



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“Diversidad de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus*
(Telesotei: Characidae) en el estado de Coahuila, México”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

KARLA FERNANDA LOYA CANCINO



TUTOR:

Dr. GUILLERMO SALGADO MALDONADO

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de datos del Jurado

1. Datos de la alumna

Loya
Cancino
Karla Fernanda
26 31 91 02
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
305109592

2. Datos del tutor

Dr.
Guillermo
Salgado
Maldonado

3. Datos sinodal

M. en C.
Cristina Isabel
Cañeda
Guzmán

4. Datos sinodal 2

M. en C.
Héctor Salvador
Espinosa
Pérez

5. Datos de sinodal 3

Biól.
Alejandro
Frías
Villegas

6. Datos sinodal 4

Dr.
Fernando
Álvarez
Noguera

7. Datos del trabajo escrito

Diversidad de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus* (Telesotei: Characidae) en el estado de Coahuila, México.

53
2012

Reconocimiento

El trabajo de campo y colectas de esta investigación fueron apoyadas con el proyecto “Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas” con clave IN220810, que pertenece al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) del cual forma parte el Dr. Guillermo Salgado Maldonado. Agradezco también por haberme otorgado una beca, para el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación.

Agradecimientos

A mí amada Universidad Nacional Autónoma de México y a mi querida Facultad de Ciencias por brindarme todo lo necesario para desarrollarme como profesionista.

A todos aquellos profesores que me apoyaron en mi formación.

A mí apreciado Instituto de Biología y en especial al Laboratorio de Helmintología a cargo del Dr. Guillermo Salgado Maldonado. Por ofrecerme todo el apoyo necesario. En lo referente a las instalaciones, equipos y materiales para desarrollo del trabajo en campo y en el laboratorio.

Gracias a mi tutor, el Dr. Guillermo Salgado Maldonado por brindarme su apoyo en todo momento, su confianza y por contagiarme las ganas de seguir adelante.

Siempre estaré muy agradecida por haberme generado una pasión y una gran inquietud para seguir descubriendo el mundo de la parasitología.

¡Gracias por ser mi guía!

A todos mis sinodales por regalarme su tiempo, paciencia y consejos que fueron esenciales para la culminación de mi trabajo.

A todo el equipo de helmintología por su apoyo en todo momento en el trabajo de campo y en el laboratorio.

*Al equipo de ictiología de la Colección Nacional de Peces del Instituto de Biología por la identificación del ejemplar *A. mexicanus*.*

Dedicatoria

*Dedicado con amor al pilar principal de mi vida. **Mi familia.***

A mi padre José Alfredo Loya Caraveo y a mi madre Martha Lorena Cancino Eidrón por ser mis guías en mi camino. Por su cariño, esfuerzo, dedicación y apoyo para que yo sea una mejor persona.

¡Gracias por creer en mí!

A mi querida hermana Karen B. Loya Cancino por ser mi compañera en todo momento. A mis abuelitas Patricia Caraveo Berrelleza y Ruth Eidrón Veigh por brindarme su cariño y confianza en cada paso que voy dando en mi camino y finalmente a mi pequeña prima Ximena A. Dorantes Ortiz que me regala su sonrisa cada día.

¡Ustedes son el motor que me impulsa a continuar!

A todos mis amigos que siempre estuvieron ahí para apoyarme en toda circunstancia y por regalarme los mejores momentos en la carrera (clases, prácticas de campo y laboratorio).

En especial a Isabel Herrera Juárez, Susana Cristabel Rafael Aguilar, Tania Omaña Guzmán, Carolina Jaramillo Alba, Estefany A. Ferrer Bolaños, Claudia Fabián Bautista, Lucía Medrano Vidal, Mario Medina Curtidor, Alfonso Castillo Díaz, Dr. Carlos Ochoa, Biól. Elihu Catalan, Biól. Rodrigo Monjaraz Ruedas y M. en C. Jesús Alberto Cruz López .

¡Gracias por su cariño y su sincera amistad!

Contenido

Agradecimientos

| | |
|--|----|
| Resumen | 7 |
| Introducción | 8 |
| Antecedentes | 11 |
| Hipótesis | 12 |
| Objetivo | 13 |
| <i>Objetivos particulares</i> | 13 |
| Área de estudio | 13 |
| Materiales y Métodos | 15 |
| <i>Métodos de muestreo</i> | 15 |
| <i>Examen helmintológico</i> | 16 |
| <i>Fijación y conservación de ejemplares</i> | 16 |
| <i>Procesamiento e identificación de especies de helmintos parásitos</i> | 17 |
| <i>Análisis de datos</i> | 18 |
| <i>Descripción de las poblaciones de helmintos parásitos</i> | 18 |
| <i>Comunidades de helmintos parásitos</i> | 18 |
| Resultados | 23 |
| <i>Estudio de las poblaciones de helmintos parásitos</i> | 26 |
| <i>Estudio de las comunidades de helmintos parásitos</i> | 31 |
| Discusión | 38 |
| Conclusiones | 44 |
| Apéndice | 45 |
| Bibliografía | 48 |

Resumen

Esta investigación se aboca al estudio de las comunidades de helmintos que parasitan al pez *Astyanax mexicanus* (Teleostei: Characidae). Examinando 93 ejemplares del hospedero en 12 localidades en la región Bravo-Conchos del estado de Coahuila. Donde se determinaron las características de riqueza de estas comunidades de parásitos en este hospedero y se examinaron las variaciones en composición taxonómica y riqueza. Demostrando que las comunidades de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus* en Coahuila, son comparativamente pobres con respecto a otras comunidades de peces neotropicales y que están constituidas primordialmente por tremátodos y nemátodos, confirmando el patrón descrito para otros peces dulceacuícolas. Se evidenció también que las características de riqueza son variables en las localidades, identificando comunidades dominadas por una o dos especies y otras que presentan una estructura equitativa en la distribución de sus especies, que posiblemente esas diferencias se encuentren asociadas a las condiciones ecológicas locales de cada sitio. A pesar de ser comunidades con baja riqueza y con variaciones en su diversidad, se encontró que hay un alto recambio de especies de una comunidad a otra produciendo una alta diversidad regional. Finalmente, este trabajo aportó un inventario de la helmintofauna que parasita *Astyanax mexicanus* en el límite boreal de la distribución de esta especie. Registrando un total de 17 especies de helmintos parásitos de 13 géneros y 10 familias, incluidas en 8 especies de tremátodos, 5 nemátodos, 3 monogéneos y una especie de acantocéfalo. De las cuales 5 son nuevos registros para el hospedero y 2 son nuevos registros para la familia Characidae. A partir de este inventario de helmintofauna se logró demostrar la hipótesis central del trabajo, que las comunidades de helmintos parásitos de *A. mexicanus* en Coahuila están dominadas por especies generalistas.

