Material y métodos	6
<i>Colecta de hospederos</i>	6
<i>Examen de hospederos</i>	7
<i>Tratamiento de helmintos</i>	7
<i>Los descriptores cuantitativos</i>	7
Resultados	8
<i>Descriptores cuantitativos de la infección</i>	8
<i>Información sobre el hospedero</i>	9
<i>Índice de diversidad de helmintos</i>	9
<i>Identificación de especies de helmintos</i>	10
Discusión	16
Conclusiones	18
Referencias	19

Introducción

Los parásitos como objeto de estudio son considerados relevantes debido a su gran valor ecológico y al aporte de información sobre los hábitos alimenticios, biogeografía, comportamiento y rutas de migración de ellos, sus hospederos y otras especies (Bautista et al., 2013). Dado que los parásitos tienen ciclos de vida muy complejos requieren de una alta interacción en múltiples hospederos para llevar a cabo sus distintas etapas de desarrollo, esto les confiere características clave para indicar los componentes de la estructura y función de la comunidad en un ecosistema (Brooks, 2007), ya que la presencia o ausencia de estos organismos hace posible inferir la diversidad en un hábitat en particular. Así fueron demostradas correlaciones positivas entre la diversidad de aves y la diversidad de tremátodos que infectan poblaciones de caracoles (Hechinger y Lafferty, 2005). De igual manera, Brooks et al. (2000) y Pérez Ponce de León (2001) señalaron que el estudio de los parásitos constituye una valiosa fuente de información que debe ser considerada con respecto a la conservación y el manejo de la diversidad biológica.

El estudio de los helmintos se ha desarrollado por mucho tiempo en numerosas especies, sin embargo, los helmintos constituyen el principal grupo causantes de importantes parasitosis en peces, tanto marinos como dulceacuícolas y estuarios; aunado a esto se conoce que tienen repercusiones en tres ejes principales: en lo económico, médico y biológico (Pérez et al., 1996).

Actualmente se conocen millares de especies pertenecientes a los *filum* de los Platelminos (Monogenea, Digenea, Cestoda) Acanthocephala, Nematoda y Annelida (Bautista, 2013). La mayoría de la clase Monogenea se desarrollan como ectoparásitos sobre los filamentos branquiales y piel de los peces, en cuanto a la clase Digenea está representada por un gran número de especies que parasitan principalmente el tracto digestivo (formas adultas), ojos, musculatura y tejido subcutáneo (formas larvarias o metacercarias). Los acantocéfalos se localizan en el intestino, donde permanecen anclados a la mucosa mediante una probóscide con numerosos ganchos produciendo cambios en la misma. El *filum* Nematoda constituye un grupo importante de helmintos de peces, y uno de los menos conocidos en cuanto a su posible papel patógeno en estos hospederos; los peces pueden verse afectados por formas adultas y por diferentes estadios larvarios (Sanmartin et al., 1994).

En México el estudio de parásitos en peces es amplio, contando con listados de especies (Aguilar et al., 2004 y Barrios et al., 2017), diversidad (Salgado et al., 2004 y Báez et al., 2001) y biogeografía en donde se incluye hasta especies de peces en cenotes de la Península de Yucatán (Pérez et al., 1996; Mendoza et al., 1995; González et al., 1995) entre otros. Sin embargo, a pesar de la importancia en el estudio de la diversidad en parásitos y el amplio marco referencial en México, en el Río Ostuta no se han realizado estudios sobre esta línea de investigación. Por lo tanto, la presente investigación describe a la helmintofauna de peces del Río Ostuta, Oaxaca.

Revisión de la literatura

Con el objetivo de conocer la helmintofauna de los peces dulceacuícolas Barrios et al. (2017) realizaron una investigación en la Reserva de la Biosfera en Tehuacán Cuicatlán, Oaxaca. Revisaron 235 peces pertenecientes a 13 especies en 21 sitios; obtuvieron un total de 1466 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*, *Rhabdochona kidderi kidderi* mostraron las prevalencias más altas (100%); esta última especie presentó

la mayor abundancia (34 ± 0), mientras que *Urocleidoides simonae* registró la intensidad promedio mayor (116 ± 0).

Los autores Salgado et al. (2004), describieron que hasta hace algunos años las comunidades de helmintos de peces de Tabasco constituyen los arreglos multiespecíficos más ricos en los peces de agua dulce en México. Registraron un total de 50 especies de peces, dentro del inventario de helmintos incluye un total de 109 especies, 82 géneros y 43 familias. Los tremátodos fueron el grupo más numeroso de parásitos, los monogéneos conformaron el 25% del registro, en cuanto a los nemátodos adultos (9 especies) y larvas (10 especies) constituyen el 8 y 9% respectivamente. Los datos arrojados demuestran que la helmintofauna en Tabasco en su mayoría está asociada a cíclidos.

Algunos investigadores también han estudiado aspectos biogeográficos de los parásitos de peces dulceacuícolas, tal es el caso de Garrido (2006) que describió los patrones biogeográficos de dichos organismos, asimismo incluyó un listado de nemátodos adultos; con un total de 70 taxones, en cada uno de ellos presentó su información geográfica y los huéspedes en los cuales los nemátodos fueron encontrados. Adicionalmente, el autor registró larvas de nemátodos parasitando peces de diferentes localidades dulceacuícolas de los estados de Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz. Es importante el análisis de este estudio, ya que el patrón de distribución de los nemátodos indicó que es asimétrico entre las familias de huéspedes, al parecer, cada familia posee su propia nematofauna; por lo tanto, la especificidad hospedatoria parece ser un factor importante para la distribución de los parásitos.

Los parásitos han sido objeto de estudio para diferentes hábitats, uno de ellos son en los cenotes en la Península de Yucatán, los autores González et al. (1995), colectaron peces para el análisis de nemátodos adultos durante un año, dando como resultado un total de 533 peces provenientes de 39 cenotes de los estados de Yucatán y Quintana Roo. Reportaron nueve especies de nemátodos: *Rhabdochona kidderi*, *Procamallanus rebecae*, *P. neocaballeri*, *Philometroides caudata*, *Hysterothylacium cenotae*, *Pseudocapillaria yucatanensis*, *Paracapillaria rhamdiae*, *P. teixerafreitasi* y *Capillostrongyloides* sp. La fauna de nematodos de peces en los cenotes de Yucatán muestra relación con los nematodos de América del Sur.

Aguilar et al. (2001) llevaron a cabo una investigación en la cuenca del Río Lerma Santiago, México sobre la descripción de los helmintos de peces de agua dulce. Reportaron 43 especies de helmintos en 33 especies de peces pertenecientes a las familias: Cyprinidae, Goodeidae, Poeciliidae, Atherinidae, Cichlidae, Centrarchidae y Gobiidae. En su estudio demostraron que las comunidades de helmintos por lo general, requieren de la ruta migratoria de las aves ictiófagas del Neártico debido a que la posición de estas especies de peces en la cadena trófica les permite consumir hospederos intermediarios de helmintos o servir como hospederos de transporte, para helminos que maduran en aves.

