

Cuernavaca, Morelos a 23 de abril de 2021.

**DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE**  
**DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES**  
**P R E S E N T E.**

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **JESSICA BUSTAMANTE JIMÉNEZ**, con el título del trabajo: **Helmintos parásitos de los peces del arroyo Danta, en la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas**. En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis, como lo marca el artículo 4º del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

**A T E N T A M E N T E**  
*Por una humanidad culta*

**JURADO REVISOR**

**FIRMA**

PRESIDENTE: DR. DANIEL HERNÁNDEZ OCAMPO

\_\_\_\_\_

SECRETARIO: DR. NORMAN MERCADO SILVA

\_\_\_\_\_

VOCAL: DR. JUAN MANUEL CASPETA MANDUJANO

\_\_\_\_\_

SUPLENTE: M. EN C. VERÓNICA CHÁVEZ LÓPEZ

\_\_\_\_\_

SUPLENTE: M. EN C. JORGE LUIS PERALTA RODRÍGUEZ

\_\_\_\_\_



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

### Sello electrónico

**JUAN MANUEL CASPETA MANDUJANO | Fecha:2021-04-27 09:35:56 | Firmante**

j8uu8XaG7SR1uYOiMu4xvN9iKk/7AKLfUOnudPmAYj2H+UGQcn0VIM8lyHSDMH/z10qMYxhZZSyW1by82DnVvB+S8uRgUX/uRSLjPQpM48mWxw3l0A2/FUxXRwzlpY/CnJXW5FEwPTG4q1WOiE/1IC3OW41sHX9C4jg5+ftCi5AtUROCYm6hXOkcLPwLdysYWF3qxwxrg7DUoBLXk2xw7SL1MEaYJp+wrAl5TK4TA5EDo5khD0lsVC7H9mz+qaAh4lP0J/vBlBRZvhEvDFjvsg7mjmbeivXYQ/qnr5OCweJy5Bm72RAJkKb4RjnhEn8L41NI7wsvbLqVhCQcupNMQ==

**DANIEL HERNANDEZ OCAMPO | Fecha:2021-05-01 12:16:17 | Firmante**

Qpta951KfcjxQyVpXni1O52qn3y+Y2b1yAXtEjty9B4mKwv9AHlBKCW4l0ZMme+MJJFgvfa+J6P0F3xLvr5S+d4/QclnjMxr4UqqDwYDopN0gtpUDQ3CZ+G7A4PqkzyYbE72GmR+ugiE1gTW7XGAN4trW9nNH8sLXP01ghPo4WpkdLjO3l51rhcZVAyImk/6JkHTRaVBHKbxywiAmNtJj44HY4sWOD8UliS9zV37iJZzymjDJAsgHOpz4mqPKXa4PlZcJbw8zJEjd6dJLjte4rk4GezRnAx+B+ff6ZZs16cfka6p20VkvZSgRyBnK0v4teu3mdTsXv/ganO0Ug==

**VERONICA CHAVEZ LOPEZ | Fecha:2021-05-03 13:25:26 | Firmante**

BOM/3zglLxWwotDAUCQzXjxkebvglO3Wm2n9/wA9Pys9l8l7aFwjJH3PVQh69R/1u+Fevhl1jqhfhCAtau32T49CzQ66rglVn2a9MqsXEvmINF03CWMYSJ9jFVOKsfGXof7/kcBO T7dNLitjy3OKK3W5ThVRP++6Jwj+IBQU6hLhNW+H6+77loouJPya4BfgYT9QfkQ0A0P3UY9A24V5iPus49ZQzkNp2M1geR6yPeUQXXO7kl0irDom+jJp3nEeoVQrANP0rpa9tW5heWpl0J8OCxfJywM2Q1FM3w7FAhVxZaqPbNVaUQ2hcy3ZiZiS5Fs9qZPWmoiQ80IA==

**NORMAN MERCADO SILVA | Fecha:2021-06-18 14:44:13 | Firmante**

XNAiSc1fd/nNsrGwmafLXRyHACKn2LoGDKQfF/6mCSLdyFXEssQF80adFI9aGYnmwvgoqGhRWY1ZcGUWqTddPigxU1r5PrZ6mCInKz//ixBmh4+tpjJ+QbA3YZNtOrDOpEub8ZdJmwx955bqMfMjhpXsFfeh+C6Ld0aPksNkRy78UzZ0v+qs3qtNJaUpth4BHNv11gc4HiafoDg8Kt0B7oVorcWbZfD72q16SD1aiubR5LwfiTPuYlSiOdQMw/lwMO5XAPUN+bPzDFyLak93sjUvdVnm7rw1+OovC4eyQercEgWw8qehqi48/xg2oktqVStPkUInaNy6Ktw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



**cPVRDK**

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/LaARAS6CcqWsbR7C0SFMF8gplV6HxID>





**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**HELMINTOS PARÁSITOS DE LOS PECES DEL ARROYO  
DANTA, EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MONTES AZULES,  
CHIAPAS.**

**TESIS PROFESIONAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
B I O L O G O  
P R E S E N T A:  
JESSICA BUSTAMANTE JIMENEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: Dr. Juan Manuel Caspeta Mandujano**

**CUERNAVACA, MORELOS, 2021**

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer al Dr. Juan Manuel Caspeta Mandujano, quien con sus conocimientos y apoyo me guió a través de este proyecto.

Además, quiero agradecerle especialmente a Natura y Ecosistemas Mexicanos A.C. por el apoyo brindado para la realización de los trabajos de investigación científicos que se llevan a cabo en el río Lacantún y sus tributarios, de donde ha salido el material para los resultados de la presente investigación.

A la Técnico Laboratorista María Haylle Palacios Bobadilla y al M. en C. Said Benjamín Ramírez Chávez por brindarme su apoyo y por alentarme a seguir adelante.

Al Doctor Daniel Hernández Ocampo y al Dr. Norman Mercado Silva por sus críticas y comentarios para poder realizar este trabajo.

A todos los docentes que formaron parte de mi carrera, especialmente a la Dr. Rosa Cerros Tlatilpa y a la Biol. Graciela Bustos Zagal.

## **Dedicatoria**

La presente tesis se la dedico a mi familia que gracias a sus consejos y palabras de aliento puede sobrellevar esta etapa de mi vida.

A mi mamá Minerva Jiménez Guadarrama y a mis papas Noé Santana Moctezuma y Roberto Bustamante Morales por haberme forjado en la persona que soy en la actualidad.

A mis hermanos Danna Paola Santana, Lourdes Diana Santana, Noemí Cielo Santana Jiménez y Jerry Israel Santana Jiménez, por ser parte de mi motivación de no renunciar.

A mi abuela Natalia Guadarrama Ocampo a quien quiero como una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme.

A mi madrina Mariana Jiménez Guadarrama y a mi tío Bernardino Jiménez Guadarrama por su gran apoyo en los últimos años de la carrera.

## Índice

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes .....	3
2.1 Reserva de la Biosfera Montes Azules .....	3
2.2 Degradación de los ecosistemas acuáticos en la RBMA.....	3
2.3 Helmintos parásitos .....	4
2.3.1 Phylum Platyhelminthes .....	4
2.3.2 Phylum Acanthocephala.....	5
2.3.4 Phylum Nematoda.....	6
2.4 Importancia de los estudios helmintológicos de peces dulceacuícolas .....	7
2.5 Estudios helmintológicos de peces dulceacuícolas de México .....	8
2.6 Estudios de helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas del estado de Chiapas.....	9
3. Justificación.....	11
4. Objetivos .....	12
4.1 Objetivo general.....	12
4.2 Objetivos particulares .....	12
5. Materiales y métodos .....	13
5.1 Colecta de hospedadores .....	14
5.2 Examen helmintológico.....	14
5.3 Fijación y procedimientos de helmintos .....	15
5.4 Identificación de los especímenes .....	18
5.5 Caracterización de helmintiasis .....	18
6. Resultados .....	20
7. Discusión.....	31
8. Conclusión.....	35
9. Referencias .....	36

## Relación de gráficas

Gráfica 1: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en <i>Astyanax brevimanus</i> .....	25
Gráfica 2: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en <i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i> .....	25
Gráfica 3: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en <i>Xiphophorus helleri</i> .....	26
Gráfica 4: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en <i>Rhamdia guatemalensis</i> .....	26
Gráfica 5: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en <i>Cynodonichthys tenuis</i> .....	27
Gráfica 6: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis de los peces en la localidad Danta.....	28

## Relación de tablas

Tabla 1. Parámetros de infección por helmintos en cada especie de pez, colectados durante los muestreos del arroyo Danta en la RBMA. ....	23
Tabla 2. Parámetros de infección por helmintos en los peces del arroyo Danta en la RBMA.....	24
Tabla 3. Lista de helmintos encontrados en los peces del arroyo Danta en cada año (2015-2017).....	30

## Relación de figuras

Figura 1. Representantes del phylum Platyhelminthes: a) Trematoda, b) Monogenoidea y c) Cestoda.....	5
Figura 2. Área de estudio: Arroyo Danta .....	13
Figura 3. Diversidad taxonómica de los helmintos parásitos del arroyo Danta. ....	20
Figura 4. <i>Astyanax brevimanus</i> .....	41

Figura 5. <i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i> .....	43
Figura 6. <i>Xiphophorus helleri</i> .....	45
Figura 7. <i>Rhamdia guatemalensis</i> .....	47
Figura 8. <i>Cynodonichthys tenuis</i> .....	49

## **Relación de apéndices**

Apéndice 1. Biología del hospedero <i>Astyanax brevimanus</i> .....	40
Apéndice 2. Biología del hospedero <i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i> .....	42
Apéndice 3. Biología del hospedero <i>Xiphophorus helleri</i> .....	44
Apéndice 4. Biología del hospedero <i>Rhamdia guatemalensis</i> .....	46
Apéndice 5. Biología del hospdero <i>Cynodonichthys tenuis</i> .....	48
Apéndice 6. Técnicas de fijación, tinción y procedimientos para la tinción y aclaramiento de helmintos .....	50
Apéndice 7. Ciclo biológico de los helmintos de la clase Monogenea, Trematoda y Nematoda.....	54

## Resumen

En la Reserva de la Biosfera Montes Azules (RBMA) en el estado de Chiapas, México la conservación de los ambientes acuáticos son considerados como prioritarios. Sin embargo, en los últimos años han sufrido una degradación de estos a consecuencia de fuentes antropogénicas lo cual conlleva a un impacto a las comunidades de helmintos que habitan en los peces. Por lo anterior se propuso trabajar con los helmintos parásitos de los peces del arroyo Danta, en la RBMA. Con el objetivo de generar un inventario de la helmintofauna de los peces del arroyo Danta. Mediante técnicas de pesca (red de arrastre y electropesca), se colectó un total de 253 peces pertenecientes a 5 especies de 4 familias: *Astyanax brevimanus* (Characidae), *Cynodonichthys tenuis* (Rivulidae), *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (Poeciliidae), *Rhamdia guatemalensis* (Heptapteridae) y *Xiphophorus helleri* (Poeciliidae). De estos 253 hospederos se recolectaron un total de 582 helmintos, de los que se procedió a obtener la caracterización de la helmintiasis y la comparación de la helmintofauna en los peces durante los años 2015, 2016 y 2017. Obteniendo como resultado un listado de 13 especies de helmintos. De la clase Trematoda se reporta la presencia de 10 especies (9 adultos y 4 metacercarias) entre las cuales se encuentra *Acanthostomum minimum*, *Allocreadium mexicanum*, *Auriculostoma astyanacea*, *Paracreptotrema blancoi*, *Paracreptotrematoides heterandriae*, *Walliana chavarriai*, *Genarcella isabellae*, *Phyllodistomum inecoli*, *Phyllodistomum* sp. y las metacercarias *Acanthostomum minimum*, *Posthodiplostomum minimum*, *Tylodelphys* sp. y *Uvullifer ambloplitis*. En el caso de la clase Monogenoidea se reporta la presencia de *Cacatuocotyle chajuli* y *Urocleidoides vaginoclaustroides*; y respecto a la clase Nematoda únicamente se reporta la presencia de una especie, el nemátodo adulto *Spinitectus mexicanus*.

## 1. Introducción

En la Reserva de la Biosfera de Montes Azules (RBMA), estado de Chiapas, México, la conservación de los ambientes acuáticos es considerada como prioridad (SEMANART, 2000; Salgado-Maldonado *et al.*, 2014). En los últimos años la RBMA ha tenido una degradación de sus ecosistemas acuáticos por fuentes antropogénicas. Esto conlleva a que se impacte a las comunidades acuáticas que habitan en este medio, como ejemplo; los helmintos parásitos de peces (SEMANART, 2000; Salgado-Maldonado *et al.*, 2014).

Los helmintos parásitos son organismos que se caracterizan por ser metazoarios, macroparásitos con un aspecto vermiforme. Están representados por tres *phyla*: Platyhelminthes (tremátodos, monogeneos y céstodos), Acanthocephala (acantocéfalos) y Nematoda (nemátodos). Pero en cuanto a los grupos de vertebrados a los que parasitan, la mayor cantidad de especies se encuentran asimétricamente representadas en los peces, siendo los de mayor cantidad seguidos de los mamíferos, reptiles, aves y anfibios (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001).

La presencia de parásitos es normal en la naturaleza y no debe verse como un proceso asociado a la contaminación o a la actividad antropogénica. Son parte de la biodiversidad, donde son un componente importante de la biota ya que constituyen grupos numerosos de especies de amplia distribución que establecen relaciones simbióticas con otros organismos produciendo mecanismos que regulan la densidad poblacional de sus hospederos (Salgado-Maldonado *et al.*, 2004b; Salgado-Maldonado, *et al.*, 2014). Por lo cual es necesario conocer sobre estas relaciones mediante la realización de inventarios que permiten cuantificar la biodiversidad, establecer monitoreos para examinar sus ciclos de abundancia en periodos medianos o largos, extinciones ocasionales, recolonizaciones naturales, o igualmente para saber que organismos de la biota son nativos de la región o cuales son invasoras (Salgado-Maldonado *et al.*, 2004b; Salgado-Maldonado *et al.*, 2014).