Introducción

En México la diversidad de peces dulceacuícolas se ha estimado en más de 500 especies (Miller *et al.*, 2005). Este grupo de organismos se han clasificando ecológicamente en tres divisiones conforme a su capacidad fisiológica para tolerar la salinidad (Myers, 1938; Darlington, 1957). Esta condición fisiológica permite generar diversas explicaciones sobre la distribución actual de los organismos.

La especie de este estudio se encuentra ubicada dentro de la familia Characidae que pertenece al superorden Ostariophysi y dentro del orden Characiformes (Nelson, 2006). Esta familia pertenece a la primera división de la clasificación ecológica; es decir, son organismos que muestran poca tolerancia a la salinidad y se encuentran confinados en cuerpos de agua dulce. Su principal barrera de dispersión es el agua salada y por esta razón su distribución natural no ha dependido de pasajes a través del mar (Darlington, 1957). Sus orígenes son de la región continental Gondwana (Suramérica), soportado por el amplio registro fósil hallado en esa región (Ornelas-García *et al.*, 2008). La familia actualmente presenta una distribución amplia y cuenta con una diversidad considerable, incluyendo aproximadamente 170 géneros y 885 especies que habitan en aguas dulces del continente Americano (Miller *et al.*, 2005). Su distribución se extiende desde el río Negro en Chile con la especie *Cheirodon australe* Eigenmann, 1928, recorriendo con diferentes especies en Centroamérica y México hasta Texas, E.U.A con la especie *Astyanax mexicanus* (De Filippi, 1853) que habita en los afluentes del río Colorado (Berra, 2001). Esta distribución actual de la familia se ha explicado por los eventos geológicos y climatológicos acontecidos en los continentes en el pasado. Los eventos más importantes que permitieron la colonización de esta familia a regiones de Norteamérica fueron la transición de las dos grandes regiones biogeográficas; Neártica y Neotropical (Darlington, 1957) y la formación del estrecho de Panamá (Ornelas-García *et al.*,

2008). Ambos eventos produjeron aislamientos y conexiones de sistemas acuáticos que generaron las rutas dulceacuícolas para dispersión de los peces de esta familia (Berra, 2001).

En México se reportaron ocho especies de carácidos: *Astyanax aeneus* (Günther, 1860); *Astyanax altior*, Hubbs, 1936; *Astyanax fasciatus* (Cuvier, 1819); *Astyanax mexicanus* (De Filippi, 1853); *Bramocharax caballeroi*, Contreras-Balderas y Rivera-Teillery, 1985; *Brycon guatemalensis*, Regan, 1908; *Hyphessobrycon compressus* (Meek, 1904) y *Roeboides bouchellei*, Fowler, 1923; que se distribuyen desde la parte sur de la península de Yucatán, recorriendo la vertiente de Pacífico hasta la parte media del país, mientras que por la vertiente del Golfo de México alcanzan la región norte del país en afluentes del río Bravo (Espinosa-Pérez *et al.*, 1993). En el estudio de Miller *et al.* (2005) la especie *Astyanax fasciatus* no es considerada válida principalmente porque constituye una población con distribución disyunta (descrita originalmente en Brasil y se menciona en México, pero hasta el momento no mencionada en regiones intermedias entre estos dos países). Además menciona en ese trabajo a la especie *Astyanax armandoi* (Lozano-Vilano y Contreras-Balderas 1990); pero con estudios recientes esta especie es considerada un sinónimo de *A. aeneus*, porque su diagnóstico de un labio inferior expandido se ha observado en otras poblaciones del género *Astyanax* (Campeche, Chiapas y México) en respuesta a condiciones de hipoxia y porque los caracteres osteológicos se encuentran entre el rango de las poblaciones de *A. aeneus* (Schmitter-Soto *et al.*, 2008). En general se menciona que la razón por la que existen problemas en la sistematización en el género *Astyanax* es porque los caracteres morfológicos son muy similares entre las especies (Contreras-Balderas y Lozano-Vilano, 1988). Por esa razón otros autores realizaron estudios basados en técnicas moleculares con el género *Astyanax*, reconociendo sólo dos especies en México; *Astyanax mexicanus* y *Astyanax aeneus* (Hausdorf *et al.*, 2011).

La amplia dispersión que alcanzó la familia Characidae en el continente Americano también favoreció la distribución de los helmintos parásitos a regiones neárticas, de acuerdo con la propuesta de que cada familia de peces dulceacuícolas posee una helmintofauna particular que la parasita y se distribuyen preferentemente con esta familia (Salgado-Maldonado *et al.* 2005; Salgado-Maldonado, 2006 y 2008).

En México la helmintofauna de varias especies de peces de la familia Characidae ha sido intensamente estudiada en años recientes. En el 2006 se registraron 58 especies de helmintos parásitos de cinco especies de carácidos mexicanos en varios estados y sistemas hidrológicos de México (Salgado-Maldonado, 2006). En el estudio reciente de Mora-Bonilla (2010) se adicionaron 10 especies más al listado, de tal manera que actualmente se reconoce un total de 68 especies de helmintos parásitos de carácidos de México: incluidos en 33 especies de tremátodos (9 adultos y 24 metacercarias), 16 nemátodos, 9 monogéneos, 9 especies de céstodos y una especie de acantocéfalo. En este mismo estudio se realizó una comparación de helmintofauna de varias familias de peces dulceacuícolas, incluyendo a la familia Characidae, del cual se reconocieron a 22 especies de helmintos parásitos particulares (Mora-Bonilla, 2010).