Recientemente se ha descrito la helmintofauna del pez anual *Millerichthys robustus*, la cual está constituida por fases larvianas de las especies alogénicas *Valipora minuta*, *V. campylancristrota*, *Clinostomum marginatum*, *Contracaecum* sp., *Serpinema trispinosum*, *Eustrongylydes* sp., *Gnathostoma lamothei* y *Polumorphus* sp. Debido a que este pez habita en cuerpos de agua temporales, es posible conocer con exactitud el periodo de desarrollo larvario de las especies de helmintos en sus hospederos intermediarios. Los datos arrojados de los estudios sobre patrones de colonización de las especies de helmintos a lo largo del hidroperíodo, podrían dar a conocer la sincronización de los ciclos

de vida de las especies parásitas con el ambiente y con sus hospederos intermediarios y definitivos (Mosqueda et al., 2019).

Marco de Referencia

La presente investigación se llevo acabo en el Río Ostuta del 14 al 19 de Octubre del año en curso. El Río Ostuta se encuentra localizado en el estado de Oaxaca (Fig.1), nace en la Sierra Madre del Sur a un altitud de 2,300 msnm, tiene un desarrollo de 65 km hasta su desembocadura en la Laguna Oriental. Su principal afluente es el Río Zanatepec que se le une al norte del poblado Huanacastal (CONAGUA, 2015).

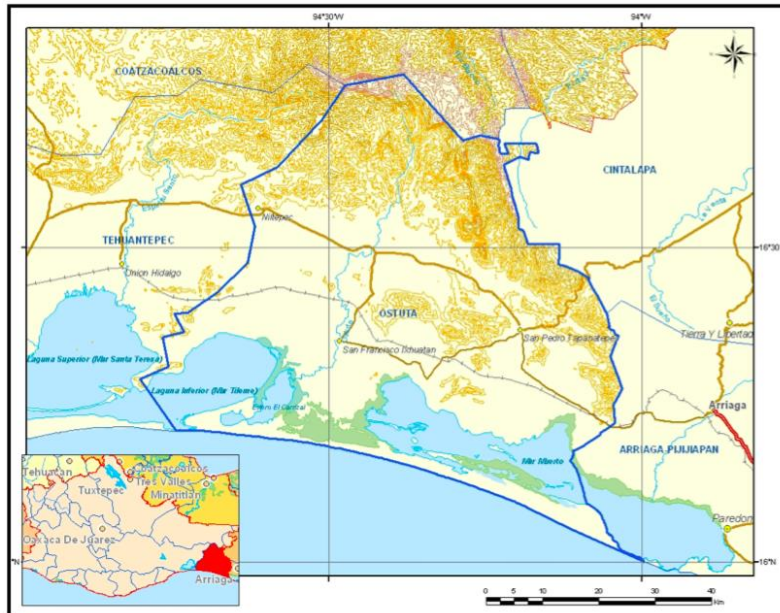


Figura 1. Localización geográfica del Río Ostuta, Oaxaca (CONAGUA, 2015).

Objetivos

General

- Describir la helmintofauna de peces del Río Ostuta, Oaxaca.

Particulares

- Conocer la diversidad de peces en el Río Ostuta.
- Identificar a las especies de helmintos y su estado de desarrollo en el hospedero.
- Conocer el ciclo de vida de los helmintos.
- Obtener los descriptores cuantitativos de la helmintofauna en sus hospederos.

Material y métodos

Colecta de hospederos

Para obtener una muestra representativa de la helmintofauna se realizó un muestreo de peces en diferentes puntos a lo largo del Río Ostuta, mediante el uso de "chinchorro" y redes de "cuchara" con luz de malla de 1/8". Los peces tanto pequeños como grandes fueron mantenidos temporalmente en cubetas de plástico con aeración hasta su procesamiento. La identificación de las especies de peces se realizó con base en información bibliográfica.

Examen de hospederos

Cada uno de los peces fue sacrificado inmediatamente después de su colecta por decapitación. Después de este procedimiento, a los peces se les tomaron datos merísticos (Anexo 1). Posteriormente, se realizó el examen helmintológico general utilizando un microscopio estereoscópico, con una tijera de punta recta se abrió la cavidad abdominal del hospedero, desde el ano hasta la intersección branquial (Salgado, 2009). Se revisaron minuciosamente los órganos y tejidos internos tales como: la musculatura, grasa, mesenterios, gónadas, hígado, bazo y riñones, en tanto que el aparato digestivo completo se retiró del pez y se colocó en una caja de Petri con solución salina al 0.7% para inspeccionarlo por desgarramiento bajo el microscopio estereoscópico (Salgado et al., 2004). Cuando fue el caso, las larvas fueron desenquistadas con la ayuda de agujas con punta delgada.

Tratamiento de helmintos

Los helmintos fueron mantenidos temporalmente en solución salina al 0.65% y se fijaron en alcohol etílico al 70% caliente. Para el estudio morfológico y determinación taxonómica, los nematodos se transparentaron con lactofenol de Amman (Mosqueda et al., 2019), en el caso de los tremátodos y céstodos se tiñeron con paracarmín de Mayer y fueron montados en resina sintética. La identificación de las especies de helmintos se realizó mediante bibliografía especializada para cada grupo taxonómico con base a la combinación de características morfológicas. Inmediatamente después de la descripción de cada especie se presenta un resumen taxonómico, los valores en el paréntesis aluden a la prevalencia, intensidad promedio y abundancia promedio, respectivamente. Los helmintos fueron depositados en la colección de helmintos del asesor de la presente investigación, a cada registro se les asignó un ID en la base de datos.

Los descriptores cuantitativos

Los parámetros ecológicos de la hemiltofauna se midieron de acuerdo con Bush et al. (1997), obteniendo datos como: prevalencia, intensidad promedio y abundancia promedio, sean a nivel población o comunidad.

Donde:

- Prevalencia

$$= \frac{\text{Número de hospederos infectados con individuos de una especie de parásito}}{\text{Número de hospederos examinados con la especie de parásito}}$$

- Intensidad promedio

$$= \frac{\text{Número total de una especie de parásito}}{\text{Número de hospederos infectados con esa especie de parásito}}$$

- Abundancia promedio

$$= \frac{\text{Número total de individuos de una especie de parásito en una especie de hospedero}}{\text{Número total de hospederos examinados}}$$

Resultados

Descriptores cuantitativos de la infección

Se registró un total de 107 helmintos pertenecientes a 10 especies de cuatro Phylum (Nematoda, Cestoda, Acanthocephala y Trematoda) en 21 peces de 5 diferentes especies (9 *Astyanax fasciatus*, 3 Cichlidae, 5 *Rhamdia guatemalensis*, 3 *Dormitator latifrons* y 1 *Poeciliopsis gracilus*), todas de agua dulce. La mayoría de las especies estaban en su forma larvaria a excepción de *Procamallanus rebecae*, *Cucullanus* sp., *Neoechinorhynchus* sp. y una especie de trematodo no identificado, todas en su fase adulta. Los sitios de infección con mayor frecuencia de parásitos fueron en intestino y estómago. La mayor cantidad de las especies de helmintos (60%) utiliza a *R. guatemalensis* como hospedero intermediario, seguida de *D. latifrons* (30%) y el resto a Cichlidae y *P. gracilus*. Únicamente *Contracaecum* sp. se presentó en las tres especies de peces, siendo esta especie la de mayores prevalencias. Asimismo, los valores más grandes que cuantifican la infección de esta especie fueron registrados en *R. guatemalensis* (Tabla 1).