Los estudios sobre la helmintofauna de peces dulceacuícolas en México como en el estado de Chiapas son abundantes. Donde el interés es conocer la helmintofauna de los peces o la recopilación de información para realizar inventarios sobre la biodiversidad de los helmintos parásitos de diferentes lugares (Pérez-Ponce de León y García Prieto, 2001; Salgado-Maldonado *et al.*, 2014). Por lo cual se realiza un inventario de los helmintos parásitos de los peces del arroyo Danta que se encuentra dentro de la RBMA (Carabias *et al.*, 2015), que a consecuencia de la fragmentación de ella se ubica entre las poblaciones aledañas a la reserva, y además se caracteriza por albergar una cantidad importante de peces, lo cual lo hace un punto importante de estudio.

## **2. Antecedentes**

### **2.1 Reserva de la Biosfera Montes Azules**

En 1978, en el Diario Oficial de la Federación se publicó el Decreto por el cual se creó la Reserva de la Biosfera de Montes Azules (RBMA). La RBMA se encuentra dentro de una de las regiones con mayor biodiversidad de México: la Selva Lacandona, en el estado de Chiapas, de la cual la mayor parte de su diversidad está siendo protegida por la RBMA (SEMANART, 1995). La RBMA cubre una superficie de 1,300,000 hectáreas, que constituye el 34.6% de la superficie de la Selva Lacandona. Su relevancia ecológica está determinada por su posición geográfica, favoreciendo la presencia de diferentes ecosistemas altamente representativos del sureste de México. De los diferentes ambientes que conforman la RBMA, los ambientes acuáticos son considerados una prioridad para su conservación, ya que su prioridad es mantener protegidos a los organismos que habitan en este medio (SEMANART, 2000).

### **2.2 Degradación de los ecosistemas acuáticos en la RBMA**

En los últimos años la Reserva de la Biosfera de Montes Azules ha tenido una degradación de sus ecosistemas acuáticos a consecuencia del desequilibrio ecológico, que es provocado por fuentes antropogénicas: crecimiento de la frontera agrícola y de las áreas de agostadero, el cambio del uso del suelo, las descargas de aguas residuales y de desechos de sólidos a los cauces de arroyos y ríos por asentamientos humanos, la contaminación por agroquímico, introducción de especies, entre otras. Esto conlleva que haya un impacto a las comunidades acuáticas que habitan en este medio, como ejemplo; los helmintos parásitos de peces (SEMANART, 2000; Salgado-Maldonado *et al.*, 2014).

## **2.3 Helmintos parásitos**

Los helmintos son gusanos parásitos que se caracterizan por ser metazoarios, macroparásitos y por su aspecto vermiforme. Están representados por tres *phyla*: Platyhelminthes, Acanthocephala y Nematoda (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001).

### **2.3.1 Phylum Platyhelminthes**

Los platelmintos o gusanos planos, se caracterizan por ser acelomados, aplanados dorsoventralmente, con simetría bilateral y mayormente hermafroditas. Tienen representantes de vida libre (como las planarias) y parásitos, pertenecientes a 3 grupos: Trematoda, Monogenoidea y Cestoda.

Los tremátodos presentan por lo común un cuerpo foliáceo provisto de una ventosa anterior que rodea a la boca y de una ventosa ventral (acetábulo); en los monogéneos el cuerpo es alargado con el extremo posterior ensanchado por la presencia de un órgano de fijación (opishaptor), armado con ganchos, pinzas o ventosas; y el cuerpo típico de un céstodo está dividido en 3 regiones: 1) escólex, provisto de las estructuras de fijación (ventosas, botrios, botridios, etc.); 2) cuello, que origina la cadena de segmentos que constituyen la última parte y 3) estróbilo, formado por segmentos con distinto grado de maduración (Roberts y Janovy, 2005).

El cuerpo de los platelmintos está cubierto por tegumento sincitial, cuyas funciones básicas son la absorción de nutrientes, agua y protección. Después se encuentra el parénquima que es un tejido de sostén para los órganos y almacenamiento de alimento o eliminación de productos de deshecho. El sistema nervioso consiste en 1-2 ganglios unidos por una comisura, situados en el extremo anterior y de un plexo nervioso por debajo del tegumento. Mientras el aparato digestivo es en la mayoría de los casos incompleto por carecer de ano o bien, puede estar ausente como en el

caso de los céstodos; y el sistema excretor es protonefridial y principalmente con función osmoreguladora.

Los platelmintos generalmente son organismos hermafroditas. Donde el aparato reproductor masculino está compuesto por uno a numerosos testículos, un conducto deferente y un órgano copulador llamado cirro, contenido por una bolsa; y el aparato reproductor femenino consta de un ovario, cuyo oviducto desemboca en la cámara de formación de los huevos u ootipo, al igual que la vagina (en monogéneos y céstodos) y el viteloducto; del ootipo parte el canal de Laurer (en tremátodos) y el útero que desemboca en el atrio genital antes mencionado. Parte de las especies hermafroditas pueden fertilizar sus propios ovocitos, sin embargo, la fecundación cruzada es la práctica común (Roberts y Janovy, 2005; García-Prieto *et al.*, 2014).

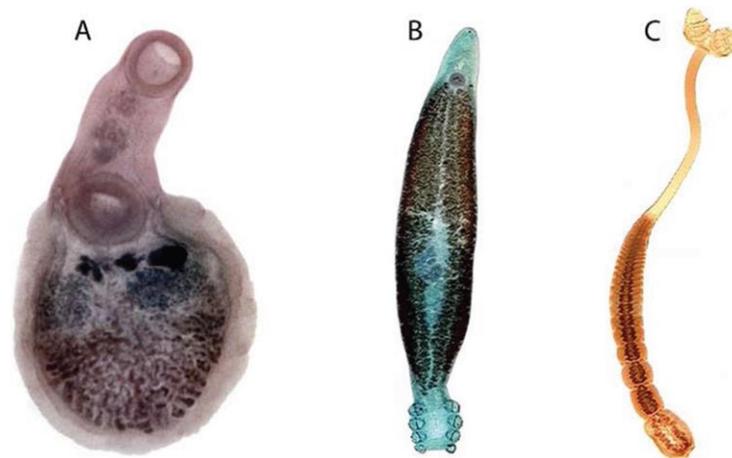


Figura 1. Representantes del phylum Platyhelminthes: a) Trematoda, b) Monogeneoidea y c) Cestoda (García-Prieto *et al.*, 2014)

### 2.3.2 Phylum Acanthocephala

Los acantocéfalos o gusanos de cabeza espinosa son endoparásito, se caracterizan por ser blastocelomados, bilaterales, con el cuerpo blando y cilíndrico provisto de una estructura anterior, retráctil y armada con ganchos, llamada probóscide. Carecen de aparato respiratorio y digestivo, por lo que la pared del cuerpo o tegumento absorbe

los nutrientes que son distribuidos por un sistema lagunar de canales asociado a éste. Sólo algunas especies presentan un sistema excretor de tipo protonefridial; el sistema nervioso es ganglionar, con un ganglio cerebral y cordones longitudinales dirigidos hacia la parte anterior (presoma) y posterior (metasoma) del cuerpo. El presoma comprende la probóscide, el cuello, el receptáculo de la probóscide y los lemniscos, que se originan en la base del cuello. En el metasoma o tronco se encuentran los órganos reproductores masculinos y femeninos (Roberts y Janovy, 2005; García-Prieto *et al.*, 2014).

Los acantocéfalos son dioicos; los machos presentan un par de testículos cuyos conductos eferentes se unen en uno deferente que desemboca en el pene; presentan además varios órganos sexuales accesorios como las glándulas de cemento (que sellan la vagina después de la cópula), la bolsa copulatrix y el saco (o bolsa) de Saefftingen, que controla la eversión de la bursa durante la cópula. Mientras en las hembras, el ovario se fragmenta en etapas tempranas de su desarrollo, flotando ligeramente en el saco ligamentario, el cual se conecta a la campana uterina. Este órgano regula el paso de huevos maduros al útero, la vagina y finalmente el poro genital (Roberts y Janovy, 2005; García-Prieto *et al.*, 2014).

#### **2.3.4 Phylum Nematoda**

Los nemátodos o gusanos redondos se caracterizan por ser blastocelomados, cilíndricos, alargados, afilados en ambos extremos, con simetría bilateral, por ser dioicos y por tener una superficie corporal que está cubierta por una cutícula proteica. Como grupo monofilético, representa uno de los más diversificados phyla del reino Animalia, cuyos miembros parasitan tanto vertebrados como invertebrados y plantas, y además existen numerosas especies de vida libre.

El tamaño de los nemátodos varía ya que van de unos cuantos milímetros hasta más de 8 metros. Los nemátodos parásitos de vertebrados se alojan prácticamente en cualquier órgano, aunque la mayoría se encuentran asociados al tubo digestivo y

glándulas anexas. Se les ha incluido colectivamente en el grupo de los helmintos (gusanos parásitos), junto con platelmintos, acantocéfalos e hirudíneos. La superficie corporal de estos está cubierta por una cutícula proteica, que brinda protección y contribuye al movimiento del nemátodo junto con el líquido blastocelómico; de la misma forma, la carencia de musculatura circular confiere el movimiento ondulatorio propio del grupo. El blastocele contiene al aparato digestivo que es completo, exhibiendo como órgano más destacado al esófago, cuya forma y componentes varía de acuerdo con el tipo de alimentación de estos gusanos: hematófaga, mucófaga o de alimento predigerido, entre otras. El sistema nervioso es de tipo ganglionar, con 4 cordones hipodérmicos que inervan todo el cuerpo, unidos mediante anillos en las regiones esofágica y anal. En las especies parásitas, los órganos sensoriales están reducidos, restringiéndose a la presencia de anfidios, fasmidios, deiridios y papilas, principalmente. El aparato excretor es glandular o tubular, desembocando al exterior mediante un poro ventral situado en la región anterior del cuerpo (Roberts y Janovy, 2005; García-Prieto *et al.*, 2014).

La mayoría de los nemátodos son dioicos y existen algunas especies partenogénicas; el aparato reproductor masculino está formado por 1 o 2 testículos, conectados a una vesícula seminal y ésta a un conducto eyaculador que abre a la cloaca; como órganos accesorios presentan 1 o 2 espículas, papilas y expansiones cuticulares; y el femenino generalmente presenta 2 ovarios que desembocan a los receptáculos seminales y éstos a los oviductos y de ahí al útero, que abre al exterior mediante la vulva a través de la vagina (Roberts y Janovy, 2005; García-Prieto *et al.*, 2014).

#### **2.4 Importancia de los estudios helmintológicos de peces dulceacuícolas**

Los helmintos son un componente importante de la biota ya que constituyen grupos numerosos de especies de amplia distribución que establecen relaciones simbióticas con otros organismos produciendo mecanismos que regulan la densidad poblacional de sus hospederos (Salgado-Maldonado *et al.*, 2004b). Es importante tomar en

cuenta estas relaciones porque mediante esto se puede determinar la densidad poblacional de especies de peces silvestres, el estado sanitario de las poblaciones de peces que se explotan artesanalmente o aquellas especies que se manejen mediante técnicas de producción acuícola. Pero no es lo único, porque también se puede realizar inventarios que permitan cuantificar su biodiversidad, para establecer monitoreos que permitan examinar ciclos de abundancia en periodos medianos o largos, extinciones ocasionales, recolonizaciones naturales, e igualmente para saber que organismos de la biota son nativos de la región o cuales son especies invasoras (Salgado-Maldonado *et al.*, 2004b; Salgado-Maldonado *et al.*, 2014).

## **2.5 Estudios helmintológicos de peces dulceacuícolas de México**

México cuenta con una gran variedad de estudios sobre los helmintos de peces dulceacuícolas. En 2001, Pérez-Ponce de León y García-Prieto realizaron una recopilación bibliográfica y de colecciones nacionales y extranjeras de helmintos parásitos de vertebrados silvestres de México, con el objetivo de tener un inventario biótico. De ello se obtuvo información de 1,632 especies de helmintos alojados en 947 especies de vertebrados silvestres. De las 1,632 especies registradas 1,060 pertenecen al *phylum* Platyhelminthes, de la cual los digeneos son los más relevantes, siendo los de mayor cantidad seguidos por los nemátodos, monogeneos, céstodos y los acantocéfalos y hirudineos. Pero en cuanto a los grupos de vertebrados a los que parasitan, la mayor cantidad de especies se encuentran registrados en los peces, seguidos de los mamíferos, reptiles, aves y anfibios.

En el estudio publicado en 2004a, por Salgado-Maldonado y colaboradores; reportaron la helmintofauna de peces dulceacuícolas del río Pánuco de México, donde obtuvieron como resultado 31 especies de helmintos de 22 familias. De las cuales 12 son tremátodos, 11 nemátodos, 4 monogeneos, 3 céstodos y un acantocéfalo.

Salgado-Maldonado *et al.*, (2004b), realizaron un inventario de la helmintofauna de los peces dulceacuícolas de Tabasco, donde aportaron datos de 50 especies, 29 géneros y 14 familias. El inventario obtenido se incluye un total de 109 especies de helmintos, 82 géneros y 43 familias. Los tremátodos fue el grupo más numeroso de parásitos, 35 metacercarias y 18 adultos; 28 monogeneos, 9 nemátodos adultos, y 10 larvas; los céstodos con dos adultos y dos especies de acantocéfalos en forma larvaria (cistacanto), siendo estos últimos dos grupos los menos numerosos entre los helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de Tabasco.

En el año 2005, Salgado-Maldonado y colaboradores realizaron un inventario de helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas de la cuenca del río Papaloapan, México. Donde se obtuvo como resultado el registro de 157 nuevos hospederos y 30 especies de helmintos. Siendo los tremátodos y nemátodos lo más abundantes seguidos de los monogeneos, céstodos y acantocéfalos.