Se asumió la propuesta de que cada familia de peces de agua dulce posee una helmintofauna particular que la parasita y que se distribuye preferentemente con esta familia y de acuerdo con Kennedy y Bush (1994) que la composición de las comunidades de helmintos se ven afectadas por la distancia de la zona geográfica histórica del hospedero, es decir; las comunidades de helmintos en la zona de origen presentan una mayor proporción de especies particulares porque ambos (hospederos y parásitos) han co-evolucionado por un largo período de tiempo y a medida que se aleja de la zona geográfica histórica se va perdiendo especies particulares e incrementando los factores ecológicos que van determinando la composición a comunidades con dominio de especies generalistas. De esta manera se estableció que si el

patrón de dispersión de la familia Characidae se mantiene para las especies de carácidos mexicanos entonces se espera encontrar en Coahuila que la comunidad de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus* se encuentre dominada por especies generalistas.

Antecedentes

Astyanax mexicanus (De Filippi, 1853) es una especie de la familia Characidae que se encuentra distribuida desde regiones neotropicales de México hasta el río Colorado en Texas, E.U.A. En México tiene una amplia distribución sobre la vertiente del Golfo de México, pero presenta mayores registros en los ríos Pánuco, Bravo y Conchos (Figura 1). Son organismos de tamaño pequeño que alcanzan una longitud máxima de 12cm, las hembras tienden a ser ligeramente más grandes que los machos. Esta especie se localiza frecuentemente en pozas de ríos con corrientes moderadas y en aguas estancadas con profundidades de hasta 3 metros. Pueden nadar solos o en grupos de hasta cincuenta individuos. Presentan una amplia variación en su dieta que incluye: vegetación, insectos acuáticos, pequeños crustáceos y detritos, principalmente (Miller *et al.*, 2005). Respecto a su helmintofauna en México, han sido registradas 15 especies de helmintos que parasitan a *A. mexicanus* en el sistema hidrológico río Pánuco que abarcó los estados de: Hidalgo, Querétaro y San Luis Potosí. De este inventario se identificaron a cuatro especies particulares (*Genarchella astyanactis* (Watson, 1976); *Magnivitellinum simplex* Kloss, 1966; *Paracreptotrematina aguirrepequeñoi* (Jiménez-Guzmán, 1973) y *Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi* (Caballero-Deloya, 1977); que representan el 27% de la composición de la comunidad de helmintos y el resto son las especies que se han registrado en otros grupos de peces dulceacuícolas (Mora-Bonilla, 2010). Estudios recientes en el río Nazas en los estados de Coahuila y Durango aportan 4 especies más que parasitan a *A. mexicanus* (Pérez-Ponce de León *et al.*, 2010).

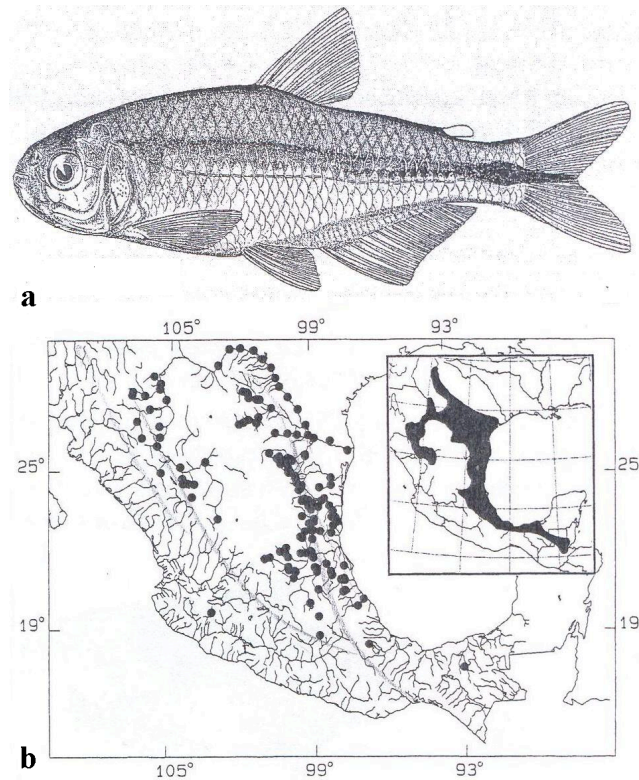


Figura 1. a) *Astyanax mexicanus*, b) Distribución en México (tomadas de Miller *et al.*, 2005).

Hipótesis

El carácido *A. mexicanus* es una especie Neotropical, su distribución actual en afluentes del río Bravo en Coahuila es el resultado de la dispersión de esta especie desde regiones neotropicales. La cuenca del río Bravo es para esta especie la región más distante de la zona geográfica histórica de su distribución natural. La composición de la comunidad de helmintos parásitos de una especie de hospedero determinado incluye más especies particulares a ella en su zona geográfica de origen; ya que parásito- hospedero han co-evolucionado por un mayor periodo de tiempo y a medida que se distancia de la zona de origen el hospedero se pierden especies particulares y se adquieren generalistas por los factores ecológicos que van determinado la composición de la comunidad. Si la distancia de la zona geográfica histórica es un determinante de la composición de la helmintofauna entonces se espera encontrar que la composición de helmintos parásitos de *A. mexicanus* en afluentes de Coahuila se encuentre dominada por especies generalistas.

Objetivo

Estudiar la diversidad de helmintos parásitos de *A. mexicanus* en el estado de Coahuila.

Objetivos particulares

-Describir las comunidades de helmintos parásitos de *A. mexicanus* en el estado de Coahuila.

-Examinar las características de riqueza, diversidad y recambio de especies de las comunidades de helmintos parásitos de *A. mexicanus* en 12 localidades de Coahuila.

Área de estudio

El estado de Coahuila de Zaragoza se localiza en la región del Desierto Chihuahuense. Las coordenadas extremas son: al norte 29° 53', al sur 24° 32' de latitud norte; al este 99° 51', al oeste 103° 58' de longitud oeste (INEGI, 2000); en tanto que su altitud varía entre 190 y 3710 msnm. Es el tercer lugar en extensión territorial en el país, con una superficie de 1,151, 578 km² que representa el 7.7% del territorio nacional (INEGI-DGG, 1999). El estado colinda al norte con Estados Unidos de América; al este con Nuevo León; al sur con Zacatecas y Durango; al oeste con Chihuahua (INEGI, 2000).