Tabla 1. Composición de la helmintofauna en tres especies de peces del Río Ostuta, Oaxaca. L= larva, A= adulto, I= intestino, C= celoma, H= hígado, E= estómago, e = examinados, i = infectados, p = parásitos. P = prevalencia, In = Intensidad, Ab = abundancia.

Especie de helminto Estadio (Sitio de infección)	Hospedero	Hospederos e/i/p	P %	In promedio	Ab promedio
<i>Contracaecum</i> sp. L (H,I,C)	Cichlidae	3/3/3	100	1.00	1.00
	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	5/3/70	60.00	23.33	14.00
	<i>Dormitator latifrons</i>	3/1/1	33.33	1.00	0.33
<i>Procamallanus rebecae</i> A (I)	Cichlidae	3/1/5	33.33	5.00	1.66
<i>Gnathostoma</i> sp. L (C)	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	5/1/2	20.00	2.00	0.40
<i>Abbreviata</i> sp. L (E)	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	5/1/8	20.00	8.00	1.60
<i>Cucullanus</i> sp. A (I)	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	5/1/1	20.00	1.00	0.20
<i>Physocephalus</i> sp. L (E)	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	5/1/2	20.00	1.00	0.40
<i>Spiroxys</i> sp. L (E)	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	5/1/1	20.00	1.00	0.20
<i>Valipora</i> sp. M (I)	<i>Dormitator latifrons</i>	3/1/10	33.33	10.00	3.33
<i>Neoechinorhynchus</i> sp. A (E)	<i>Dormitator latifrons</i>	3/1/2	33.33	2.00	0.66
Trematodo A (I)	<i>Poeciliopsis gracilus</i>	1/1/2	100	2.00	2.00

Información sobre el hospedero

De las especies de hospederos examinadas, solamente dos de ellas se registraron datos merísticos. La longitud total de todos los individuos de *D. latifrons* oscila entre los 71 a 259 mm, con un peso de 7.1-229 gramos y la mayoría fueron machos. En el caso de los individuos de la especie *R. guatemalensis*, presentaron una longitud total y peso mayor (177-258 mm y 50.2-111.4 g, respectivamente), así como la obtención de hembras y machos (Tabla 2).

Tabla 2. Datos merísticos de las especies de peces.

Carácter	Especie de hospedero			
	Cichlidea n = 3	<i>D. latifrons</i> n = 3	<i>R. guatemalensis</i> n = 5	<i>P. gracilis</i> n = 1
Longitud total mm	Sin datos	71-259	177-258	Sin datos
Peso g	Sin datos	7.1-229	50.2-111.4	Sin datos
Sexo	Sin datos	M	H, M	Sin datos

Índice de diversidad de helmintos

La diversidad de helmintos de peces del Río Ostuta se estimó mediante el índice de Shannon, tomando en cuenta la abundancia y riqueza de especies. Se obtuvo como resultado un valor de $H' = 1.179$, es decir, una diversidad baja debido a que este índice fluctúa entre 1 a 5 (Tabla 3).

Tabla 3. Índice de diversidad de helmintos (Shannon) de peces del Río Ostuta, Oaxaca.

Especie de helminto	S	Pi	Ln Pi	Pi*Lnpi
<i>Contracaecum</i> sp.	74	0.691	-0.369	-0.254
<i>Procamallanus rebecae</i>	5	0.046	-3.079	-0.141
<i>Gnathostoma</i> sp.	2	0.018	-4.017	-0.072
<i>Abbreviata</i> sp.	8	0.074	-2.603	-0.192
<i>Cucullanus</i> sp.	1	0.009	-4.710	-0.042
<i>Physocephalus</i> sp.	2	0.018	-4.017	-0.072
<i>Spiroxys</i> sp.	1	0.009	-4.710	-0.042
<i>Valipora</i> sp.	10	0.093	-2.375	-0.220
<i>Neoechinorhynchus</i> sp.	2	0.018	-4.017	-0.072
Trematodo	2	0.018	-4.017	-0.072
Total	107	0.994	-33.914	1.179

Identificación de especies de helmintos

Contracaecum sp. (Figura 2)

Las larvas de tercer estadio presentan una cutícula muy estriada transversalmente por todo el cuerpo, la terminación anterior es redondeada conformada por tres labios, uno dorsal y dos sub-ventrales así como un diente cuticular ventral pequeño. Poro excretor cerca del diente cefálico. El ventrículo es pequeño y redondo, esófago dividido en un ciego ventricular y uno intestinal. Cauda cónica y con la presencia de un mucrón.

Hospederos: Cichlidae (100%, 1.00, 1.00), *Rhamdia guatemalensis* (60.00%, 23.33, 14.00) y *Dormitator latifrons* (33.33%, 1.00, 0.33).

ID: 481, 488, 490 y 491.

Sitio de infección: Celoma, Hígado e Intestino.

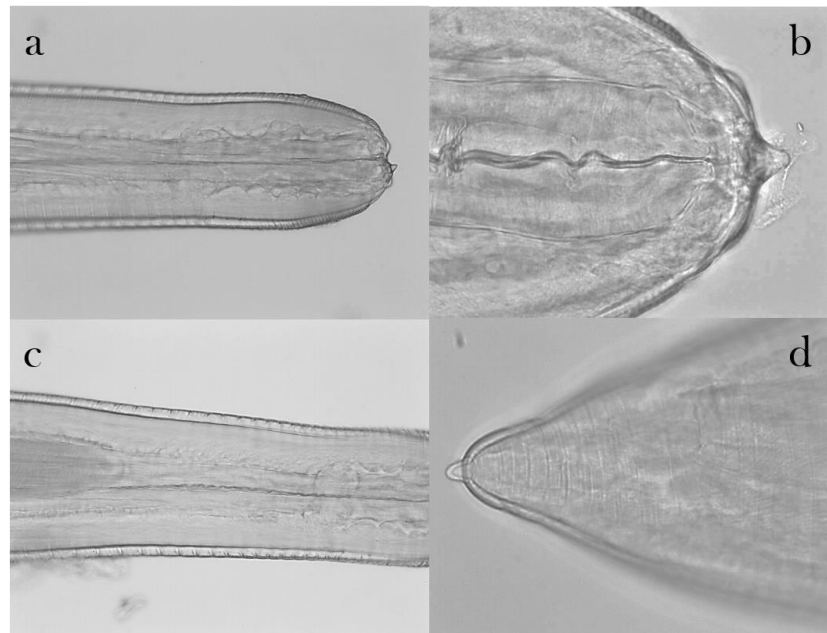


Figura 2. Larva de tercer estadio avanzado de *Contracaecum* sp. **a** extremo anterior, **b** diente larvario, **c** margen del ciego intestinal y anillo nervioso, **d** extremo posterior mostrando el mucrón característico.

Procamallanus rebecca (Figura 3)

Los adultos presentan una cutícula casi lisa, poseen una gran cápsula bucal esclerotizada de color naranja-café más larga que ancha y un anillo basal simple y completamente desarrollado; seguido por una formación anular corta y estrecha que conecta la cápsula y el esófago. Superficie interna de la cápsula provista de 14-18 surcos espirales delgados. Esófago muscular generalmente más corto que el esófago glandular. La terminación posterior es cónica, elongada y su cola está provista de pequeños tres picos.

Hospederos: Cichlidae (33.33%, 5.00, 1.66).

ID: 492.

Sitio de infección: Intestino.