## **2.6 Estudios de helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas del estado de Chiapas**

El estudio de los helmintos parásitos en el estado de Chiapas comenzó hace algunos años. En el año 2011a, Salgado-Maldonado y colaboradores, realizaron un inventario en base a registros anteriormente publicados como de nuevos datos de los helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas del estado de Chiapas. Donde obtuvieron un registro de 88 especies de 67 géneros y 40 familias de helmintos. Siendo los tremátodos y nemátodos los grupos de helmintos más abundantes.

Salgado-Maldonado y colaboradores en 2011b; realizaron un listado faunístico de los helmintos y sus especies de peces hospederos, que se basa principalmente en las colectas realizadas entre enero de 2003 y noviembre de 2007, donde registraron 75 especies, 64 géneros y 42 familias de los tres *phyla* de helmintos que han sido encontrados en un total de 52 especies de peces dulceacuícolas, que a su vez representan 29 géneros y 16 familias.

Salgado-Maldonado y colaboradores en 2014, realizaron un inventario de los helmintos parásitos de los peces de agua dulce del río Lacantún, localizado en la Reserva de la Biosfera de Montes Azules. Aportaron un listado de 67 especies de helmintos de 24 familias. Los tremátodos (16 adultos y 6 metacercarias) y nemátodos (19 adultos y 4 larvas de nemátodos) fueron los grupos dominantes. Mientras los monogeneos (13 especies) fue el grupo menos estudiado durante el inventario; y los céstodos (6 adultos y 1 metacéstodo) y los acantocéfalos (2 especies) fueron los grupos menos numerosos.

### **3. Justificación**

Desde el año 2004 en la Reserva de la Biosfera Montes Azules se han hecho estudios de los ambientes acuáticos y de su biota, siendo un ejemplo el estudio de los helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de la RBMA. La importancia sobre el estudio de la fauna parasitaria de los peces que habitan en la RBMA es comprender que los parásitos son un componente natural en los ecosistemas y necesario en las comunidades de organismos que habitan en los ecosistemas acuáticos, ya que son un indicador de que las poblaciones sanas de organismos albergan poblaciones sanas de parásitos.

Pero en los últimos años la RBMA ha tenido una degradación de sus ecosistemas acuáticos a consecuencia del desequilibrio ecológico que es provocado por fuentes antropogénicas lo cual provoca alteraciones en los helmintos parásitos de los peces. Por ello se realizará un inventario de los helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas del arroyo Danta para saber cómo se encuentra la helmintofauna, mediante la realización de la caracterización de la helmintiasis, que permitirá describir las infecciones de los hospederos.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

- Generar un inventario de la helmintofauna de los peces dulceacuícolas, procedentes del arroyo Danta en la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas.

### **4.2 Objetivos particulares**

- Identificar los helmintos parásitos de los peces del arroyo Danta.
- Caracterizar los parámetros de infección (prevalencia, abundancia e intensidad promedio) de la helmintiasis de los peces dulceacuícolas del arroyo Danta.
- Comparar la helmintofauna presente en los peces dulceacuícolas del arroyo Danta durante los años 2015, 2016 y 2017.

## 5. Materiales y métodos

Las colectas de los peces se realizaron a partir del año 2015 al 2017, en una localidad de la cuenca del río Lacantún dentro de la Reserva de la Biosfera Montes Azules: el arroyo Danta ( $16^{\circ}09'08.1''\text{N}$ ,  $90^{\circ}54'06.3''\text{W}$  155 msnm).

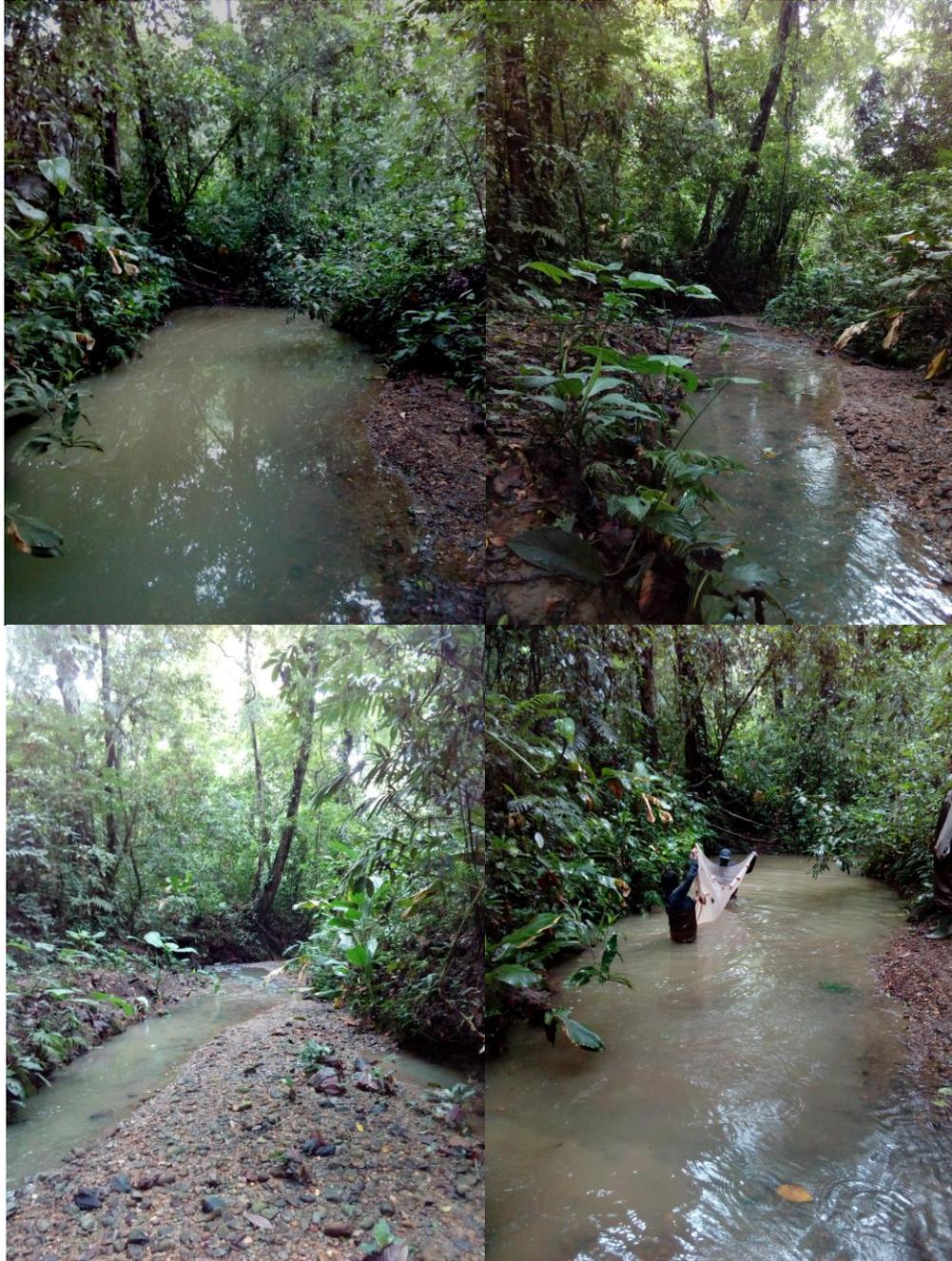


Figura 2. Área de estudio: Arroyo Danta

## **5.1 Colecta de hospedadores**

Los peces se capturaron mediante una red de arrastre y equipo de electropesca. Una vez capturados se colocaron en una bolsa de plástico, que estaba puesta en una cubeta de plástico, luego se les colocó una bomba de oxígeno y se aseguró la colecta para su transporte.

Posteriormente fueron transportados a la Estación Biológica Chajul, donde se mantuvieron vivos hasta su examen helmintológico, el no cual no excedió las 48 horas posteriores a la captura. Una vez en la estación los ejemplares fueron identificados por los ictiólogos que participan en el proyecto de monitoreo de ambientes acuáticos. Después fueron sacrificados por punción craneana (Salgado-Maldonado, 1979), para luego tomar los datos merísticos; longitud total, longitud patrón y altura máxima.

## **5.2 Examen helmintológico**

El examen helmintológico se llevó a cabo siguiendo el criterio Salgado-Maldonado (1979), procediendo en el orden siguiente.

Para los ectoparásitos (parásitos que viven sobre la piel y en las cavidades naturales del cuerpo con amplia distribución al medio externo) se realizó una revisión de la superficie de todo el cuerpo; cabeza, ojos, escamas, base de las aletas y cavidades, con el hospedero sumergido en agua del medio en una caja Petri. También se realizó la revisión de las branquias y la cavidad branquial separando los opérculos y colocándolos en una caja Petri con solución salina al 0.75%, los arcos branquiales fueron removidos individualmente y luego fueron colocados en una caja Petri con agua del medio. La revisión se realizó bajo el microscopio estereoscópico, peinando las branquias con ayuda de pinzas, agujas de disección y pinceles delgados. Posteriormente se revisaron los orificios del cuerpo: ano, boca, orificios nasales y genital.

En caso de los endoparásitos (parásitos que se encuentran en las cavidades del cuerpo, tejidos y órganos internos) se realizó una incisión en la línea media ventral de la pared del cuerpo, prolongado este corte hasta el ano y el orificio genital, rodeando ambos de forma que el aparato digestivo y el urogenital pudieran ser removidos intactos. El corte se prolongó anteriormente, a través de la unión de las aletas pectorales. Los diferentes órganos de la cavidad del cuerpo fueron separados y colocados en cajas Petri con solución salina. Primero atendiendo a los diferentes aparatos y sistemas, a saber: digestivo, reproductor, etc. Posteriormente se separaron los órganos de cada uno de estos, colocándolos en recipientes con solución salina limpia, en donde se examinaron de acuerdo al siguiente procedimiento.

Revisión del tracto digestivo: se abrió mediante agujas de disección, donde los parásitos encontrados se separaron de acuerdo al órgano de procedencia, situándolos en cajas Petri con solución salina limpia, manipulándolos con pinceles. Para el hígado se hizo una revisión externa de este, posteriormente se comprimió entre dos vidrios de 15x15 y se observó al microscopio estereoscópico. Para la revisión de la cavidad visceral se efectuó a medida que se fueron retirando los diferentes órganos. Para examinar la musculatura se realizó una incisión dorsal longitudinal, desde el cráneo hasta donde principia la aleta caudal, posteriormente se hicieron las incisiones verticales (perpendiculares a la primera) en ambos lados del pez; dividiendo así la musculatura para después comprimir el musculo entre dos vidrios y observar en fresco. La vejiga natatoria se examinó en igual forma que el tracto digestivo. En el caso del cerebro, corazón y gónadas se examinaron por compresión de todo el órgano entre dos vidrios y se observó ante el microscopio estereoscópico.

### **5.3 Fijación y procedimientos de helmintos**

Los parásitos obtenidos de la revisión fueron separados con pinzas y pinceles, y se colocaron en solución salina limpia. Posteriormente fueron puestos en pequeños

frascos (5 ml) con el fijador correspondiente para cada grupo y se etiquetaron con los datos siguientes: nombre científico del hospedero, número de hospedero, hábitat, localidad y fecha de colecta. También se llevó una hoja de registro para cada uno de los hospederos.

Su fijación y tinción se llevó a cabo utilizando fijadores y colorantes recomendados para cada grupo taxonómico.

- Monogeneos

Para este grupo se utilizaron dos técnicas: 1) Fijación con formol caliente al 4% y para su tinción se usó el colorante Tricomica de Gomori; esta técnica se empleó para observar después de su tinción las estructuras internas, sobre todo los órganos genitales. 2) Preparaciones semipermanentes para el estudio de las partes esclerosadas (ganchos, microganchos y complejo copulatorio), utilizando el medio de Gray-Wess como fijador, en esta técnica el helminto se coloca en un porta objetos con una gota de Gray-Wess, después se coloca el cubre objetos y por último se sella cada esquina del cubreobjetos con Lacker du Noyer (o en su defecto barniz transparente para uñas), finalmente se marca por la parte de abajo el lugar donde se encuentra el monogeneo para facilitar su localización cuando se observa bajo el microscopio compuesto.

- Tremátodos

En caso de obtener metacercarias, estas fueron desenquistadas con ayuda de agujas de disección, una vez que la metecercaria está afuera del quiste se le hicieron las observaciones morfológicas detalladamente del tegumento, sistema excretor, y solo son observables cuando el espécimen esta en fresco.

La técnica de fijación recomendada para el estudio de metacercarias y adultos es el formol al 4% caliente. Posteriormente los especímenes son transferidos a frascos con formol al 4%. Se realizaron preparaciones permanentes de metacercarias y adultos, por lo que fueron teñidas con Hematoxilina de Delafield y Paracarmín de Meyer.

- Céstodos

En el caso de este grupo, el escólex es uno de los órganos más importantes que debe considerarse cuando se manipule este grupo, el cual se encuentra firmemente adherido a la pared intestinal del hospedero. La técnica de fijación de este grupo es el formol al 4% caliente. Si el ejemplar es demasiado grueso entonces se recomienda un aplanamiento entre dos vidrios. Ambos estadios (larvas y adultos) se tiñen utilizando el colorante Paracarmín de Meyer.

#### · Nemátodos

En este grupo la técnica de fijación se usó el formol salino a 4% caliente. Una vez fijados los especímenes son colocados en frascos con la misma solución hasta que sean utilizados para su estudio posterior. Para el estudio morfológico los especímenes se aclararon con glicerina a diferentes concentraciones (1:20, 1:15, 1:10, 1:5 y 1:2) para esto los nemátodos son colocados en un porta objetos que contendrá una gota de glicerina diluida y se colocan en una placa de calentamiento. Esto causará que el agua se evapore y la glicerina penetre lentamente la cutícula aclarando al organismo, la glicerina diluida se le agrega una vez que el agua se evapora. La clarificación de los especímenes dependerá del tamaño y el grosor del espécimen. Para nemátodos de cutícula gruesa puede utilizarse lactofenol aunque no es muy recomendable pues dañara a la cutícula. Sin embargo, unas gotas de lactofenol pueden agregarse a la glicerina para facilitar la aclaración de especímenes grandes. Después de su estudio los organismos se guardan en viales de alcohol al 70%.