Por lo general el estado de Coahuila recibe lluvias en los meses de julio y agosto, con precipitaciones de 200mm en áreas secas, mientras que en áreas lluviosas alcanzan hasta los 650mm. La temperatura mínima media varía entre 1 y 7 °C, mientras que la temperatura máxima media varía de 25 a 37 °C (SPP-INEGI, 1983).

El estado presenta cuatro sistemas hidrológicos principales. El sistema Bravo-Conchos, que se localiza en la parte norte de la entidad y se desarrolla en su mayoría por tierras planas

cuyas áreas son regiones áridas, las corrientes son provenientes del norte y desaguan en el río Bravo y río Conchos, es el sistema más extenso del estado, abarcando con sus afluentes 95,236, 33 km² que corresponde un 63% de la superficie estatal. La región del Bolsón de Mapimí se localiza en la parte noroeste del estado y se caracteriza por su aridez y la ausencia total de elevaciones, corresponde una superficie estatal del 19%; presenta escurrimientos y almacenamientos temporales a lo largo del año. La región Nazas-Aguanaval se localiza en la parte suroeste de la entidad y abarca los estados de Coahuila, Durango y Zacatecas, ocupa un área en el estado de Coahuila de 14%; corresponde a los ríos Nazas y Aguanaval que son cuencas cerradas. Finalmente la región hidrológica El Salado, se localiza en el sureste del estado, es la más pequeña de las regiones, constituida por cuencas cerradas de diferentes dimensiones, pero sin almacenamientos considerables (SPP-INEGI, 1983).

Dentro del proyecto “Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas del Desierto Chihuahuense” que se desarrolla en el laboratorio de Helminología, del Instituto de Biología, UNAM, se realizó una salida al estado de Coahuila durante la época de secas (6 al 13 de abril, 2010). En total se muestrearon 12 cuerpos dulceacuícolas dentro de la región Bravos-Conchos del estado de Coahuila, México (Tabla 1 y Figura 2).

Tabla 1. Localidades de colecta en el estado de Coahuila, México.

| Localidades | Coordenadas geográficas | Altitud (msnm) |
|--|-------------------------------|----------------|
| Arroyo prox. Presa La Amistad Olmo II | 29°24'36" N, 101°04'10"W | 307 |
| Canal Ejido Las Flores | 27°22'35.1"N, 101°41' 29.9"W | 595 |
| Manantial Maris Rancho San Judas Tadeo | 29°23'54"N, 101°01'49"W | 267 |
| Manantial Sulfuroso 2 Rancho San Judas Tadeo | 29°22 '29 "N, 101°01' 19 "W | 304 |
| Presa La Amistad | 29°24'36"N, 101°04'10"W | 307 |
| Río Álamos | 27°56'51"N, 101°15'21"W | 366 |
| Río Cañón | 27°07'10.4"N, 101° 49' 26.5"W | 647 |
| Río El Moral | 28°53'54"N, 100°38'01"W | 216 |
| Arroyo Ejido de las Flores | 27°02'42.2"N, 101°41' 27.9"W | 542 |
| Río Escondido | 28°40 '18"N, 100°33'09"W | 221 |
| Río Tierra Blanca | 26°55'20.3"N, 102°08'17.8"W | 738.5 |
| Río Salado | 27°11'47.2"N, 101°14'4.9"W | 395 |

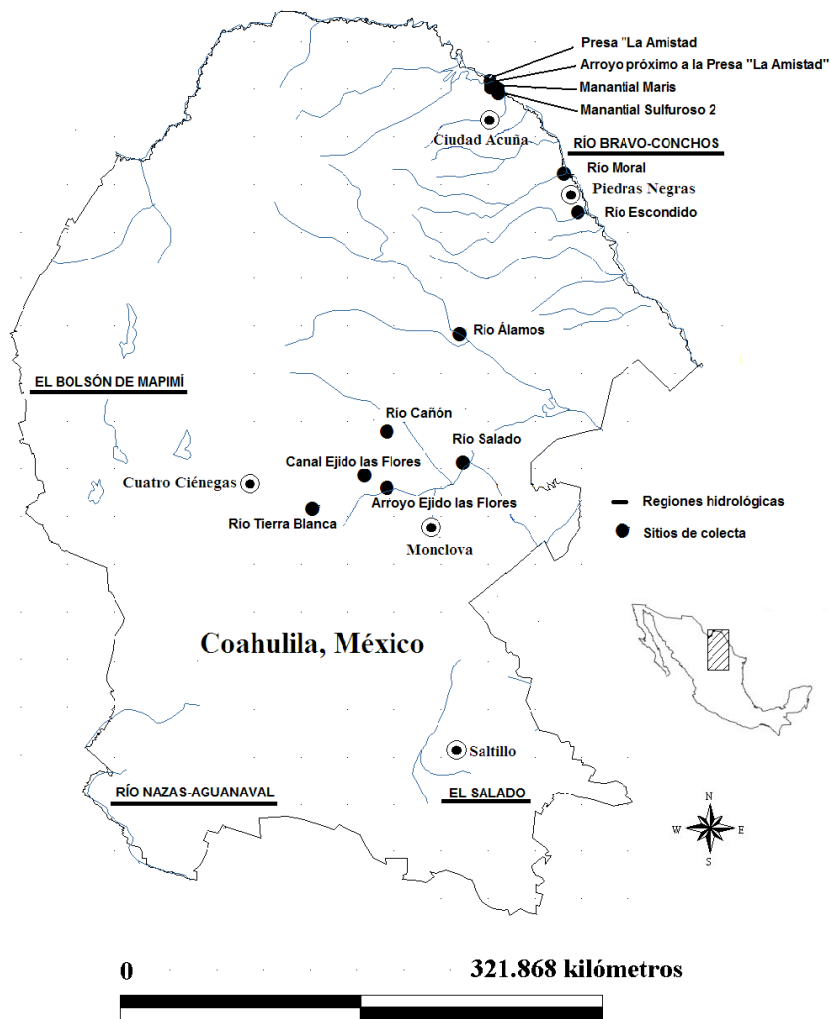


Figura 2. Área de estudio, estado de Coahuila, México. Se muestran los sitios de colecta

Materiales y Métodos

Métodos de muestreo

La captura de los hospederos (*A. mexicanus*) se realizó con chinchorros y/o equipo de electropesca. Los ejemplares capturados se depositaron en contenedores de plástico con agua del medio y oxigenadas con bombas de aire para mantener vivos a los ejemplares hasta su posterior examen helmintológico.