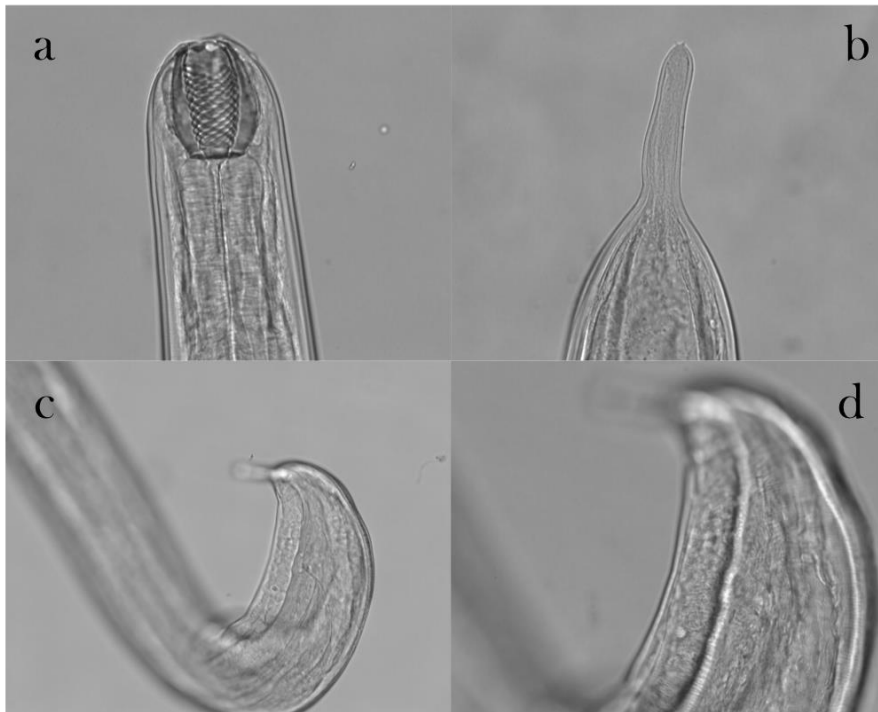


Figura 3. Adultos de *Procammallanus rebecae*. **a** extremo anterior, **b** extremo posterior de la hembra, **c** extremo posterior del macho, **d** ala caudal característica del macho.

Gnathostoma sp. (Figura 4)

La siguiente descripción está basada en una larva. Es una larva de tercer estadio avanzado que se encontraba enquistada en una envoltura muscular en el mesenterio. Es de pequeño tamaño $1234.8\mu\text{m}$ y $115.28\mu\text{m}$ de largo y ancho máximo, respectivamente. En todo el cuerpo presenta diminutas espinas de una sola punta dispuestas en 165 hileras transversales. Posee un bulbo cefálico $41.70\mu\text{m}$ por $93.21\mu\text{m}$, de largo y ancho, respectivamente. Sobre su superficie presenta cuatro hileras transversales de ganchos de tamaño aparentemente igual; la cantidad de ganchos en la primer hilera es de 32, en la segunda de 33, en la tercer hilera se encuentran 36 y la cuarta 42 ganchos. La longitud y anchura máxima del esófago es de 497.92 y $51.51\mu\text{m}$, respectivamente y cubre 40.92% de la LT. Presenta cuatro sacos cervicales con las siguientes medidas: 1 ($196.22\mu\text{m}$), 2 ($225.66\mu\text{m}$), 3 ($223.20\mu\text{m}$) y 4 ($245.28\mu\text{m}$), con una longitud promedio de $222.59\mu\text{m}$. El porcentaje de los sacos cervicales respecto al esófago es de 44.7 . Presenta dos papilas cervicales, amabas derecha e izquierda se ubican en la hilera 10 y un poro excretor en la hilera 15 del cuerpo. Además presenta dos papilas caudales PC (derecha e izquierda) que se localizan en las hileras 96 y 95 respectivamente, la PC derecha es anterior a la vulva mientras que la PC izquierda es posterior a la vulva. La posición de la vulva es $837.9\mu\text{m}$ y el porcentaje de ella con respecto a la LT es 67.86 . La cola es de forma cónica y mide $49.06\mu\text{m}$ de largo.

Hospederos: *Rhambdia guatemalensis* (20.00%, 2.00, 0.40).

ID: 493

Sitio de infección: Celoma.

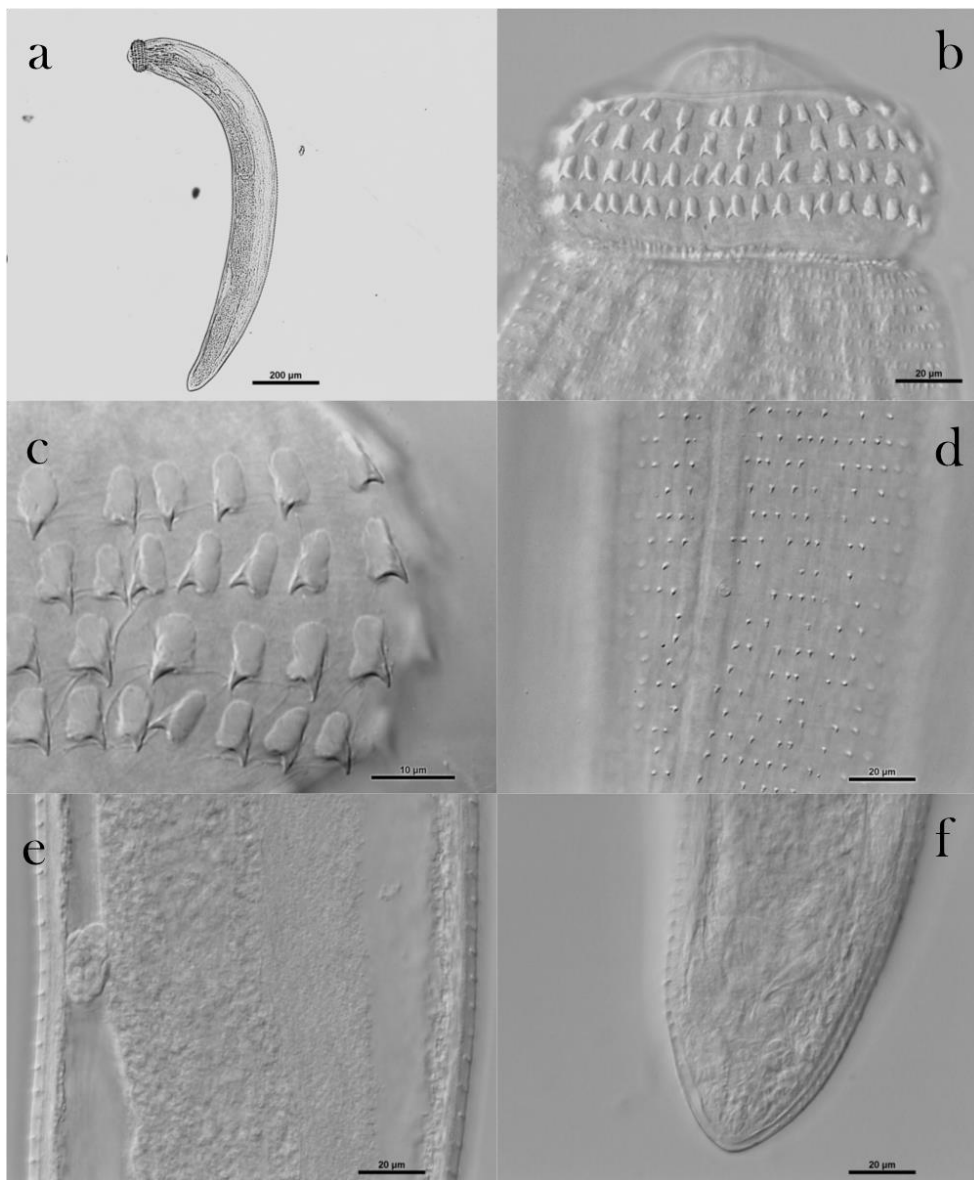


Figura 4. Larva de tercer estadio avanzado de *Gnathostoma* sp. **a** vista general, **b** extremo anterior mostrando el bulbo cefálico, **c** vista frontal del bulbo cefálico y arreglo de las hileras de ganchos, **d** espinas del cuerpo a nivel de la papila cervical, **e** nivel de la vulva, **f** terminación posterior.