Para el estudio taxonómico de la parte anterior de los nemátodos en particular de las papilas que se encuentran rodeando la boca (y los dientes que presentan algunos géneros) se utilizó el método de Anderson (1958), en el cual consiste en cortar la porción anterior del espécimen y colocarlo en un portaobjetos que contendrá una gota de gelatina glicerinada y después de que la gelatina se ha coagulado (5-10 min.), se colocó el cubreobjetos sin presionar. Sin embargo, como este método es muy laborioso, se recomienda el uso del microscopio electrónico de barrido (SEM, siglas en inglés) para una mejor observación de dichas estructuras.

#### · Acantocéfalos

En este grupo la técnica de fijación, los especímenes se colocaron en una caja de Petri conteniendo agua destilada, que a su vez fue colocada en refrigeración a 4°C, entre 1 y 12 horas, con la finalidad de que la probóscide sea evaginada. Una vez que la probóscide ha sido evertida se fijaron con formol al 4%, ya fijados los especímenes son colocados en frascos con la misma solución hasta que fueron utilizados para su estudio posterior. Para su tinción se usó Hematoxilina de Delafield y Paracarmín de Mayer que son los colorantes comúnmente utilizados para el estudio morfológico de los acantocéfalos, una vez procesados, se realizó las preparaciones permanentes.

#### **5.4 Identificación de los especímenes**

La identificación de los ejemplares se realizó mediante observaciones de los especímenes montados y bajo el microscopio óptico, donde se identificaron los organismos con claves especializadas, para monogeneos (Yamaguti, 1975), trématodos (Yamaguti, 1971, Gibson *et al.*, 2002, Jones *et al.*, 2005 y Bray *et al.*, 2008), céstodos (Khalil, 1994) y nemátodos (Caspeta-Mandujano, 2010).

#### **5.5 Caracterización de helmintiasis**

Para describir las infecciones de los hospederos se utilizaron los parámetros definidos por Margolis *et al.*, (1982).

Prevalencia: porcentaje de hospedadores de una especie que se encuentra parasitados por una especie particular de helminto.

$$\text{Prevalencia} = \frac{\text{Número de hospederos infectados}}{\text{Número de hospederos examinados}} \times 100$$

Abundancia: promedio de individuos de una especie de helminto en particular por hospedero examinado.

$$\text{Abundancia} = \frac{\text{Total de una especie de parásitos}}{\text{Número de hospederos examinados}}$$

Intensidad promedio: promedio de individuos de una especie de helminto por hospedero parasitado.

$$\text{Intensidad promedio} = \frac{\text{Total de parásitos de una especie determinada}}{\text{Número de hospederos infectados}}$$

Rango de infección: es el número menor y mayor de individuos de una determinada especie de parásitos registrados en el total de hospederos parasitados.

## 6. Resultados

Se colectó un total de 253 peces, pertenecientes a 5 especies: *Astyanax brevimanus*, *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, *Xiphophorus helleri*, *Rhamdia guatemalensis* y *Cynodonichthys tenuis* del arroyo Danta. En los cuales se recolecto un total de 582 helmintos, obteniendo un listado de 15 especies de helmintos.

En *Astyanax brevimanus* solo 32 (63 peces) se encontraron parasitadas, mientras 31 peces (49.2%) no se encontraron parasitados. En caso de *Pseudoxiphophorus bimaculatus* 75 (91 peces) se encontraron parasitados mientras 16 peces (17.6%) no se encontraron parasitados. Para *Xiphophorus helleri*, solo 6 (66 peces) se hallaron parasitados, mientras 60 peces (90.9%) no se encontraron parasitados. En *Rhamdia guatemalensis*, 6 hospederos (15 peces) se encontraron parasitados, mientras tanto 9 peces (60%) no se hallaron parasitados; y en *Cynodonichthys tenuis*, 13 de 18 peces se encontraron parasitados, en tanto 5 peces (27.8%) no se encontraron parasitados.

Se registró la presencia de dos *Phyla*, Platyhelminthes y Nematodes. Los tremátodos (9 adultos y 4 metacercarias) fue el grupo más representativo, constituyendo el 98.62% de los helmintos registrados. De los cuales el tremátodo *Acanthostomum minimum* se presenta en estadio de metacercaria y adulto. Después siguen los monogéneos con el 0.85% y los nemátodos (1 adulto) con el 0.51% (Fig. 3). En caso de los céstodos y acantocéfalos no se encontraron.

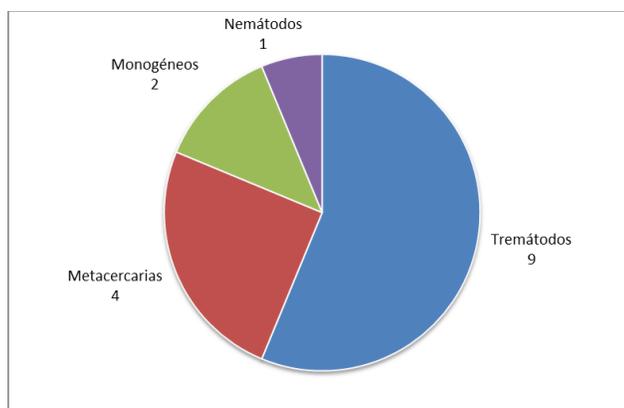


Figura 3. Diversidad taxonómica de los helmintos parásitos del arroyo Danta.

## Caracterización de la helmintiasis de los peces del arroyo Danta

En la gráfica 1, se muestra la prevalencia y abundancia de los helmintos registrados en *Astyanax brevimanus*. Las especies de helmintos que presentaron los mayores valores de prevalencia y abundancia fueron *Wallinia chavarriai* (19.05% y 1.78), *Auriculostoma astyanacea* (12.70% y 0.44) y *Tylodelphys* sp. (9.52% y 0.11). Los valores menores representativos se observan en las especies *Paracreptotrema blancoi* que obtuvo una prevalencia de 3.18% y una abundancia de 0.29, mientras en *Allocreadium mexicanum*, *Cacatuocotyle chajuli*, *Phyllostomum inecoli* y *Urocleidoides vaginoclaustroides* se obtuvo una prevalencia de 1.59% y con una variación de abundancia de 0.06, 0.02 y 0.03 respectivamente.

Los helmintos que presentaron el menor rango de infección fueron *Allocreadium mexicanum*, *C.chajuli*, *Phyllodistomum inecoli* y *U. vaginoclaustroides*; mientras *W. chavarriai* obtuvo el mayor rango de infección (Tabla 1).

En *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (gráfica 2) los helmintos con mayor valor en prevalencia y abundancia fueron *Paracreptotrematoides heterandriae* (35.16% y 0.89) seguido de *Phyllodistomum inecoli* (27.47% y 0.68). Las especies con el valor más bajo de prevalencia y abundancia fueron *Acanthostomum minimum* (metacercaria) (7.69% y 2), *Spinitectus mexicanus* (5.49% y 0.06) y *Uvulifer ambloplitis* (6.59% y 0.28). En caso del rango de infección, *S. mexicanus* tiene el menor rango de infección mientras tanto *P. heterandriae* presenta el mayor rango de infección (Tabla 1).

La prevalencia y abundancia de los helmintos registrados en *Xiphophorus helleri* se muestran en la gráfica 3. Aquí solo se registró dos especies de helmintos, *Phyllodistomum inecoli* con el mayor número de prevalencia y abundancia (7.58% y 0.08) mientras *Tylodelphys* sp. obtuvo el valor más bajo de prevalencia y abundancia (1.52% y 0.02). Mientras el rango de infección, *P. inecoli* presenta el mayor rango de infección en tanto *Tylodelphys* sp. tiene el menor rango de infección (Tabla 1).

Para *Rhamdia guatemalensis* (gráfica 4) se muestra que dos especies mostraron el mismo valor de prevalencia, *Acanthostomum minimum* (adulto) y

*Posthodispllostomum minimum* con 13.33% y abundancia del 0.33 y 0.87 respectivamente. Los valores menores representativos se observan en *Genarcella isabelae* y *Phyllodistomum* sp. con una prevalencia de 6.67% y una abundancia de 0.07 y 0.13 respectivamente. En caso de *A. minimum* (adulto) y *P. minimum* tienen el mayor rango de infección, mientras *G. isabelae* y *Phyllodistomum* sp. exhiben el menor rango de infección.

En cuanto a *Cynodonichthys tenuis* (gráfica 5) se registró una sola especie de helminto, *Paracreptotrematoides heterandriae* que presentó una prevalencia de 72.22% y una abundancia de 1.5.

En la gráfica 6 se muestra la prevalencia y abundancia de todos los helmintos registrados en los peces del arroyo Danta. Las especies con el mayor valor de prevalencia y abundancia son, *Paracreptotrematoides heterandriae* (17.79% y 0.43) y *Phyllodistomum inecoli* (11.86% y 0.27); mientras las especies con el menor valor fueron *Allocreadium mexicanum*, *Cacatuocatyle chajuli*, *Genarcella isabelae*, *Phyllodistomum* sp. y *Urocleidodes vaginoclaustroides* con una prevalencia de 0.40% y una abundancia de 0.02, 0.00 y 0.01, respectivamente.

Los helmintos que presentaron el menor rango de infección fueron los tremátodos *Allocreadium mexicanum*, *Genarcella isabelae*, *Phyllodistomum* sp. y los monogéneos *Cacatuocatyle chajuli* y *Urocleidodes vaginoclaustroides*, mientras tanto los helmintos con el mayor rango de infección fueron los tremátodos *Paracreptotrematoides heterandriae* y *Phyllodistomum inecoli* (Tabla 2).

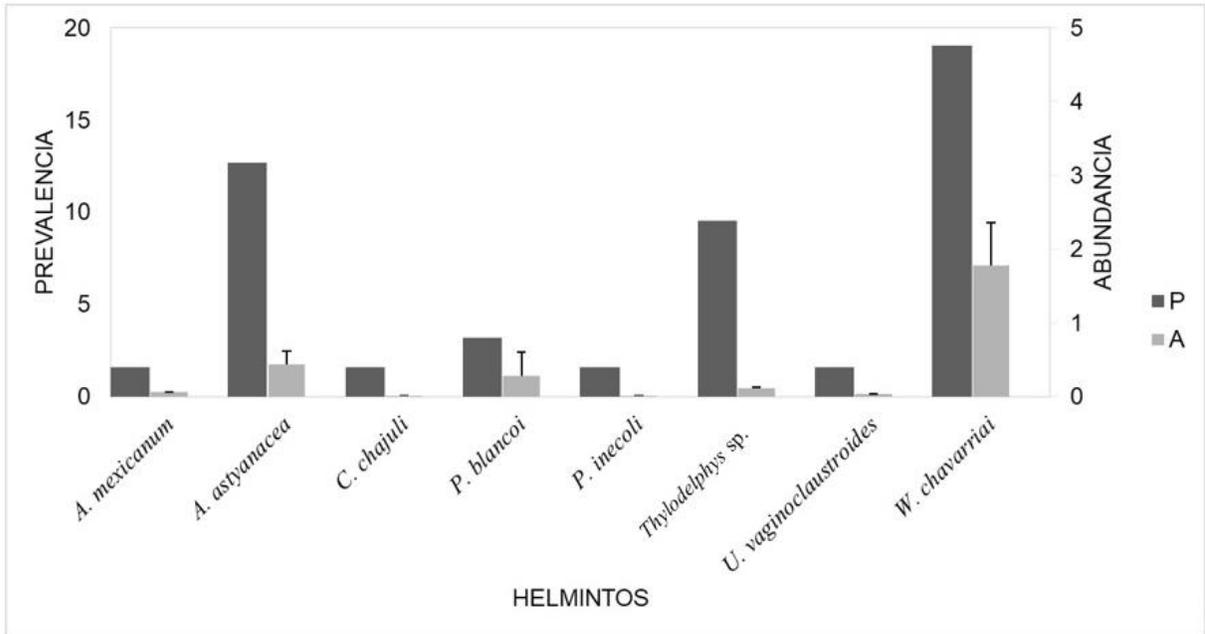
**Tabla 1. Parámetros de infección por helmintos en cada especie de pez, colectados durante los muestreos del arroyo Danta en la RBMA.** hospederos parasitados (H.P.), total de helmintos (T.H.), rango de infección (R.I.), prevalencia (P), abundancia (A), intensidad promedio (I.P.) y desviación estándar (SD).