Examen helmintológico

El examen se realizó dentro de las siguientes 24 horas después de su captura. El sacrificio del ejemplar consistió en una punción en el cerebro. Inmediatamente se inició el examen bajo el microscopio estereoscópico inspeccionando las estructuras externas de cada hospedero. Comenzando con las branquias, sustrayéndolas del ejemplar y revisando ambas caras e individualizando la estructura para una mejor observación, consecutivamente la inspección de la piel (escamas), aleta caudal, dorsal y anal, las aletas pectorales y pélvicas, cavidad bucal y la cloaca.

De cada hospedero se tomaron los datos merísticos (longitud total, longitud patrón, altura y peso). La inspección interna del organismo implicó la disección y exploración de todos los órganos por separado (ojos, musculatura, cerebro, tracto digestivo, gónadas, hígado, corazón, vejiga natatoria y la vesícula). Los peces fueron sexados por inspección visual de las gónadas durante la disección.

Fijación y conservación de ejemplares

Los helmintos encontrados se separaron por hábitat, colocándolos en cajas de Petri con solución salina 0.7% para su observación y posterior fijación. Existen diferentes técnicas de fijación para el estudio morfológico de los ejemplares de acuerdo al grupo taxonómico. En tremátodos y metacercarias se realizó la técnica de aplanamiento ligero, que consistió en colocar al ejemplar sobre un portaobjetos con una gota de solución salina a 0.7% y cubrir con el cubreobjetos, para posteriormente añadir el fijador (líquido de Bouin, AFA o formol al 4%) mediante capilaridad. Los ejemplares permanecieron de 12 a 24 horas en ese medio, evitando que se sequen, pasado el tiempo se colectaron para su posterior conservación. En el caso de monogéneos se realizaron fijaciones semi-permanentes agregando Gray & Wess, este es un

medio con alcohol polivinílico que permitió resaltar las estructuras esclerosas (macroganchos, microganchos y estructuras del órgano copulador) que son de valor taxonómico. Mientras que para los acantocéfalos fue necesario colocarlos en agua destilada en refrigeración durante 8 o hasta 12 horas, primordialmente para lograr eversión de la proboscis y posteriormente se agregó formol al 4% caliente. Sin embargo la técnica de fijación más empleada en todos los grupos taxonómicos fue añadir formol al 4% caliente (casi en su punto de ebullición) (Salgado-Maldonado, 2009).

Para la conservación, los helmintos se depositaron en frascos pequeños con formol al 4% o en alcohol al 70% y se añadieron etiquetas que contienen los datos colecta; el número de colecta, hábitat del parásito, localidad, fecha de la colecta, grupo taxonómico del helminto o bien su nombre científico si se logró identificar en campo (Salgado-Maldonado, 2009).

Procesamiento e identificación de especies de helmintos parásitos

Los helmintos recolectados y fijados en el campo se procesaron con diferentes técnicas de tinción (Hematoxilina Ehrlich, Paracarmín de Meyer, Tricrómica de Gomori) y montaje (Bálsamo de Canadá) para elaborar preparaciones permanentes para microscopio óptico (Lamothe-Argumedo, 1997 y Salgado-Maldonado, 2009), sobre las cuales se basó el estudio morfométrico para la determinación taxonómica de los especímenes, utilizando claves taxonómicas de cada grupo. El Dr. J. M. Caspeta M. de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos identificó las especies de nemátodos. Algunos ejemplares fueron identificados únicamente hasta niveles de taxa superiores como: familias y géneros. Estos casos se refieren a formas larvarias las cuales son casi imposibles de identificar con precisión, ya que la taxonomía de helmintos se basa en las características de los adultos y en otros casos no se logró precisar las determinaciones a nivel de especie por insuficiencia de material.

Análisis de datos

Descripción de las poblaciones

Para cada especie de helminto de cada una de las localidades se calculó la prevalencia (hospederos infectados dividido entre el número de hospederos examinados y este expresado como porcentaje), abundancia (promedio del número total de individuos de una especie en particular entre el número total de hospederos examinados), e intensidad promedio (número de parásitos de una especie en particular dividido entre el número de hospederos infectados con esa especie de parásito) de acuerdo con Bush *et al.* (1997).

Rareza- Abundancia

Se distinguió entre especies raras y comunes en cada localidad mediante el análisis de cuartiles de Gaston (1994). Elaborando un diagrama de dispersión de puntos, graficando la prevalencia (eje de las ordenadas) contra la abundancia (eje de las abscisas; con datos transformados $\ln(x+1)$) de todas las especies de helmintos; en esta gráfica se trazó la mediana de las dos variables, generando así un gráfico de cuatro cuadrantes.

Este análisis permitió distinguir las especies raras que son las que se encuentran distribuidas en el cuadrante inferior izquierdo del gráfico, presentando valores de abundancia y prevalencia bajas; en tanto que las especies distribuidas en el cuadrante superior derecho del gráfico se identificaron como especies comunes con abundancias y prevalencias altas.

Análisis de comunidades de helmintos

Desarrollamos el presente estudio en dos niveles reconocidos en las comunidades de parásitos (Holmes y Price, 1986; Kennedy, 1990): infracomunidades, que son todas las especies de parásitos en cada pez individualmente y el componente de comunidad, que

incluye a todas las infracomunidades en una localidad y fecha determinada, es decir; la suma de todos los peces examinados en esa localidad.