Abbreviata sp. (Figura 5)

Las larvas de tercer estadio presentan una cutícula densamente estriada, la cabeza está provista por dos labios laterales y un collar cefálico formado por una cutícula gruesa; asimismo, se encuentran ocho labios y un diente terminal. El extremo posterior es cónico.

Hospederos: *Rhamdia guatemalensis* (20.00%, 8.00, 1.6).

ID: 482, 483, 489.

Sitio de infección: Estómago

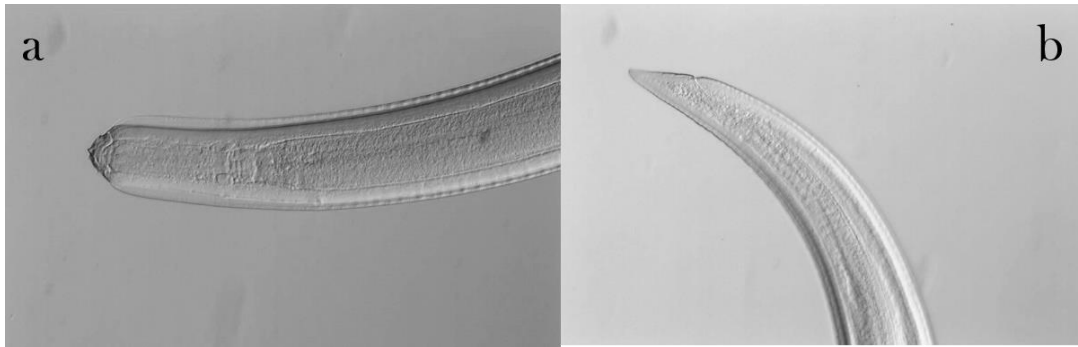


Figura 5. Larva de tercer estadio avanzado de *Abbreviata* sp. **a** extremo anterior, **b** extremo posterior.

Cucullanus sp. (Figura 6).

Nematodo de tamaño mediano. El adulto presenta una terminación anterior redondeada. La abertura oral es dorsoventralmente elongada, rodeada por un collarete sostenido por una hilera de numerosos dientes diminutos. Su cápsula pseudobucal es muy ancha. El anillo nervioso se encuentra alrededor del esófago a una distancia posterior a la cápsula pseudobucal. La terminación posterior es cónica y pronunciadamente puntiaguda.

Hospederos: *Rhamdia guatemalensis* (20.00%, 1.00, 0.2).

ID: 485.

Sitio de infección: Intestino.

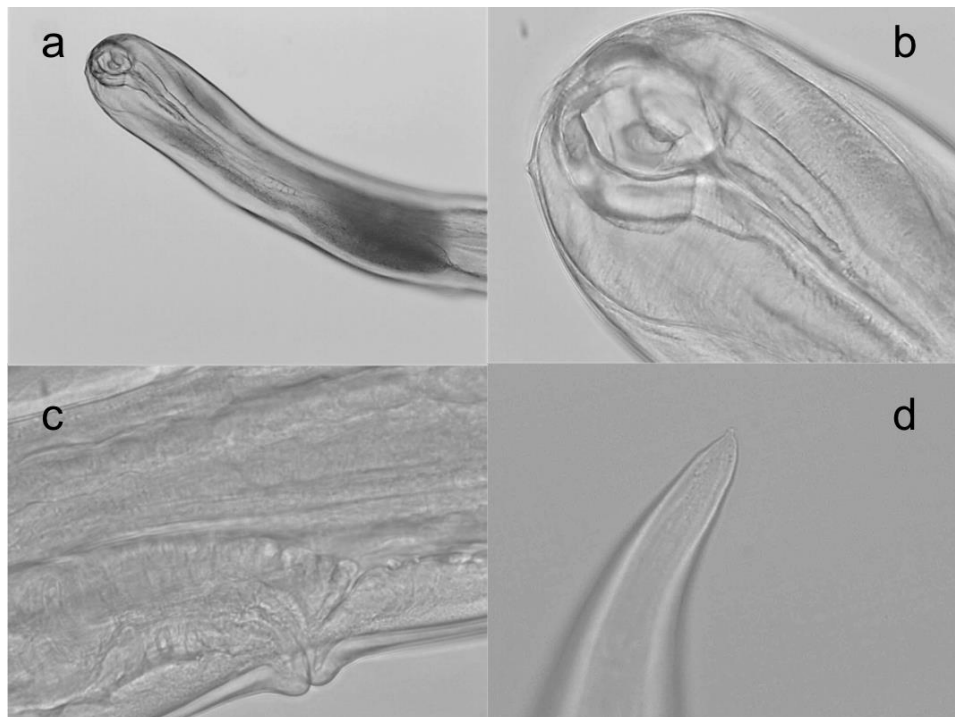


Figura 6. Larva de tercer estadio de *Cucullanus* sp. **a** extremo anterior, **b** abertura oral, **c** vulva, **d** extremo posterior.

Physocephalus sp. (Figura 7)

Las larvas de tercer estadio de estos nemátodos presentan un color blanquecino y una cutícula densamente estriada transversalmente. La terminación anterior está ligeramente reducida; en la región cefálica se encuentran dos proyecciones cefálicas cónicas, una dorsal y la otra ventral. Vestículo completamente desarrollado, el esófago muscular es más largo a comparación del glandular; cauda cónica con una formación terminal provista con protuberancias pequeñas.

Hospederos: *Rhardia guatemalensis* (20.00%, 1.00, 0.4).
ID: 486.
Sitio de infección: Estómago.