Hospedero	Helmintos	H.P.	T.H.	R.I.	P	A	I.P
<i>Astyanax brevimanus</i> (63)	<i>Allocreadium mexicanum</i>	1	4	1	1.59	0.06 ± 0	4 ± 0
	<i>Auriculostoma astyanacea</i>	8	28	1-8	12.70	0.44 ± 0.18	3.5 ± 1.41
	<i>Cacatuocotyle chajuli</i>	1	1	1	1.59	0.02 ± 0	1 ± 0
	<i>Paracreptotrema blancoi</i>	2	18	1-2	3.18	0.29 ± 0.31	9 ± 9.90
	<i>Phyllodistomum inecoli</i>	1	1	1	1.59	0.02 ± 0	1 ± 0
	<i>Thylodelphys</i> sp.	6	7	1-6	9.52	0.11 ± 0.02	1.17 ± 0.24
	<i>Urocleidoides vaginoclaustroides</i>	1	2	1	1.59	0.03 ± 0	2 ± 0
	<i>Wallinia chavarriai</i>	12	112	1-12	19.05	1.78 ± 0.58	9.33 ± 3.06
<i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i> (91)	<i>Acanthostomum minimum</i> (metac)	7	182	1-7	7.69	2 ± 1.14	26 ± 14.85
	<i>Paracreptotrematoides heterandriae</i>	32	81	1-32	35.16	0.89 ± 0.17	2.53 ± 0.57
	<i>Phyllodistomum inecoli</i>	25	62	1-25	27.47	0.68 ± 0.35	2.48 ± 1.27
	<i>Spinitectus mexicanus</i>	5	5	1-5	5.49	0.05 ± 0	1 ± 0
	<i>Uvulifer ambloplitis</i>	6	25	1-6	6.59	0.27 ± 0.20	4.17 ± 3.06
<i>Xiphohorus helleri</i> (66)	<i>Phyllodistomum inecoli</i>	5	5	1-5	7.58	0.08 ± 0	1 ± 0
	<i>Thylodelphys</i> sp.	1	1	1	1.52	0.02 ± 0	1 ± 0
<i>Rhamdia guatemalensis</i> (15)	<i>Acanthostomum minimum</i> (adulto)	2	5	1-2	13.33	0.33 ± 0.09	2.5 ± 0.71
	<i>Genarcella isabelae</i>	1	1	1	6.67	0.07 ± 0	1 ± 0
	<i>Phyllodistomum</i> sp.	1	2	1	6.67	0.13 ± 0	2 ± 0
	<i>Posthodisplostomum minimum</i>	2	13	1-2	13.33	0.86 ± 0.66	6.5 ± 4.95
<i>Cynodonichthys tenuis</i> (18)	<i>Paracreptotrematoides heterandriae</i>	13	27	1-13	72.22	1.5 ± 1.19	2.08 ± 1.65

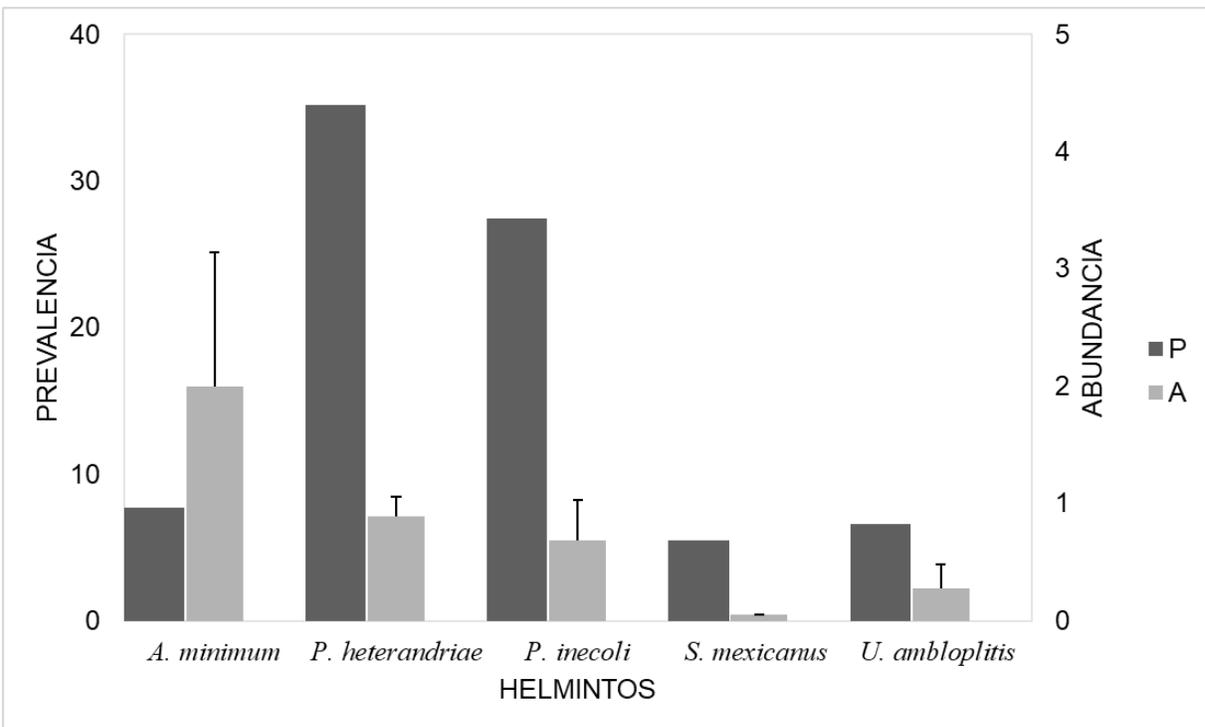
**Tabla 2. Parámetros de infección por helmintos en los peces del arroyo Danta en la RBMA.** hospederos parasitados (H.P.), total de helmintos (T.H.), rango de infección (R.I.), prevalencia (P), abundancia (A), intensidad promedio (I.P.) y desviación estándar (SD).

<b>Helmintos</b>	<b>H.P.</b>	<b>T.H.</b>	<b>R.I.</b>	<b>P</b>	<b>A</b>	<b>I.P</b>
<i>Acanthostomum minimum</i>	9	187	1-9	3.56	0.74 ± 1.14	20.78 ± 21.04
<i>Allocreadium mexicanum</i>	1	4	1	0.40	0.02 ± 0	4 ± 0
<i>Auriculostoma astyanacea</i>	8	28	1-8	3.16	0.11 ± 0.40	3.5 ± 1.41
<i>Cacatuocatyle chajuli</i>	1	1	1	0.40	0.00 ± 0	1 ± 0
<i>Genarcella isabelae</i>	1	1	1	0.40	0.00 ± 0	1 ± 0
<i>Paracreptotrema blancoi</i>	2	18	1-2	0.79	0.07 ± 1.1	9 ± 9.90
<i>Paracreptotrematoides heterandriae</i>	45	108	1-45	17.79	0.43 ± 0.60	2.40 ± 1.33
<i>Phyllodistomum inecoli</i>	30	68	1-30	11.86	0.27 ± 0.46	2.27 ± 1.04
<i>Phyllodistomum</i> sp.	1	2	1	0.40	0.01 ± 0	2 ± 0
<i>Posthodispllostomum minimum</i>	2	13	1-2	0.79	0.05 ± 0.76	6.50 ± 4.95
<i>Spinitectus mexicanus</i>	5	5	1-5	1.98	0.02 ± 0	1 ± 0
<i>Thylodelphys</i> sp.	7	8	1-7	2.77	0.03 ± 0.18	1.14 ± 0.18
<i>Urocleidoides vaginoclaustroides</i>	1	2	1	0.40	0.01 ± 0	2 ± 0
<i>Uvulifer ambloplitis</i>	6	25	1-6	2.37	0.10 ± 0.74	4.17 ± 3.06
<i>Wallinia chavarraia</i>	12	112	1-12	4.74	0.44 ± 0.33	9.33 ± 3.06

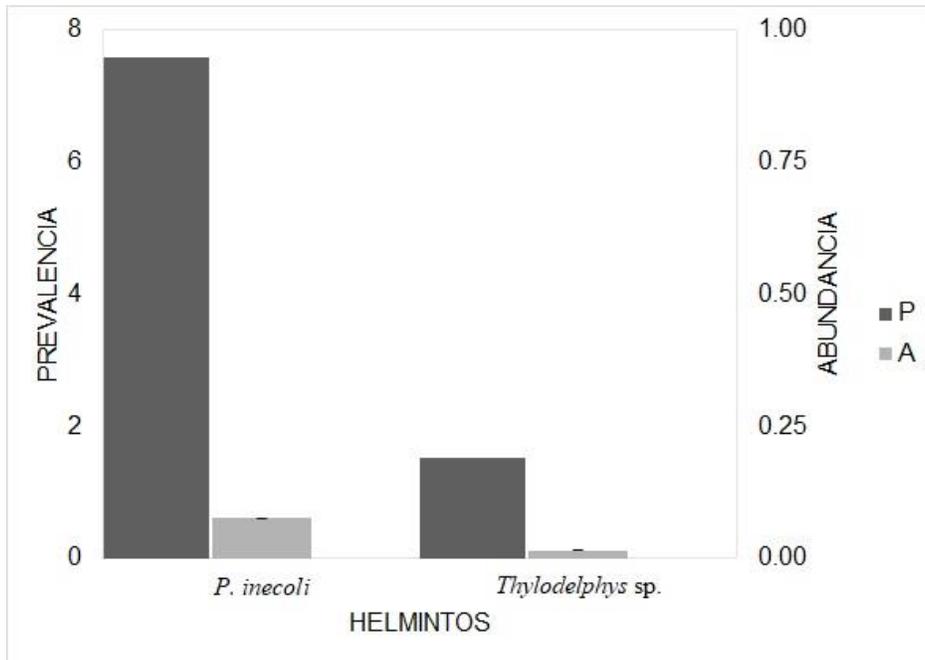
**Gráfica 1: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en *Astyanax brevimanus*.**



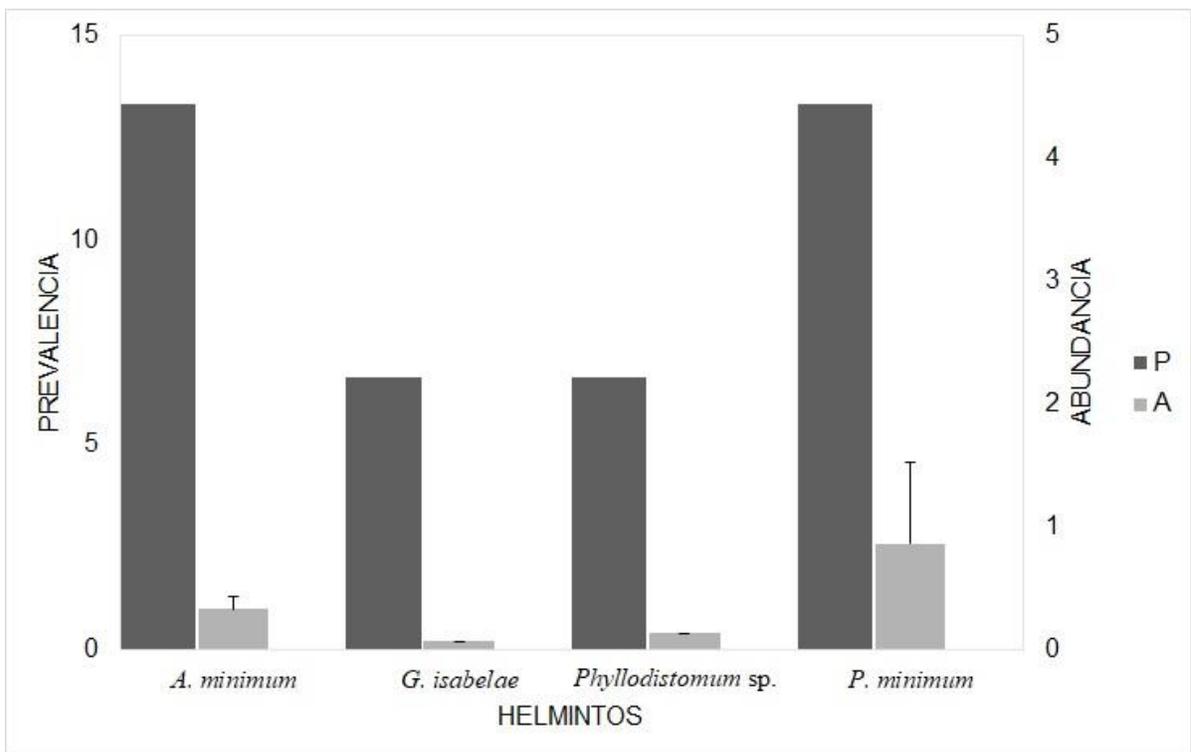
**Gráfica 2: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en *Pseudoxiphophorus bimaculatus*.**



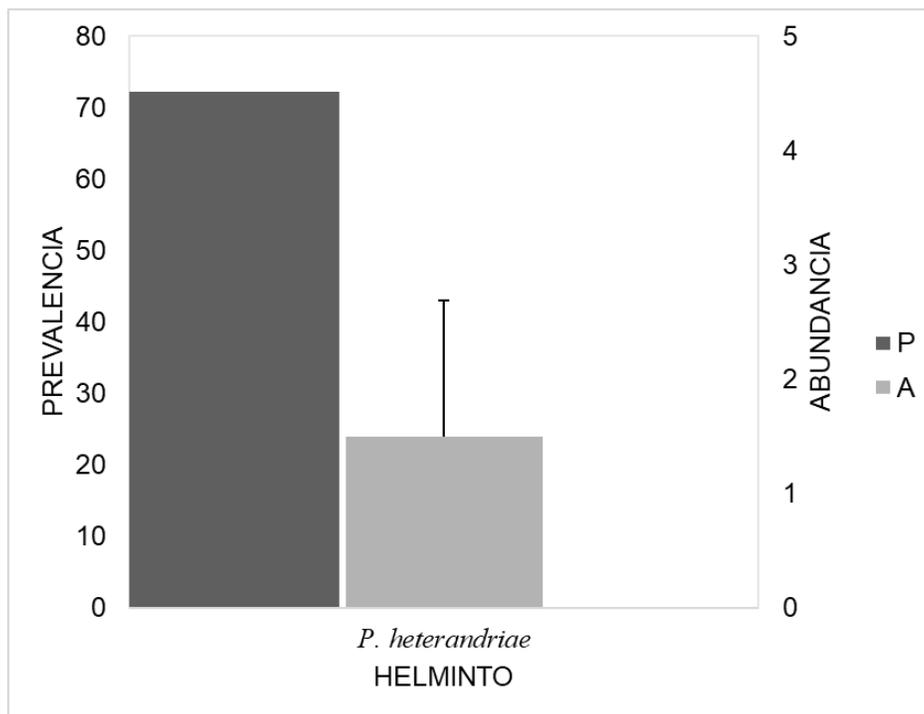
**Gráfica 3: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en *Xiphophorus helleri*.**