Estudio a nivel componente de comunidad

Curvas de acumulación de especies

Con el objetivo de evaluar la calidad de los muestreos (¿qué tan completos están los inventarios de especies de helmintos que logramos en cada localidad con las muestras de peces que examinamos?) se trazaron curvas de acumulación de especies. Se construyeron matrices de datos anotando en las filas las especies de helmintos y en las columnas cada ejemplar del hospedero *A. mexicanus* examinado, como unidad de muestreo.

Con el programa EstimateS versión 7.5.2, se calcularon los promedios estadísticos de adición de especies; es decir; el orden de las unidades de muestreo y el número de especies acumulado por cada unidad de muestreo examinado (Mao Taou), utilizando 100 aleatorizaciones e intervalos de confianza de 95%.

Para determinar si las curvas de acumulación de especies generadas con 100 aleatorizaciones se aproximaron a un valor cercano 0 (asíntota); se ajustaron al modelo de Clench ($S_n = agn / (1 + bgn)$), función que modela la relación entre la unidad de esfuerzo del muestreo ("Samples") y el número de especies promedio acumulado ("Mao Taou") siguiendo las indicaciones de Jiménez-Valverde y Hortal (2003) aplicando el programa STATISTICA versión 7. El programa arrojó el coeficiente de determinación, que establece el ajuste de los datos con el modelo, los parámetros a y b (a , es la tasa de incremento de nuevas especies y b , se encuentra relacionado con la forma que adquiere la curva) y los gráficos de las curvas de acumulación de especies. Los parámetros se utilizaron para calcular la función $a / (1 + bgn)^2$, que establece el valor de la pendiente en un punto determinado (el último) de la curva

acumulativa de especies. Se asumió como regla de decisión que si la pendiente arroja valores menores a 0.1, indica que está próxima a la asíntota y que se ha alcanzado a muestrear el mayor número de especies o la totalidad que existen en el medio (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

El modelo de Clench permitió además la estimación de la riqueza de especies en cada localidad mediante la función $S_c = (a/b)$ y la proporción de especies registrada en la localidad mediante la función $S_{obsv} / (a/b)$, donde S_{obsv} es el número de especies observadas en la localidad mediante el muestreo.

El análisis de curvas de acumulación de especies y los análisis posteriores se aplicaron a las localidades donde se examinó más de 4 hospederos.

Estimadores no paramétricos

Alternativamente se estimó el número de especies que faltan por registrar en cada una de las localidades, mediante los cálculos de índices no paramétricos de riqueza basados en la incidencia de los datos, atendiendo al número de especies que se presentan solamente una vez (*singletons*) o exactamente dos veces en la localidad (*doubletons*). Los estimadores que se calcularon fueron: Chao 2, Jackknife de segundo orden y Bootstrap. El estimador Chao 2 fue modificado por Colwell y Coddington (1994) (Poulin, 1998; Magurran, 2004). Se calculó de acuerdo con la ecuación $S_{Chao2} = S_{obsv} + \frac{Q_1^2}{2Q_2}$, donde Q_1 es el número de especies que se presentan sólo una vez en la muestra y Q_2 es el número de especies que se presentan exactamente dos veces en la muestra.

El estimador Jackknife de segundo orden siguiendo a Zelmer y Esch (1999) y Magurran (2004) con la ecuación $S_{Jack2} = S_{obsv} + \frac{Q_1(2m-3)}{m} - \frac{Q_2(m-2)^2}{m(m-1)}$, donde m , es el número de muestras.

En tanto que Q_1 y Q_2 como en la ecuación anterior. Finalmente se calculó Bootstrap (Poulin

1998; Magurran, 2004) con la ecuación $S_{Boot} = S_{obsv} + \sum_{k=1}^{S_{obsv}} (1 - P_k)^2$.

Análisis de la distribución de abundancias de las especies

Se analizó la distribución de las abundancias de las especies de helmintos calculando y graficando el valor de la proporción del número de individuos de cada especie respecto del total de individuos de todas las especies de helmintos recolectadas (P_i) (proporción de cada especie), en cada una de las localidades. El cálculo se realizó con el número total de individuos de cada especie colectada dividido por la suma total de individuos colectados para la localidad. Posteriormente se ordenaron los valores obtenidos (P_i), en función del rango; es decir, se ordenó primero el P_i más alto y así sucesivamente hasta el valor de P_i más bajo de cada localidad. Finalmente se realizó un gráfico que indica visualmente la riqueza, la equidad y dominancia de las especies en cada una de las localidades de colecta.

Índices de diversidad y Equidad

Para obtener una forma cuantitativa de las características de la riqueza de cada una de las localidades, se estimaron dos índices de diversidad Simpson (D_s) y Shannon-Wiener (H') y los índices equidad (E) y (J') de cada uno de los componentes de comunidad.

Se calculó el índice de Simpson porque concede mayor importancia a las especies frecuentes de la comunidad. Se expresó como el recíproco $D_s = \frac{1}{\sum_{i=1}^S P_i^2}$, donde los valores

varían de 0 (poca diversidad) hasta un máximo de (S) que es el número de especies

colectadas. Se interpretó este valor como el número de especies requeridas para generar la heterogeneidad observada (Krebs, 1985; Magurran, 2004).

El cálculo del índice de Shannon se realizó con la función $H' = -\sum_{i=1}^S (P_i)(\ln P_i)$. El índice reflejó la heterogeneidad de la comunidad con base en dos factores, el número de especies colectadas y la abundancia relativa. Por lo tanto entre más alto sea el valor de (H') más diversa es la comunidad.

Asociadas con estas medidas de diversidad se calcularon los índices de equidad, en el caso del índice de Shannon la función $J' = \frac{H'}{\ln S}$ y para el índice de Simpson $E = \frac{D_s}{S}$. Los resultados varían de 0 a 1 y la interpretación es que entre más cercano sea a 1 la heterogeneidad es mayor y por lo tanto es más diversa la comunidad.