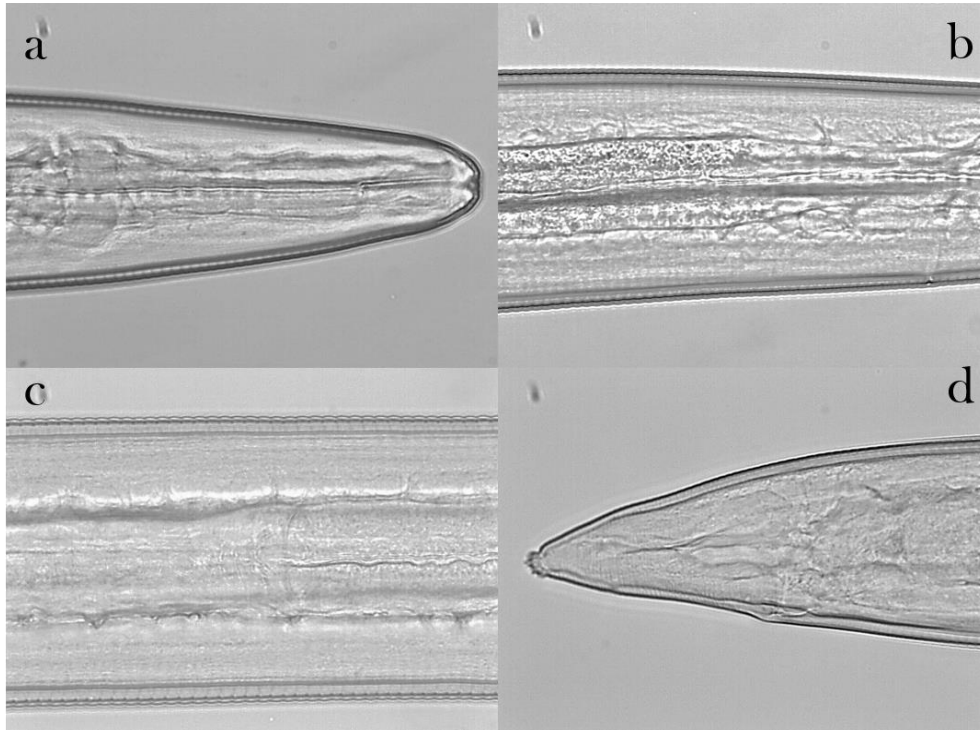


Figura 7. Larva de tercer estadio de *Physocephalus* sp. **a** extremo anterior, **b** intersección del esófago muscular con el esófago glandular, **c** intersección del ciego glandular con el intestino, **d** extremo posterior.

Spiroxys sp. (Figura 8)

La lava de tercer estadio avanzado posee una cutícula finamente estriada transversalmente, en la región cefálica presenta dos pseudolabios laterales y triangulares, cada uno con dos depresiones en forma de ranura en la base. Estoma poco desarrollada y muy corta. El esófago glandular es más grande que el muscular, su cola es cónica con punta redondeada.

Hospederos: *Rhardia guatemalensis* (20.00%, 1.00, 0.2).
ID: 487.
Sitio de infección: Estómago.

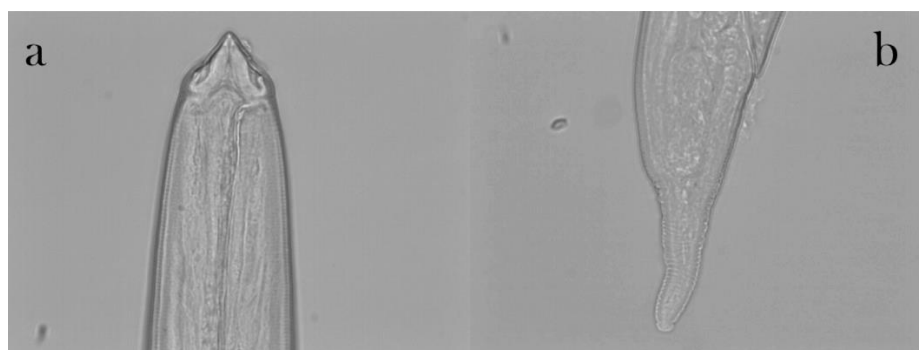


Figura 8. Larva de tercer estadio de *Spiroxys* sp. **a** extremo anterior, **b** extremo posterior.

Valipora sp. (Figura 9)

El metacéstodo presenta un cuerpo mediano. El rostelo es de forma cónica armado con ganchos pequeños y grandes. El tamaño del mango de los ganchos pequeños fluctúan entre los 13.54-16.0 μm , la oz de 18.46-22.15 μm y la LT entre los 32.0 - 38.15 μm . En el caso de los ganchos grandes, la longitud del mango se encuentra entre los 22.15-24.62 μm , la oz fluctúa en 23.39-30.77 μm y por último la LT de 48.01-55.39 μm . Cabe destacar que las medidas de los ganchos que presenta esta especie son más grandes a las descritas de la especie *Valipora minuta* y más pequeñas de las asignadas a *V. campylancristota*.

Hospederos: *Dormitator latifrons* (33.33%, 10.00, 3.33).

ID: 484.

Sitio de infección: Intestino.

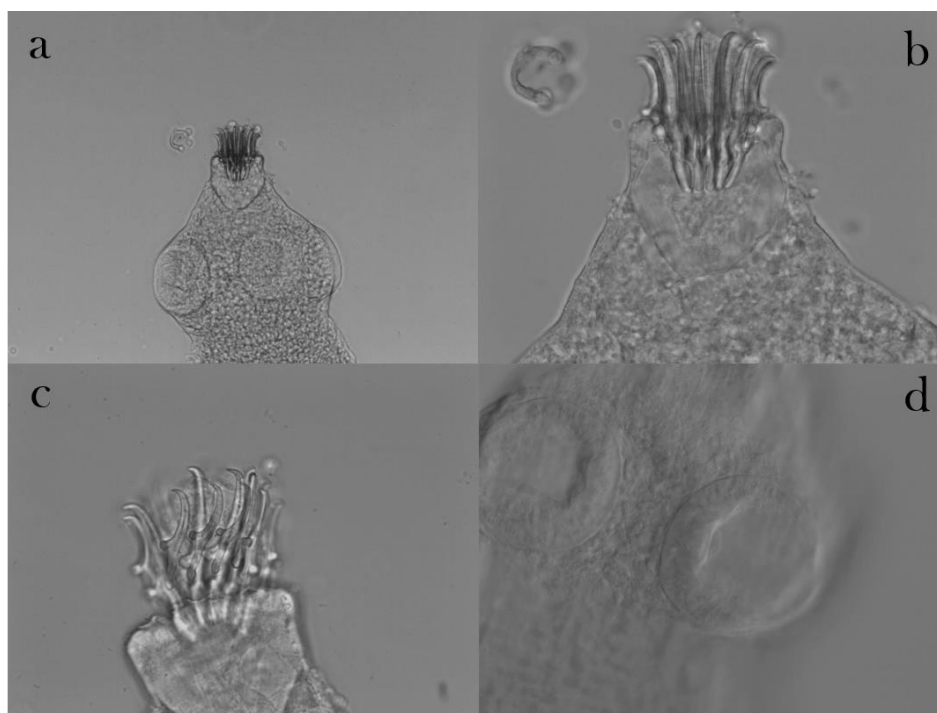


Figura 9. Metacéstodo de *Valipora* sp. **a-b** extremo anterior mostrando el rostelo armado de gancho, **c** enfoque de los ganchos pequeños, **d** ventosas.

Neoechinorhynchus sp. (Figura 10)

Acantocéfalos de pequeño tamaño de forma ovoidal. El receptáculo de la proboscis posee una sola pared muscular. La proboscis es de tamaño pequeño y de aspecto globoso, armada con 18 ganchos dispuestos en 3 anillos de 6 ganchos cada uno y un tronco carente de espinas.

Hospederos: *Dormitator latifrons* (33.33%, 2.00, 0.66).

ID: 494.

Sitio de infección: Estómago.