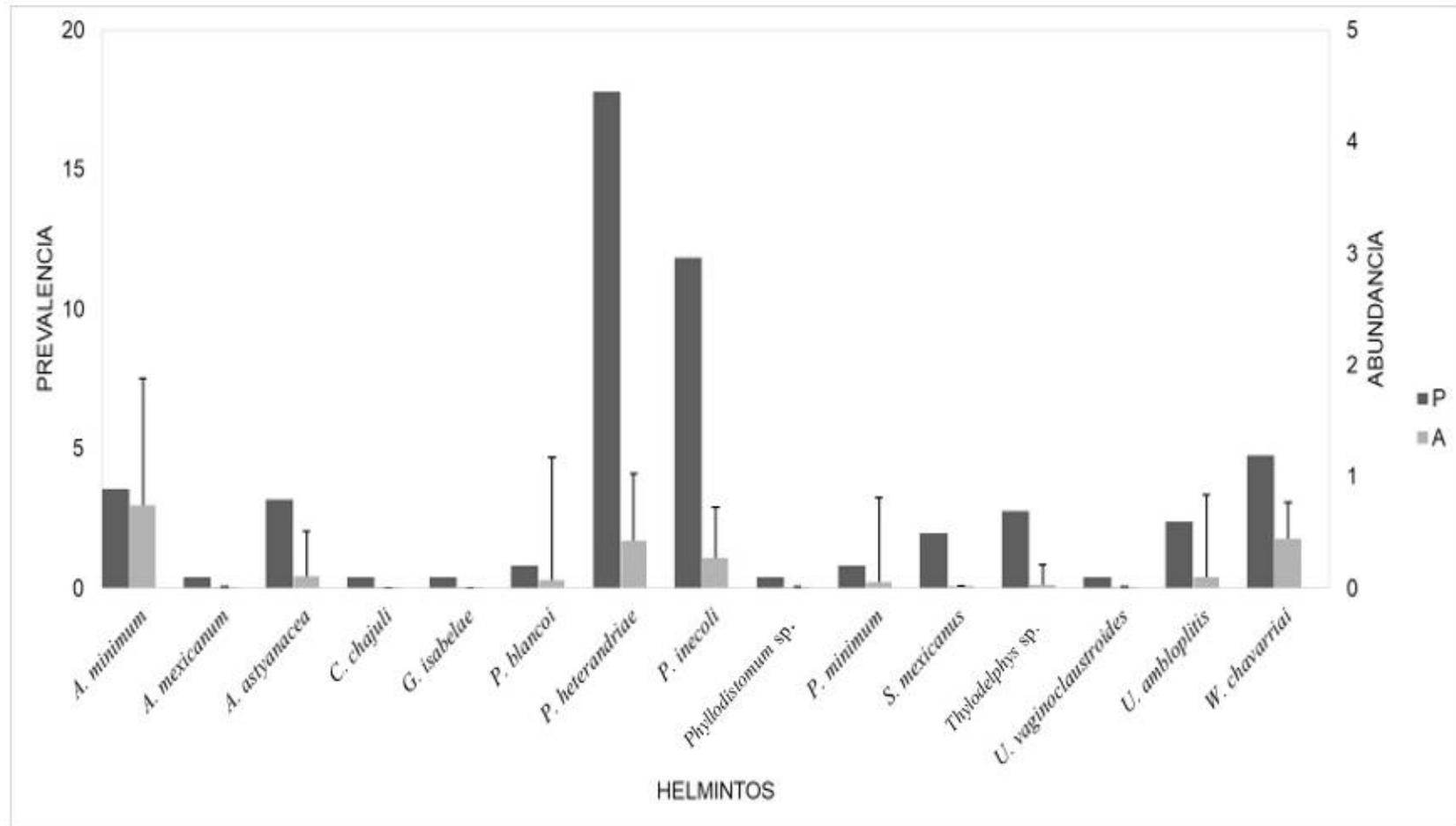
**Gráfica 4: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en *Rhamdia guatemalensis*.**



**Gráfica 5: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis en *Cynodonichthys tenuis*.**



Gráfica 6: Variación de la prevalencia y abundancia de la helmintiasis de los peces en la localidad Danta.



## Comparación de la helmintofauna en los peces del arroyo Danta durante los años 2015, 2016 y 2017

En el año 2015 se registraron 8 especies de helmintos. Cinco tremátodos adultos: *Allocreadium mexicanum*, *Auriculostoma astyanaceae*, *Paracreptotrematoides heterandriae*, *Phyllodistomum inecoli* y *Wallinia chavarriai*; dos metacercarias: *Acanthostomum minimum* y *Tylodelphys* sp.; y el nemátodo *Spinitectus mexicanus*. Hallados en dos especies de peces: *Astyanax brevimanus* y *Pseudoxiphophorus bimacultus*. En caso del año 2016 solo se registraron 7 helmintos. Cuatro tremátodos (adultos): *Paracreptotrema blancoi*, *Paracreptotrematoides heterandriae*, *Phyllodistomum inecoli* y *Wallinia chavarriai*; una metacercaria: *Tylodelphys* sp.; y dos monogéneos: *Cacatuocotyle chajuli* y *Urocleidoides vaginoclaustroides*. Encontrados en cuatro especies de peces: *Astyanax brevimanus*, *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, *Xiphophorus helleri* y *Cynodonichthys tenuis*. Mientras en el año 2017 se encontraron 9 helmintos. Seis tremátodos adultos: *Acanthostomum minimum*, *Genarcella isabelae*, *Paracreptotrematoides heterandriae*, *Phyllodistomum inecoli*, *Phyllodistomum* sp. y *Wallinia chavarriai*; tres metacercarias: *Acanthostomum minimum*, *Posthodisplostomum minimum* y *Uvulifer ambloplitis*; y un nemátodo adulto: *Spinitectus mexicanus*. Colectados de cinco especies de peces: *Astyanax brevimanus*, *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, *Xiphophorus helleri*, *Rhamdia guatemalensis* y *Cynodonichthys tenuis* (Tabla 3).

**Tabla 3. Lista de helmintos encontrados en los peces del arroyo Danta en cada año (2015-2017).** Los números próximos a los paréntesis indican el número de hospederos en los que se encontró la especie de helminto. Los números entre paréntesis representan el número total de hospederos examinados para cada año.

<b>Helmintos</b>	<b>Hospederos</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<i>Acanthostomum minimum</i>	<i>Pseudoxiphophorus bimacultus</i>	1 (40)	0 (20)	6 (31)
	<i>Rhamdia guatemalensis</i>		0 (2)	2 (13)
<i>Allocreadium mexicanum</i>	<i>Asyanax brevimanus</i>	1 (26)	0 (20)	0 (17)
<i>Auriculostoma astyanacea</i>	<i>Asyanax brevimanus</i>	8 (26)	0 (20)	0 (17)
<i>Cacatuocatyle chajuli</i>	<i>Asyanax brevimanus</i>	0 (26)	1 (20)	0 (17)
<i>Genarcella isabelae</i>	<i>Rhamdia guatemalensis</i>		0 (2)	1 (13)
<i>Paracreptotrema blancoi</i>	<i>Asyanax brevimanus</i>	0 (26)	2(20)	0 (17)
<i>Paracreptotrematoides heterandriae</i>	<i>Pseudoxiphophorus bimacultus</i>	12 (40)	6 (20)	14 (31)
	<i>Cynodonichthys tenuis</i>		11 (11)	2 (7)
<i>Phyllodistomum inecoli</i>	<i>Asyanax brevimanus</i>	0 (26)	1 (20)	0 (17)
	<i>Pseudoxiphophorus bimacultus</i>	7 (40)	6 (20)	12 (31)
	<i>Xiphophorus helleri</i>	0 (14)	4 (22)	1 (30)
<i>Phyllodistomum</i> sp.	<i>Rhamdia guatemalensis</i>			1(13)
<i>Posthodispllostomum minimum</i>	<i>Rhamdia guatemalensis</i>		0 (2)	2 (13)
<i>Spinitectus mexicanus</i>	<i>Pseudoxiphophorus bimacultus</i>	3 (40)	0 (20)	2 (31)
<i>Thylodelphys</i> sp.	<i>Asyanax brevimanus</i>	4 (26)	2 (20)	0 (17)
	<i>Xiphophorus helleri</i>	0 (14)	1 (22)	0 (30)
<i>Urocleidoides vaginoclaustroides</i>	<i>Asyanax brevimanus</i>	0 (26)	1 (20)	0 (17)
<i>Uvulifer ambloplitis</i>	<i>Pseudoxiphophorus bimacultus</i>	0 (40)	0 (20)	6 (31)
<i>Wallinia chavarriai</i>	<i>Asyanax brevimanus</i>	1 (26)	1 (20)	10 (17)

## 7. Discusión

El presente trabajo aporta información sobre la helmintofauna de los peces dulceacuícolas del arroyo Danta en la Reserva de la Biosfera Montes Azules en el estado de Chiapas, México. En este estudio se logró identificar a las especies de helmintos que parasitan a los peces del arroyo Danta, en lo cual se reporta un total de 15 especies de helmintos parásitos. Permitiendo aportar un listado helmintofaunístico actualizado que incluyen 12 especies de tremátodos (9 adultos y 4 metacercarias), 2 monogéneos y 1 nemátodo en estadio adulto.

Salgado-Maldonado y colaboradores (2011a) realizaron un trabajo donde aportan datos sobre la helmintofauna de los peces dulceacuícolas del estado de Chiapas. En este trabajo reportan la presencia de 88 especies de helmintos de las cuales solo seis de ellas son compartidas en los resultados del presente estudio. Entre las que sobresale dos tremátodos adultos: *Auriculostoma astyanacea* y *Genarcella isabellae*; tres metacercarias: *Acanthostomum minimum*, *Posthodiplostomum minimum* y *Tylodelphys* sp.; y el nemátodo adulto *Spinitectus mexicanus*. En cambio, en el seguimiento del estudio anterior en 2011b, Salgado-Maldonado y colaboradores reportaron *Posthodiplostomum minimum* y *Uvilifer ambloplitis*, dos metacercarias que se reportan en este presente estudio.

Mientras en el caso del inventario publicado en 2014 por Salgado-Maldonado y colaboradores solo once helmintos de las 67 especies de helmintos reportados por ellos se encuentran en este estudio. En caso de los tremátodos solo se registra cuatro especies (adultos): *Auriculostoma astyanacea*, *Paracreptotrematroides heterandriae*, *Walliana chavarria* y *Genarcella isabellae*; y cuatro metacercarias: *Acanthostomum minimum*, *Posthodiplostomum minimum*, *Tylodelphys* sp. y *Uvilifer ambloplitis*; los monogéneos *Cacatuocotyle chajuli* y *Urocleidoides vaginoclaustroides*; y el nemátodo adulto *Spinitectus mexicanus*.

Pero en lo que no concuerda el estudio de Salgado-Maldonado *et al.*, 2014 con el presente inventario es que ellos reportan el helminto *Phyllodistomum* sp., como una posible nueva especie en *Pseudoxiphophorus bimaculatus*. Lo que es incorrecto ya que esta especie ya fue identificada como *Phyllodistomum inecoli*, la cual fue reportada en 2013 por Razo-Mendivil y colaboradores en la vejiga urinaria de *Heterandria bimaculata*. Incluso reportan al pez *Rivulus tenuis* de la familia Aplochelidae lo cual es erróneo, porque es *Cynodonichthys tenuis* de la familia Rivulidae.

Comparando los resultados del presente estudio con los listados publicados para el estado de Chiapas y la RBMA (Salgado-Maldonado *et al.*, 2011a, b; Salgado-Maldonado *et al.*, 2014), se reporta nuevos helmintos como hospederos. En caso de los helmintos, se reporta la presencia de *Allocreadium mexicanum* y *Paracreptotrema blancoi* en *Astyanax brevimanus* y *Phyllodistomum* sp. en *Rhamdia guatemalensis* no reportados en los anteriores inventarios; y en caso de los nuevos hospederos, se reporta la presencia de los tremátodos: *Paracreptotrematroides heterandriae* en *Cynodonichthys tenuis*; *Genarchella isabellae* en *Rhamdia guatemalensis*; *Phyllodistomum inecoli* en *Xiphophorus helleri*; y *Acanthostomum minimum* (adulto) en *Rhamdia guatemalensis*. Mientras las metacercarias *Posthodiplostomum minimum* en *Rhamdia guatemalensis* y *Tylodelphys* sp. en *Xiphophorus helleri*. Además, se reporta el nombre correcto del pez *Astyanax aeneus*, el cual es *Astyanax brevimanus* pez que fue reportado por Schmitter-Soto, en 2017.

Respecto a las especies de peces del arroyo Danta reportadas en este estudio, la familia Poeciliidae fue la más abundante, seguido de la familia Characidae, Heptapteridae y Rivulidae. Mientras el hospedero más parasitado es el carácido *Astyanax brevimanus*, en la que se registró 8 especies de helmintos. Lo cual es debido a que es un pez que abarca una amplia distribución geográfica por lo cual se distribuye de manera natural en la subcuenca del río Lacantún (Lozano-Vilano *et al.*, 2007). Además, interfiere la intensidad con que ha sido muestreado, el número de

peces de esta especie que han sido examinados y el número de campañas en que ha sido colectado el pez (Salgado-Maldonado *et al.*, 2011b).

De los helmintos registrados en este estudio 12 de las 15 especies (el 98.62%) de helmintos son tremátodos, siendo el grupo más numeroso de igual manera que en los inventarios publicados por Salgado-Maldonado *et al.*, 2011a, b y Salgado-Maldonado *et al.*, 2014. Lo cual es debido a que los tremátodos tienen un ciclo de vida indirecto o heteroxeno lo cual requieren de uno, dos o más hospederos intermediarios para complementar su ciclo de vida. Por lo cual los tremátodos tienen una alta distribución de tal manera que llegan a infectar a un gran número de hospederos. Además, influye las características biológicas del pez (hospedero): como su tipo de alimentación, la densidad de sus poblaciones o la amplitud de su distribución geográfica.