Prueba t Hutchenson

Para distinguir si existen diferencias significativas en diversidad entre las comunidades. Se realizó una comparación pareada entre las localidades con una prueba de *t* Hutchenson, donde se utilizaron los valores de Shannon-Wiener (H') que expresan la diversidad de cada una de las comunidades. Este método implicó una prueba unilateral, es decir; se asumió que una localidad es más diversa que la otra y se realizó a un nivel de significancia de 0.05 de acuerdo con Magurran (1988). Calculando el valor de *t* con la ecuación $t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{\frac{VarH'_1 + VarH'_2}{2}}}$, la

varianza $VarH' = \frac{\sum_{i=1}^n P_i (\ln P_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \right)^2}{N} - \frac{S-1}{2N^2}$ y los grados de libertad

$$df = \frac{(VarH'_1 + VarH'_2)^2}{\left[\frac{(VarH'_1)^2}{N_1} \right] + \left[\frac{(VarH'_2)^2}{N_2} \right]}$$

Medida de diversidad Whittaker

Finalmente, para conocer que tan diferentes son las localidades en relación con la riqueza, es decir; el recambio de especies entre las localidades, se estimó la beta diversidad entre los sitios, calculando el índice de Whittaker $\beta_w \frac{S}{\bar{\alpha}} - 1$ (Magurran, 2004). Donde (S) se refiere al número total de especies colectadas en los sitios y ($\bar{\alpha}$) es el promedio de la diversidad de los sitios a comparar. Los valores de (β_w) van de 0 a 1, cercanos a 0 corresponden a sitios con mayor similitud, por el contrario un valor de 1 significa una máxima β diversidad; es decir; no se comparte ninguna especie entre los sitios. Se asumió que valores mayores a 0.5 representan un alto recambio de especies.

Estudio a nivel infracomunidad

Para describir la riqueza de las infracomunidades se calculó el promedio aritmético de especies de helmintos (\bar{S}) por hospedero examinado en cada localidad y el promedio de helmintos individuales.

Resultados

Se examinaron 93 ejemplares de *Astyanax mexicanus* en 12 localidades de la región hidrológica Bravo-Conchos del estado de Coahuila. Registrando un total de 17 especies de helmintos que parasitan a este hospedero. Estas se encuentran dentro de 13 géneros y 10 familias e incluidas en 8 especies de tremátodos, 5 nemátodos, 3 monogéneos y una especie de acantocéfalo (Tablas 2 y 3). De las cuales se identificó que 5 son nuevos registros para el

hospedero y 2 son nuevos registros para la familia Characidae. También se reconocieron a dos especies neotropicales (*Wallinea chavarriae* y *Procamallanus neocaballeroi*) es decir; sólo se han mencionado en peces dulceacuícolas de la región Neotropical de México y Centroamérica y finalmente se identificó una especie introducida para peces mexicanos (*Centrocestus formosanus*) (Tabla 2). A partir de este registro se logró distinguir que el 24% de la helmintofauna de *A. mexicanus* son especies particulares de la familia Characidae y el resto son especies que se han mencionado en otros grupos de peces dulceacuícolas.

Tabla 2. Helmintos parásitos de *A. mexicanus* registrados en el presente estudio.

| Especies de Helmintos | Hábitat |
|---|----------------------------|
| • <i>Paracreptotrematina</i> sp. | Intestino |
| •* <i>Wallinea chavarriae</i> (Choudhury, Horvigsen, Brooks, 2002). | Intestino |
| <i>Ascocotyle tenuicollis</i> (Price, 1935) | Corazón |
| Tremátodos | Vesícula biliar |
| Heterophyidae gen. sp. | Aleta caudal y mesenterios |
| Metacercarias | Músculo |
| <i>Centrocestus formosanus</i> (Nishigori, 1924) | Branquias |
| * <i>Uvulifer</i> sp. | Piel |
| <i>Urocleidoides</i> sp. | Branquias |
| <i>Gyrodactylus</i> sp. | Branquias |
| •* <i>Anacanthocotyle anacanthocotyle</i> (Kritsky & Fritts, 1970) | Branquias |
| +* <i>Pomphorhynchus</i> sp. | Intestino |
| • <i>Procamallanus (Spirocamallanus) neocaballeroi</i> (Caballero-Deloya, 1977) | Intestino |
| +* <i>Eustrongylides</i> sp. | Mesenterios |
| Larva de nematodo | Intestino |
| <i>Contracaecum</i> sp. | Mesenterios |
| <i>Spiroxys</i> sp. | Mesenterios |

Los helmintos marcados con asterisco (*) son registros nuevos para el hospedero, mientras que los helmintos marcados con signo de más (+) son nuevos registros para la familia Characidae y finalmente los helmintos particulares de la familia Characidae encontrados en *A. mexicanus* son los marcados con un punto negro (•).

Tabla 3. Helmintos de *A. mexicanus* recolectados en el estado de Coahuila en abril 2010.

| | Localidades | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|-------------|-----------|-------------|----------|----------|----------|----------|---------------|-----------|------------|------------|
| | Arroyo prox. | Canal Ejido | Manantial | Manantial | Presa | Río | Río | Río | Arroyo Ejido | Río | Río Tierra | Río Salado |
| | P.A. Olmo II | las Flores | Maris | Sulfuroso 2 | Amistad | Álamos | Cañón | El Moral | de las Flores | Escondido | Blanca | |
| n= | 1 | 2 | 19 | 2 | 1 | 14 | 24 | 1 | 14 | 1 | 4 | 11 |
| Helmintos | | | | | | | | | | | | |
| <i>Paracreptotrematina</i> sp. | | | | | | x | | | | | | |
| <i>W. chavarriae</i> | | | | | | x | x | | | | | |
| <i>A. tenuicollis</i> | | | | | | | | | | | | x |
| Tremátodos | | | | | | | | | | x | | |
| Heterophyidae gen. sp. | | | | x | | | | | x | | | x |
| Metacercarias | x | | | | | | | | | | | x |
| <i>C. formosanus</i> | | | x | | | | | | x | | | |
| <i>Uvulifer</i> sp. | | | x | | | | | | | | | |
| <i>Urocleidoides</i> sp. | | x | x | | | x | x | | x | | | x |
| <i>Gyrodactylus</i> sp. | | | x | | | x | | | | | | |
| <i>A. anacanthocotyle</i> | | | x | | | | | x | | | | |
| <i>Pomphorhynchus</i> sp. | | | | | | | | | x | | | |
| <i>P. neocaballeroi</i> | | x | | | | x | x | | x | | | |
| <i>Eustrongylides</i> sp. | | | | | | | | | | | | x |
| Larva de nématodo | | | | | | | | | | | | x |
| <i>Contracaecum</i> sp. | | | x | | | x | | | | | | |
| <i>Spiroxys</i> sp. | x | | x | | | x | | | x | | | x |
| Total de especies | 2 | 2 | 7 | 1 | 0 | 7 | 3 | 1 | 6 | 1 | 0 | 7 |