Discusión

Los estudios helmintológicos necesariamente implican la examinación de una gran cantidad de hospederos que permitan realizar un diagnóstico de la diversidad de las especies de helmintos presentes, en tiempo y espacio determinados, lo más cercano a la realidad. Lo anterior implica contar con una muestra representativa de los hospederos aspecto que algunas veces se complica su obtención (en términos generales asociados a la biología poblacional del hospedero o a las condiciones ambientales del lugar). En la presente investigación se estudió la helmintofauna de cinco especies de peces pobremente representadas, una intensa precipitación durante el trabajo de campo imposibilitó la obtención de peces por el desborde del Río Ostuta en el estado de Oaxaca. No obstante, se obtuvo una cantidad significativa de especies de helmintos, 10 (Tabla 1).

Los datos de la presente investigación contrastan cuando son comparados con otras investigaciones, con mayor tiempo de muestreo y/o mayor cantidad de hospederos examinados. Con respecto al tiempo de muestreo, en la investigación de Mosqueda et al. (2019), los autores realizaron un muestreo durante dos períodos en dos años (con la cantidad similar de días que en el presente trabajo); sin embargo, los autores obtuvieron una menor riqueza de especies de helmintos. Es importante resaltar que en la presente investigación en un único muestreo se identificaron a 10 especies de helmintos en 12 peces pertenecientes a cuatro especies. Resultados comparables con aquellos realizados durante un año (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de la composición de la helmintofauna de peces con trabajos previamente realizados. SppH = especies de hospederos, SppP = especies de parásitos, n = cantidad de individuos, SD = sin dato.

SppH/n	SppP/n	Cuenca hidrológica	Período de estudio	Referencias
17/533	9/SD	Cenotes, Península de Yucatán	1 año	Moravec et al. 1995
33/1177	43/SD	Río Lerma-Santiago	10 meses (1997) y 3 meses (1998)	Salgado et al. 2001
14/92	18/SD	Sierra Madre Oriental	1 año	Aguilar et al. 2004
1/185	8/SD	Laguna Tres Palos	1 año	Violante et al. 2008
6/156	6/508	Río Lempa, El Salvador	3 meses	Gómez et al. 2016
13/235	16/1466	RB Tehuacán-Cuicatlán	1 mes	Barrios et al. 2018
1/48	8/SD	Río Papaloapan*	Octubre (2015) y Febrero (2016)	Mosqueda et al. 2019
4/12	10/107	Río Ostuta	3 días	Presente trabajo

*Cuerpo de agua temporal.

En la actualidad los helmintos son piezas clave para determinar la diversidad de un lugar determinado, debido al papel regulador que tienen sobre las poblaciones de sus hospederos; amén que en algunos sistemas aumenten o disminuyan las poblaciones de parásitos puede alterar el equilibrio del ecosistema. Uno de los factores que determina la presencia o ausencia de una especie de parásito de una determinada localidad, se debe a la presencia de un hospedero adecuado y una densidad suficiente de su población (Luque, 2008). Se ha documentado que los nematodos utilizan como hospederos intermediarios a una gran cantidad de especies de peces por la abundancia y distribución de los mismos (Rosas y Pérez, 2008). Es el caso de la presente investigación, la mayor riqueza de especies está conformada por los nematodos, particularmente la especie de *Contracaecum* que utiliza tanto a Cichlidae, *Rhamndia guatemalensis* y *Dormitator latifrons* como hospederos intermediarios para completar su ciclo en aves íctiofagas y en algunos mamíferos (Nadler et al., 2000). —De acuerdo a la clasificación definida por Caspeta-Mandujano (2010), la larva de *Contracaecum* sp. corresponde al tipo 2, que se caracteriza por presentar un cuerpo más grande y un ciego intestinal mucho más extenso hacia la región anterior del cuerpo llegando casi al nivel del anillo nervioso—.

A partir de los resultados obtenidos, se puede inferir que los nematodos en su mayoría, requieren a *Rhamndia guatemalensis* porque son ingeridos por aves, anfibios o peces de mayor tamaño, indicando que dicho pez juega un papel importante en la transmisión de helmintos en este ecosistema; así como también es un pez bentónico que se alimenta a su vez de invertebrados bentónicos. En una investigación paralela a ésta, López-Villanueva (2019) asoció que los moluscos encontrados en las excretas de la nutria de río *Lontra longicaudis* tenían su origen en esta especie de hospedero debido a sus hábitos alimentarios. Conducta que podría estar relacionada para el establecimiento y desarrollo de los nematodos; este hecho lo ha reportado Moravec et al. (1995) en un estudio realizado en la Península de Yucatán.

La riqueza de especies de helmintos está estrechamente relacionada con la de sus hospederos. Por ejemplo, en el Lago de Catemaco se registró una mayor riqueza de especies de helmintos asociada a una mayor cantidad de hospederos (De León et al., 1992). También se ha demostrado que en los cuerpos de agua lóticos y en altitudes superiores a 1000m, parecen no ser tan eficientes en el establecimiento o refugio temporal de aves ictiofagas, a diferencia de cuerpos de agua lénticos, cerrados y dispuestos a altitudes menores como los lagos, presas o llanuras (Aguilar et al., 2004). Nuestros datos sugieren que lo contrario también puede ocurrir, el Río Ostuta un cuerpo de agua lótico ofrece el establecimiento y refugio de aves, reflejado por los valores altos de infección de larvas de *Contracaecum* sp.

Por otra parte, en México se han documentado tres especies del género *Gnathostoma* tales como: *G. binucleatum*, *G. lamothei* y *G. turgidum*. El género presenta un ciclo de vida con alta especificidad a nivel del hospedero definitivo (cada una de las especies tiene una alta especificidad a una especie de mamífero), el ciclo de vida inicia cuando los huevos salen al exterior, el desarrollo embrionario se presenta en cuerpos de agua dulce, eclosionando en una larva de primer estadio que es consumida por el primer hospedero intermedio (copépodos) en el que se desarrolla a larva de segundo estadio, algunas especies de peces de agua dulce actúan como segundos hospederos intermediarios en ellas la larva de tercer estadio sufre un proceso de enquistamiento en el tejido muscular y se desarrolla a larva de tercer estadio avanzado, los hospederos definitivos depredan a los segundos hospederos, alcanzando dentro de

ellos el estadio adulto. De acuerdo con Mosqueda et al. (2009) las características claves para distinguir a la larva de tercer estadio avanzado de *G. binucleatum* de *G.lamothei* es la ubicación del poro excretor, la forma del esófago, donde en el primero es de forma globular y del segundo es delgado con un mismo diámetro hasta la inserción con el intestino. En el caso de *G. turgidum*, los autores mencionan que la cuarta hilera de ganchos es más pequeña a las tres anteriores, la larva es de tamaño pequeño a comparación de las otras especies y su presencia es estacional en las ranas que actúan como hospederos intermediarios hacia los tlacuaches, hospederos definitivos. En el presente estudio las dos larvas fueron encontradas en el mesenterio de un bagre y son parecidas en el tamaño a *G. turgidum* (1234.8µm vs. 1,530–2,007.4µm); sin embargo, el tamaño de los ganchos de la cuarta hilera del bulbo cefálico es del mismo que los de las tres hileras anteriores (Fig. 4C), vs. *G. turgidum* (los ganchos de la cuarta hilera son distingiblemente más pequeños); por lo tanto no puede ser asignada a *G.turgidum*. El estudio de la helmintofauna es útil para conocer la relación parásito-hospedero, algunas especies de helmintos tienen importancia zoonótica (Salgado et al., 2004), el caso de las larvas del nemátodo *G. binucleatum*, causante de la gnathostomiasis humana en México la cual se adquiere por el consumo de pescado crudo. Nuestras conclusiones son que las larvas de *Gnathostoma* presentes en *R. guatemalensis* son diferentes a *G. binucleatum* y muy parecidas a *G.turgidum*. El hecho de utilizar a peces como hospederos intermediarios las podrían incriminar como otra especie diferente de *G. binucleatum* capaz de actuar como otro agente etiológico más de la gnathostomiasis humana en México.