En cuanto a la caracterización de la helmintiasis, en los inventarios publicados con anterioridad para el estado de Chiapas como de la RBMA (Salgado-Maldonado *et al.*, 2011a, b; Salgado-Maldonado *et al.*, 2014), no reportan los parámetros de infección (prevalencia, abundancia e intensidad promedio y rango de infección) o solo unos cuantos, los cuales permiten determinar las infecciones de los helmintos en sus hospederos. Mientras tanto en este estudio se reporta los parámetros arriba mencionados no solo de manera general en los helmintos en los peces del arroyo Danta sino también en cada helminto encontrado en cada especie de pez reportado, lo cual permite tener amplio conocimiento de las comunidades de helmintos. Por lo tanto, se deben de considerar y complementar en inventarios futuros ya que estos son necesarios para tener un marco de referencia para la identificación, documentación y monitoreo de especies en una región determinada, tal y como se realizó en este estudio para el arroyo Danta.

En caso de la comparación de la helmintofauna en los peces del arroyo Danta del año 2015 al 2017; en el año 2015 se registraron ocho helmintos parásitos menos el tremátodo *Genarcella isabellae*; las metacercarias: *Posthodiplostomum minimum* y

*Uvulifer ambloplitis*; y los monogéneos: *Cacatuocotyle chajuli* y *Urocleidoides vaginoclaustroides*. Mientras en el año 2016 se encontraron siete helmintos parásitos, excepto los tremátodos adultos *Acanthostomum minimum*, *Allocreadium mexicanum*, *Auriculostoma astyanacea* y *Genarchella isabelae*; las metacercarias *Acanthostomum minimum*, *Posthodispllostomum minimum* y *Uvulifer ambloplitis*; y el nemátodo *Spinitectus mexicanus*. Y en caso del año 2017 solo se hallaron nueve helmintos menos dos tremátodos *Allocreadium mexicanum* y *Auriculostoma astyanacea*; la metacercaria *Thylodelphys* sp.; y los monogéneos *Cacatuocotyle chajuli* y *Urocleidoides vaginoclaustroides*.

Esta variación que se observa en los helmintos registrados y no reportados anualmente es posiblemente por el número de colectas realizadas en cada año. Puesto que en el año 2015 y 2017 se realizaron tres salidas, mientras en el año 2016 solo se realizaron dos salidas por lo cual se observa menos helmintos registrados en este año que en los otros dos años. Otros factores que probablemente interfirieron en esta variación, sería la estacionalidad (lluvias y secas), las características biológicas de los hospederos (tipo de alimentación, la densidad de sus poblaciones o la amplitud de su distribución geográfica) o los ciclos de vida de los helmintos.

## 8. Conclusión

En este trabajo se generó un inventario de la helmintofauna de los peces dulceacuícolas del arroyo Danta en la Reserva de la Biosfera Montes Azules, Chiapas, México. Donde la comunidad de helmintos se vio constituida por quince especies de parásitos; doce especies de tremátodos (nueve adultos y cuatro metacercarias), dos monogéneos y un nemátodo adulto.

Además, el presente inventario aporta información actualizada de los helmintos parásitos como de los peces del arroyo Danta. Encima se determinó que *Phyllodistomum* sp., no es una nueva especie en *Pseudoxiphophorus bimaculatus* sino una especie ya identificada llamada *Phyllodistomum inecoli*; también se reporta el nombre correcto de los peces: *Cynodonichthys tenuis* de la familia Rivulidae y de *Astyanax brevimanus* de la familia Characidae; y se informa nuevos hospederos para *Paracreptotrematoides heterandriae*, *Genarchella isabellae*, *Phyllodistomum inecoli*, *Acanthostomum minimum* (adulto), *Posthodisplostomum minimum* y *Tylodelphys* sp.

En cuanto a la caracterización de las helmintiasis en cada pez y de manera en general de los peces del arroyo Danta, los tremátodos *Paracreptotrematoides heterandrie* y *Phyllodistomum inecoli* reportan los mayores valores de prevalencia y abundancia. Lo cual nos indica que el arroyo Danta muestra una gran diversidad en las comunidades de invertebrados acuáticos los cuales forman parte de los ciclos de vida de los tremátodos.

Por último, mediante este estudio se demuestra que el arroyo Danta cuenta con un número importante de especies de helmintos que son parte de la biodiversidad. Por lo tanto, es importante continuar la documentación y el estudio de los parásitos de los peces de la RBMA como del estado de Chiapas, con el fin de lograr un inventario lo más completo posible ya que estos son necesarios para tener un marco de referencia para la identificación, documentación y monitoreo de especies en una región determinada.

## 9. Referencias

Bray, R. A, Gibson, D. I. y Jones, A. (2008). Keys to the trematoda. Volume 3. The Natural History Museum, London, UK. CABI Publishing and The Natural History Museum. Pp. 1-807.

Busing, W. A. (1998). Peces de las aguas continentales de Costa Rica/ Fresh fishes of Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Carabias, J., de la Maza J., & Cadena, R. (coords.) (2015). *Conservación y Desarrollo Sustentable en la Selva Lacandona. 25 años de actividades y experiencias*. México. Natura y Ecosistemas Mexicanos.

Caspeta-Mandujano, J. M., Cabañas-Carranza, G. y Mendoza-Franco, E.F. (2009). Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas mexicanos (Caso Morelos). México. AGT EDITOR, S.A. pp. 31-36.

Caspeta-Mandujano, J. M. (2010). Nemátodos parásitos de agua dulce de México: clave de identificación, descripción y distribución de las especies. AGT, México, D. F. 216 p.

D'artola-Barceló, A.L., Rodríguez-Arias, L. y Páramo-Delgadillo, S. (2008). Estudio citogenético en la sardina de agua dulce *Astyanax aeneus* (Pisces: Characidae). Semana de la Divulgación y Video Científico, 302-306.

Espinosa-Pérez, H., Ramírez-Martínez, C., Martínez-Castro, A. y Lambarri-Martínez, C. (2019). LOS PECES DEL RIO LACANTÚN. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Natura y Ecosistemas mexicanos, A.C. primera edición. pp. 13-105.

García-Prieto, Berenit Mendoza-Garfias, B. y Pérez-Ponce de León, G. (2014). Biodiversidad de Platyhelminthes parásitos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S164-S170.

García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D. y Lamothe-Argumedo, M.R. (2014). Biodiversidad de Nematoda parásitos de vertebrados en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S171-S176.

García-Prieto, L., García-Varela, M. y Mendoza-Garfias, B. (2014). Biodiversidad de Acanthocephala en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: S177-S182.

Gibson, D. I., Jones, A. y Bray, A. (2002). Keys to the trematoda. Volume 1. The Natural History Museum, London, UK. CABI Publishing and The Natural History Museum. pp. 1-544.

Jones, A., Bray, A. y Gibson, D. I. (2005). Keys to the trematoda. Volume 2. The Natural History Museum, London, UK. CABI Publishing and The Natural History Museum. pp. 1-544.

Khalil, L. F. (1994). Family Progynotaeniidae Fuhrmann, 1936. In L. F. Khalil, A. Jones & R. A. Bray (Eds.), Keys to the cestode parasites of vertebrates (pp. 381-385). Wallingford: CAB International.

Lozano-Vilano, M.L., Garcia-Ramirez, M. G., Contreras-Balderas, S. y Ramirez-Martinez, C. (2007). Diversity and conservation status of the Ichthyofauna of the Río Lacantún basin in the Biosphere Reserve Montes Azules, Chiapas, México. *Zootaxa*, 1410:43-53.

Margolis, L., Esch, G., Holmes, J., Kuris, A. y Schard, G. (1982). The use of ecological terms in Parasitology. *J. Parasitol.* 68: 131-133.

Pérez-Ponce de León, G. y García-Prieto, L. (2001). Diversidad de helmintos de México. CONABIO. *Biodiversitas*, 37: 7-11.

Ulises 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 twospot livebearer, Heterandria bimaculata (Teleostei: Poeciliidae), in Central Veracruz, Mexico. *Parasitol Research*, 112: 4137–4150.

Roberts, L. y J. Janovy. (2005). Foundations of Parasitology (7th edition). McGraw-Hill, New York. 702 p.

Salgado-Maldonado, G. (1979). Procedimientos y técnicas generales empleados en los estudios helmintológicos. Departamento de Pesca, Dirección General de Acuicultura, SAGARPA, México, D.F. 53p.

Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Pineda-López, R. F., Capeta-Mandujano, J. M., Aguilar-Castellanos, E. y Mercado-Silva, N. (2004a). Helminth Parasites Freshwater Fishes of the Pánuco River Basin, East Central Mexico. *Comp. Parasitol.* 71(2), 190-202.

Salgado-Maldonado, G. y Pineda-López, R., García-Magaña, L., López-Jimenez, S., Vidal-Martínez, V.M y Aguirre-Macedo, L. (2004b). Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. *Biodiversidad del Estado de Tabasco*, 6: 93-114.

Salgado-Maldonado, G. Aguilar-Aguilar, R., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E. y Mendoza-Palmer, C. (2005). Helminth parasites in freshwater fish from the Papaloapan river basin, Mexico. *Parasitology Research*, 96: 69-89.

Salgado-Maldonado, G., Caspeta-Mandujano, J.M., Moravec, F., Soto-Galera, E., Cabañas-Carranza, G., Rodiles-Hernández, R. y Montoya-Mendoza, J. (2011a). Helminth parasites in freshwater fish in Chiapas, Mexico. *Parasitology Research*, 108(1): 31-59.

Salgado-Maldonado, G., Caspeta-Mandujano, J.M., Moravec, F., Soto-Galera, E., Cabañas-Carranza, G. y Rodiles-Hernández, R. (2011b). Helmintos parásitos de peces de agua dulce de Chiapas. pp. 185-207. *In* Chiapas, estudios sobre su biodiversidad biológica. Álvarez-Noruega, F. (Ed). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, México D.F. 518 pp.

Salgado-Maldonado, G., Caspeta-Mandujano, J. M., Ramírez-Martínez, C., Lozano-Vilano, L., García-Ramírez, M. E. y Mendoza-Franco, E. F. (2014). HELMINTOS PARÁSITOS DE LOS PECES DEL RIO LACANTÚN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MONTES AZULES, CHIAPAS. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Natura y Ecosistemas mexicanos, A.C. primera edición. pp. 13-147.

Schmitter-Soto, J. (2017). A revision of *Astyanax* (Characiformes: Characidae) in Central and North America, with the description of nine new species. *Journal of Natural History*. 51. 1-94. 10.1080/00222933.2017.1324050.

SEMARNAT, INE. (1995). Reservas de la Biosfera y otras Áreas Naturales Protegidas. INE. México. pp. 63-67.

SEMARNAT, INE. (2000). Programa de manejo Reserva de la Biosfera Montes Azules. INE. México. pp. 27-30.

Yamaguti, S. (1971). Synopsis of Digenetic trematodes of Vertebrates Vol. 1 Keigaku Publishing Co. Tokyo, Japan, pp. 1074.

Yamaguti, S. (1971). A synoptical review of life histories of digenetic trematodes of vertebrates with special reference to the morphology of their larval forms. Kalgaku. Tokyo, Japan.

### Referencias de internet

Atanacio, R. (1995). *Pseudoxiphophorus bimaculatus*. [Figura]. Recuperado de <https://www.fishbase.in/summary/Pseudoxiphophorus-bimaculatus.html>

Gómez-González, A. E. (2010). *Rhamdia guatemalensis*. [Figura]. Recuperado de <http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/archives/5009-Peces/Animales/Vertebrados/Peces/FM005%20042%20Rhamdia%20guatemaleis.tif.info>

Gómez-González, A. E. (2017). *Astyanax brevimanus*. [Figura]. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1080/00222933.2017.1324050>

Gómez-González, A. E., Velázquez-Velázquez, Ernesto, & Anzueto-Calvo, Manuel de Jesús. (2014). *Xiphophorus helleri*. [Figura]. Recuperado de <https://doi.org/10.7550/rmb.35174>

Vermeulen, F. (2004). *Cynodonichthys tenuis*. [Figura]. Recuperado de <https://www.fishbase.se/Summary/SpeciesSummary.php?id=49439&lang=spanish>

## Apéndice 1

### Biología del hospedero

#### *Astyanax brevimanus*

**Familia:** Characidae

**Nombre común:** es conocido como “Quiché tetra” o “sardinita del Quiché”.

**Distribución geográfica:** en la vertiente del Atlántico, de parte alta de la cuenca del Grijalva-Usumacinta en Chiapas, México, hasta el sur y este de Quiché, Baja Verapaz, Guatemala (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Hábitat:** tolera una amplia variedad de hábitat, ríos y arroyos. Es uno de los peces mesoamericanos más ubicuos, pero ausente en altitudes superiores a los 1,100 m (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Alimentación:** es omnívoro, con alimentos muy diversos que van desde algas, semillas, hojas, insectos acuáticos y terrestres hasta peces pequeños de cualquier especie.

**Talla:** 140 mm de LT.

**Importancia:** usado como alimento para consumo humano y carnada.

**Reproducción:** Engendra durante la mayor parte del año en algunos sitios o estacionalmente en otros lugares.

**Descripción:** son peces de color plateado muy brillante, en la parte dorsal tiene un ligero color verdoso; se distinguen por tener una línea a todo lo largo del cuerpo de color verde amarillento pálido; a la altura del pedúnculo caudal se localiza una mancha oscura en forma de rombo alargado, las aletas caudal y anal son de color rojo; presentan un ligero dimorfismo sexual, en la aleta anal, los machos presentan radios aserrados. La mayoría de los dientes en los huesos maxilares son tricúspides, los cuatro dientes premaxilares principales son pentacúspides y la mandíbula inferior no está alargada en adultos, la boca es relativamente pequeña. El cuerpo es elevado

o alto, comprimido. Son peces muy activos, nunca reposan, siempre se desplazan a media agua (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).



Figura 4. *Astyanax brevimanus* (Gómez-González, 2017).

## Apéndice 2

### Biología del hospedero

#### *Pseudoxiphophorus bimaculatus*

**Familia:** Poeciliidae

**Nombre común:** es conocido como “guatopote manchado”.

**Distribución geográfica:** vertiente del Atlántico, en los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Yucatán, desde la parte media y baja del río Misantla en Veracruz, hacia el sur en el río Prizapolka en Nicaragua (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Hábitat:** es una especie de agua dulce fría o cálida, que puede vivir en ambientes salobres. Habita en ambientes lénticos y lóticos, con abundante vegetación sumergida y en las orillas (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Alimentación:** se alimenta de insectos acuáticos y terrestres.

**Talla:** hembras hasta 15 cm y machos 7 cm.

**Importancia:** ornamental.

**Reproducción:** Vivíparo, no presenta estacionalidad en la reproducción, pero tiene ciclos de máxima maduración en los meses de febrero a junio. El periodo de gestación dura de cuatro a seis semanas y la hembra puede llegar a tener hasta 100 alevines. Estos miden de 12 a 15 milímetros al nacer y crecen con rapidez. Al cabo de poco tiempo ya luchan entre sí igual que sus progenitores. Al cabo de una semana ya están completamente pigmentados y a los seis meses alcanzan su madurez sexual.

**Descripción:** peces pequeños de cuerpo alargado, comprimido y los machos presentan un gonopodio muy desarrollado; las hembras alcanzan un tamaño considerable a diferencia de los machos. La altura máxima del cuerpo aproximadamente es igual a la longitud cefálica. La altura de la cabeza cabe de 3-4

veces en la longitud patrón. En la línea lateral presenta 28-31 escamas. Presenta una coloración azul grisáceo tornasol muy claro, con el reflejo de la luz algunas escamas del opérculo se ven de color azul plateado y doradas. La aleta dorsal de color dorado. Las escamas presentan bordes oscuros en forma de una banda. Exhiben una mancha negra muy evidente en el pedúnculo caudal ligeramente desplazada a la parte dorsal y otra en el opérculo, está muy pequeña. En los ejemplares sexualmente maduros muestran tonalidades verdes por los costados (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).



Figura 5. *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (Atanacio, 1995).

## Apéndice 3

### Biología del hospedero

#### *Xiphophorus helleri*

**Familia:** Poeciliidae

**Nombre común:** es conocido como “cola de espada” o “espadita”.

**Distribución geográfica:** vertiente del Atlántico. En México en los estados de Veracruz, Tabasco, Campeche, Chiapas y Quintana Roo, desde el río Nautla hacia el sur del río Usumacinta, en México y Guatemala y en el río Sarstún en Belice (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Hábitat:** en estanques, manantiales, arroyos sombreados a menudo rocosos, zanjas, lagunas abiertas y ríos con sustratos muy variados; aguas claras a turbias, presentan a menudo en aguas con altos grados de contaminación con corriente de nula a moderada (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Alimentación:** se alimentan de gusanos, crustáceos, insectos y materia vegetal.

**Talla:** machos hasta 14 cm LT y hembras 16 cm de LT.

**Importancia:** ornamental.

**Reproducción:** son peces ovovivíparos. Las hembras producen de 20 a 200 crías después de un período de gestación de 24 a 30 días. Alcanza la madurez sexual después de ocho a doce meses.

**Descripción:** la forma del cuerpo es alargada, lateralmente comprimida y el pedúnculo caudal es muy alto en comparación con otros pecílidos. Escamas en la serie longitudinal de la línea lateral 26 a 39. Una característica muy importante y notoria es una proyección larga en la parte inferior de la aleta caudal en machos, de ahí su nombre. Presenta una coloración verde en los costados del cuerpo, las colas de los machos también tienen un color verde metálico enmarcado por un filo negro a los lados sobresaliendo una línea roja a todo lo largo del cuerpo. El dorso tiene un

verde más oscuro que en los flancos, la aleta dorsal presenta pequeños puntos rojos y negros (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).



Figura 6. *Xiphophorus helleri* (macho izquierda, hembra derecha) (Gómez-González, Velázquez-Velázquez y Anzueto-Calvo, 2014).

## Apéndice 4

### Biología del hospedero

#### *Rhamdia guatemalensis*

**Familia:** Heptapteridae

**Nombre común:** se conocido como “bagre” o “juil descolorido”.

**Distribución geográfica:** vertiente del Atlántico de la cuenca del río Chachalacas al norte de Veracruz hasta la península de Yucatán y todo Centroamérica; en la vertiente del Pacífico en la cuenca del río Tehuantepec (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Hábitat:** es una especie bentopelágica que se encuentra en diferentes cuerpos de agua dulce, desde ambientes loticos hasta lénticos (lagos, lagunas, presas, charcas y cenotes). Es abundante desde aguas tranquilas hasta de velocidad moderada. También se ha reportado en cuevas o grutas, sobre todo en la península de Yucatán, donde además se han encontrado algunos ejemplares con ojos muy pequeños, casi ausentes (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Alimentación:** Esta especie tiene una dieta variada, aunque es claramente carnívora. Dentro de su dieta se encuentra organismos de los bentos sobre todo en las tallas pequeñas, por esto se infiere que se alimentan preferentemente en el fondo de los ríos depredando sobre larvas y ninfas de insectos, al aumentar de talla consumen organismos de otros niveles de la columna de agua y de mayor tamaño como son decápodos y peces, sin dejar de consumir organismos de los bentos.

**Talla:** 46 cm LT.

**Importancia:** ornato y poco utilizado como alimento de consumo humano.

**Descripción:** cuerpo alargado ventralmente. Las barbillas maxilares sobrepasan la aleta pélvica. La aleta pectoral presenta una fuerte espina aserrada y 8 radios, esa espina con pequeñas pero numerosas aserraciones en los bordes posterior y anterior. Aleta caudal profundamente escotada. Presenta una coloración oscura en la región dorsal pasando la línea lateral hasta la región ventral, por debajo de la línea

lateral se torna en algunas partes un dorado tornasol. La región ventral es de color blanca. Presenta bien marcada la línea lateral. Las aletas son de color amarillo oscuro (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).



Figura 7. *Rhamdia guatemalensis* (Gómez-González, 2010).

## Apéndice 5

### Biología del hospedero

#### *Cynodonichthys tenuis*

**Familia:** Rivulidae

**Nombre común:** es conocido como “almirante del hule”.

**Distribución geográfica:** vertiente del Atlántico, en los estados de Tamaulipas y Veracruz en la parte baja del Rio Antigua, hacia el sur en los estados de Chiapas, Quintana Roo y hasta Honduras (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Hábitat:** estanques, pantanos, lagunas y arroyos de tierra bajas, en agua clara a turbia, hasta 1.3 m de profundidad, sobre fondos de lodo firme o profundo, arcilla y arena; corriente ligera o nula; vegetación normalmente abundante (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).

**Talla:** 40 mm LP.

**Importancia:** ornamental.

**Descripción:** cuerpo alargado y cilíndrico, boca subterminal. La aleta dorsal situada en la parte posterior del cuerpo, y la aleta caudal redondeada. Cuerpo con 36-40 escamas en una serie externa. Presenta una coloración marrón clara con puntos anaranjados en todo el cuerpo. Las aletas pélvica, pectoral y anal presentan coloración amarilla. El opérculo presenta una mancha azul metálico oscuro (Espinosa-Pérez *et al.*, 2019).



Figura 8. *Cynodonichthys tenuis* (Vermeulen, 2004).

## Apéndice 6

Técnicas de fijación, tinción y procedimientos para la tinción y aclaramiento de helmintos propuestas por Caspeta-Mandujano *et al.*, (2009).

### Fijadores

- **Formol salino 4%**

Formol comercial..... 4 ml  
Cloruro de sodio...0.75 gr  
Agua destilada.....100 ml

- **Formol al 4%**

Formalina.....4 ml  
Agua destilada...1000 ml

### Técnicas de tinción

- **Paracarmín de Mayer**

Ácido carmínico.....1 gr  
Cloruro de aluminio hidratado...0.5 gr  
Cloruro de calcio anhidro.....4 gr  
Alcohol etílico a 70%.....100 ml

### Procedimiento para la tinción

Colocar al organismo en alcohol al 70% (10 min.)

Teñir con Paracarmín (30 seg. -1 min.) dependiendo del grosor.

Lavar con alcohol al 70% (10 min.)

Alcohol 80% (10 min.)

Alcohol 90% (10 min.)  
Alcohol 96% (10 min.)  
Alcohol absoluto (20 min.)  
Aclarar en salicilato de metilo o aceite de clavo  
Montar en bálsamo de Canadá  
Etiquetar con datos de la colecta

· **Hematoxolina de Dalafield**

Hematoxolina a 3.5% en alcohol absoluto...100 ml  
Alumbre de amoniaco a 6.5% acuoso.....320 ml  
Glicerina Q.R.....100 ml

**Procedimiento para la tinción**

Colocar al organismo en alcohol a 70% (10 min.)  
Hidratación en alcoholes graduales:  
Alcohol 50° (10 min.)  
Alcohol 30° (10 min.)  
Agua destilada (10 min.)  
Teñir con hematoxilina (2-3 min.)  
Diferenciar en agua acidulada al 2%  
Lavar en agua destilada  
Lavar en agua común  
Alcohol 30° (15 min.)  
Lavar con agua destilada  
Alcohol 50° (15 min.)  
Alcohol 70° (15 min.)  
Alcohol 80° (15 min.)  
Alcohol 90° (15 min.)  
Alcohol 96° (15 min.)

Alcohol absoluto (15-20 min.) 2 cambios  
Aclarar en saliciato de metilo en aceite de clavo  
Montar en bálsamo de Canadá  
Etiquetar con datos de colecta

· **Tricrómica de gomori**

Cromotopo 2R.....0.6 g  
Fast Green F. CF.....0.3 g  
Ácido fosfotungstico...0.6 g  
Ácido acetico.....1 ml  
Agua destilada.....100 ml

**Procedimiento para la tinción**

Colocar al organismo en alcohol a 70% (10 min.)  
Hidratar en alcoholes graduales:  
Alcohol 50° (10 min.)  
Alcohol 30° (10 min.)  
Agua destilada (10 min.)  
Teñir con tricromica (1-5 min.) dependiendo del grosor  
Diferenciar en agua acidulada a 2% con ácido clorhídrico  
Lavar en agua destilada  
Deshidratar en alcoholes graduales:  
Alcohol 50° (15 min.)  
Alcohol 70° (15 min.)  
Alcohol 80° (15 min.)  
Alcohol 90° (15 min.)  
Alcohol 96° (15 min.)  
Alcohol absoluto (15-20 min.) 2 cambios  
Aclarar en saliciato de metilo en aceite de clavo

Montar en bálsamo de Canadá  
Etiquetar con datos de colecta

### **Técnica para aclarar monogéneos**

- **Medio de Gray-Wess**

Alcohol polivinilico...2 g  
Acetona.....7 ml  
Glicerina.....5 ml  
Ácido láctico.....5 ml  
Agua                   destilada...10 ml

### **Técnicas para aclarar nemátodos**

- **Aclarador**

Glicerina a diferentes concentraciones (1:20, 1:15, 1:10, 1:5, 1:2).

## **Apéndice 7**

### **Ciclo biológico de los helmintos**

#### **Monogéneos**

Los monogéneos tienen un ciclo biológico directo. Por tanto, no requieren hospederos intermediarios. Las fases del ciclo de vida (huevo, juvenil y adulto) se representan en el mismo hospedero, con excepción de la larva ciliada u oncomiracidio (libre nadador) que emerge del huevo, nada e infecta al hospedero definitivo. El parasito se encuentra en las branquias del pez, donde la eclosión de los huevos da origen a larvas ciliadas que nadan libres hasta las 48 horas, tiempo durante el cual tiene que fijarse a las branquias de un pez si esto no sucede las larvas mueren. Una vez adherido a las branquias, en el cual maduran, proliferan en forma abundante requiriendo de uno a cinco días para completar su ciclo biológico (García-Prieto *et al.*, 2014).

#### **Tremátodos**

En el ciclo biológico de los tremátodos, el huevo adquiere el vitelo en el ootipo, con el cual se alimenta la larva que habita dentro del huevo. El huevo es expulsado del gusano al intestino al hospedero y excretado al medio por las heces. De los huevos sobrevivientes se libera una larva ciliada llamada miracidio. Esta larva es libre nadadora y migra en busca del primer hospedero intermediario que es por lo general un molusco (gasterópodo o bivalvo). Dentro del caracol, el miracidio pierde su epidermis ciliada dando lugar a la siguiente fase de desarrollo conocida como esporocisto. Este estadio larval migra a la glándula digestiva, gónadas, manto y otras zonas del molusco. Una vez establecido, el esporocito madura y las células germinales que contiene se diferencian hasta alcanzar el estadio de redia. Una vez dentro de las redias hay células germinales que se diferencian en redias hijas y dentro de estas más células se diferencian en cercarías. Las cercarías son la forma

infectiva para el siguiente hospedero intermediario (invertebrado o vertebrado). Al penetrar al hospedero, las cercarías pierden la cola y se enquistan para desarrollarse hasta metacercias. En este estadio se mantienen en espera de que el hospedero sea comido por el hospedero definitivo, comúnmente un vertebrado que puede ser terrestre o acuático (Roberts y Janovy, 2005; García-Prieto *et al.*, 2014).

## **Nemátodos**

Los ciclos biológicos de los nematodos pueden ser directos o indirectos, con la participación de 1 o varios hospederos intermediarios (insectos acuáticos, copépodos, crustáceos y oligoquetos). En forma generalizada su ciclo de vida incluye un huevo, cuatro estadios larvales con cuatro mudas respectivas y el estadio adulto. El cual la forma infectiva para el hospedero definitivo es la larva de tercer estadio, en la cual la transmisión a un hospedero se realiza por la ingestión de huevos o larvas, penetración cutánea, asistida por un vector, o bien, transmamaria o transplacentariamente (García-Prieto *et al.*, 2014).