Conclusiones

- Los Nematoda representa la mayor helmintofauna.
- La mayor cantidad de especies de helmintos utilizan a *Rhamdia guatemalensis* como hospedero intermediario.
- Se da a conocer una nueva zona endémica de la gnathostomiasis animal y posiblemente una agente etiológico más de la gnathostomiasis humana en México.
- La diversidad de la helmintofauna es baja debido a la cantidad de hospederos examinados. Estudios que implicaran mayor cantidad de peces podrían aumentar la riqueza.

Referencias

- Aguilar R, Cabañas G, Caspeta JM, Moreno RG, Salgado G, Sánchez P & Soto E. (2001). A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago river basin, Mexico. *Comparative Parasitology*, **68**:204-218.
- Aguilar R, Cabañas G, Moreno RG & Salgado G. (2004). Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de la Sierra Madre Oriental. *La Sierra Madre Oriental: un estudio multidisciplinario*. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Báez R, Brailovsky D, Cabañas G, Caspeta JM, Mayén E, Salgado G & Soto E. (2001). Helminth parasites of freshwater fishes of the Balsas river drainage basin of southwestern Mexico. *Comparative Parasitology*, **68**:196-203.
- Barrios JJ, Martínez E, Gómez RM, García M & Pinacho CD. (2017). Helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, región Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **89**:29-38.
- Barrios JJ, Martínez E, Gómez RM, García M & Pinacho CD. (2018). Helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, región Oaxaca. *Revista mexicana de biodiversidad*, **89** (1):29-38.
- Bautista C, Monks S & Pulido G. (2013). Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*, **2**:13-27.
- Brooks DR & Hoberg EP. (2000). Triage for the biosphere: The need and rationale for taxonomic inventories and phylogenetic studies of parasites. *Comparative Parasitology*, **67** (1):1-25.
- Brooks AJ, Hechinger RF, Huspeni TC, Kuris AM & Lafferty KD. (2007). Can parasites be indicators of free-living diversity? Relationships between species richness and the abundance of larval trematodes and of local benthos and fishes. *Oecologia*, **151**:82-92.
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM & Shostak AW. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol*, **83** (4):575-583.
- Caspeta JM. (2010). Nemátodos parásitos de peces de agua dulce de México. *AGT Editor, SA México, DF*.
- Conagua (Comisión Nacional del Agua). (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Ostuta (2008), Estado de Oaxaca. Diario Oficial de la Federación. 20 de Abril de 2015.
- De Leon PP, Osorio D & García L. (1992). Helmintofauna del "juile" *Rhamdia guatemalensis* (Pisces: Pimelodidae), del Lago de Catemaco, Veracruz. *Rev Soc Mex Hist Nat*, **43**: 25-31.
- Garrido L. (2006). Patrones Biogeográficos de nematodos parásitos de peces dulceacuícolas en México (tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

- Gómez EG, Mejía AG & Rodríguez MG. (2016). *Prevalencia de parásitos helmintos en peces de agua dulce del embalse Cerrón Grande de El Salvador* (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- González D, Mendoza E, Moravec F, Schmitter JJ, Scholz T, Vargas J & Vivas C. (1995). Nematodes parasitic in fishes of cenotes (=sinkholes) of the Peninsula of Yucatán, México. Part 1. Adults. *Folia Parasitologica*, **42**:115-129.
- Hechinger RF & Lafferty KD. (2005). Host diversity begets parasite diversity: bird final hosts. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*, **272**:1059-1066.
- López AV. (2019). Descripción de la helmintofauna de la nutria neotropical *Lontra longicaudis annectens* del Río Ostuta, Oaxaca con metodología no invasiva. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Luque JL. (2008). Parasitos ¿Componentes de la Biodiversidad? Parasites: A hidden component of the Biodiversity? *Biologist*, **6** (1):5-7.
- Mendoza E, Moravec F, Scholz T, Vargas J & Vivas CM. (1995). Cenotes (=sinkholes) of the Yucatan Peninsula, Mexico, as an habitat of adult trematodes of fish. *Folia Parasitologica*, **42**:37-47.
- Moravec F, Mendoza E, Vargas J & Vivas C. (1995). Studies on the development of *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *rebecae* (Nematoda: Camallanidae), a parasite of cichlid fishes. *Folia Parasitologica*, **42**: 281-292.
- Mosqueda MA, Labastida JA, Sotelo AM, Becerra RE & Jiménez MI. (2019). Helmintos del pez anual *Millerichthys robustus* (Teleostei: Rivulidae), una especie endémica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **90**:e902652.
- Nadler SA, D'Amelio S, Fagerholm HP, Berland B & Paggi L. (2000). Phylogenetic relationships among species of *Contraecaecum* Railliet y Henry, 1912 and *Phocascaris* Host, 1932 (Nematoda: Ascaridoidea) based on nuclear rDNA sequence data. *Parasitology*, **121**: 455-463.
- Pérez G. (2001). The diversity of digeneans (Platyhelminthes: Cercomeria: Trematoda) in vertebrates in Mexico. *Comparative Parasitology*, **68** (1):1-8.
- Pérez G, García L, Osorio D & León V. (1996). Helmintos Parásitos de peces de aguas continentales de México. México. Edición Ilustrada.
- Rosas R & Pérez G. (2008). Composición taxonómica de los helmintos parásitos de ictalúros y heptatéridos (Osteichthyes: Siluriformes) de México, con una hipótesis de homología. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, **79** (2): 473-499.
- Salgado G, Cabañas G, Sotogalera E, Caspeta JM, Moreno RG, Sánchez P & Aguilar R. (2001). A Checklist of Helminth Parasites of Freshwater Fishes from the Lerma-Santiago River Basin, Mexico. *Comparative parasitology*, **68** (2): 204-218.
- Salgado G, Pineda R, García L, López S, Vidal VM & Aguirre L. (2004). Parásitos de peces dulceacuícolas. *Helminthos*, **6**:93-114.

- Salgado G. (2009). Manual de prácticas de Parasitología con énfasis en helmintos parásitos de peces de agua dulce y otros animales silvestres de México. *Instituto de Biología, Universidad Autónoma Nacional de México*.
- Sanmartin ML, Quintero P, Iglesias R, Santamaria MT, Leiro J & Ubeira FM. (1994). Nematodos parásitos en peces de las Costas Gallegas. Madrid, España. Edición Díaz de Santos, S.A.
- Violante J, Aguirre ML & Vidal VM. (2008). Temporal variation in the helminth parasite communities of the Pacific fat sleeper, *Dormitator latifrons*, from Tres Palos Lagoon, Guerrero, Mexico. *Journal of Parasitology*, **94** (2): 326-335.