Estudio de las poblaciones

Descripción de las poblaciones

Las poblaciones de especies de helmintos que se encontraron ampliamente distribuidas, es decir, en más localidades, son: *Urocleidoides* sp., *Procamallanus neocaballeroi* y *Spiroxys* sp. Estas poblaciones también resultaron con las mayores prevalencias; sin embargo la intensidad promedio y la abundancia fueron relativamente bajas. *Urocleidoides* sp. se registró en 6 localidades con prevalencias que variaron desde 10.5% en Manantial Maris a 100% en Canal Ejido de las Flores, *Spiroxys* sp. se colectó en 5 localidades y la prevalencia varió desde 26.3% en Manantial Maris a 100% en Presa la Amistad Olmo II y *Procamallanus neocaballeroi* se registró en cuatro localidades con prevalencias que variaron desde 14.9% en río Álamos a 100% en Canal Ejido de las Flores (Tabla 4).

En cuanto a las metacercarias de Heterophyidae gen. sp., *Centrocestus formosanus* y *Ascocotyle tenuicollis* se presentaron con intensidades promedio y abundancias altas; sin embargo se distribuyeron en un menor número de localidades y resultaron con prevalencia relativamente bajas. Heterophyidae gen. sp. se localizó en 3 localidades con intensidades promedio que variaron de 3 en Manantial Sulfuroso a 65 en río Salado y la abundancia varió de 1.5 en Manantial Sulfuroso a 4.6 en río Salado, la especie introducida *Centrocestus formosanus* se registró en dos localidades con intensidades promedio que variaron de 3 en Manantial Maris a 15.4 en arroyo Ejido las Flores y la abundancia de 0.16 en Manantial Maris a 5.5 en arroyo Ejido las Flores y finalmente *Ascocotyle tenuicollis* que se registró en una localidad con una intensidad promedio de 9.33 y una abundancia de 2.55 en río Salado (Tabla 4).

Tabla 4. Descripción de las poblaciones de helmintos de *A. mexicanus*. Valores de prevalencias expresadas en porcentaje, Intensidad promedio entre paréntesis y la abundancia.

| Especies de helmintos | Arroyo prox. | Canal Ejido | Manantial | Manantial | Río | Río Cañón | Arroyo | Río | Río Salado |
|--------------------------------|--------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|--------------------|-------------------------------------|
| | P.A. Olmo II | las Flores | Maris | Sulfuroso 2 | Álamos | | Ejido de las Flores | Escondido | |
| n= | 1 | 1 | 19 | 2 | 14 | 24 | 14 | 1 | 11 |
| <i>Paracreptotrematina</i> sp. | | | | | 7.14% (1±) | | | | |
| <i>W. chavarriae</i> | | | | | 0.07±0.27 35.71% (1.80±0.84) | 12.5% (1±) | | | |
| <i>A. tenuicollis</i> | | | | | 0.64±1.01 | 0.13±0.34 | | | 27.27% (9.33±10.97) 2.55±6.56 |
| Tremátodos | | | | | | | | 100% (2±) 2± | |
| Heterophyidae gen. sp. | | | | 50% (3±) 1.5±2.12 | | | 7.14% (65±) 4.64±17.37 | | 27.28% (15±13.23) 4.09±9.17 |
| Metacercarias | 100% (5±) 5± | | | | | | | | 9.10% (5±) 0.45±1.51 |
| <i>C. formosanus</i> | | | 15.79% (3±0.71) 0.17±1.43 | | | | 35.71% (15.40±13.6 3) 5.50±10.76 | | |
| <i>Uvulifer</i> sp. | | | 5.26% (1±) 0.05±0.23 | | | | | | |
| <i>Urocleidoides</i> sp. | | 100% (3±1.41) 3±1.41 | 10.53% (1±) 0.11±0.32 | | 42.86% (0.83±) 0.45±0.50 | 50% (14.58±10.55) 7.61±10.65 | 28.57% (1.50±0.58) 0.43±0.76 | | 27.28% (3±2.89) 0.90±1.78 |

Continúa tabla 7.

| Especies de helmintos | Arroyo prox. P.A. Olmo II | Canal Ejido las Flores | Manantial Maris | Manantial Sulfuroso 2 | Río Álamos | Río Cañón | Arroyo Ejido de las Flores | Río Escondido | Río Salado | |
|---------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|------------------------------|----|
| | n= | 1 | 1 | 19 | 2 | 14 | 24 | 14 | 1 | 11 |
| <i>Gyrodactylus</i> sp. | | | 5.26% (2±) 0.11±0.46 | | 14.29% (1.50±0.71) 0.21±0.58 | | | | | |
| <i>A. anacanthocotyle</i> | | | 15.79% (2.67±2.89) 0.42±1.39 | | 42.86% (0.83±) 0.45±0.5 | | | | | |
| <i>Pomphorhynchus</i> sp. | | | | | | | 14.29% (1±) 0.14±0.36 | | | |
| <i>P. neocaballeroi</i> | | 100% (1±) 1± | | | 14.29% (1±) 0.14±0.36 | 62.5% (1.33±0.74) 0.83±0.95 | 21.43% (1±) 0.21±0.43 | | | |
| <i>Eustrongylides</i> sp. | | | | | | | | | 9.10% (1±) 0.09±0.30 | |
| Larva de nématodo | | | | | | | | | 9.10% (1±) 0.10±0.30 | |
| <i>Contracaecum</i> sp. | | | | 5.26% (1±) 0.05±0.23 | 7.14% (1±) 0.07±0.27 | | | | | |
| <i>Spiroxys</i> sp. | 100% (1±) 1± | | 26.32% (2.40±3.13) 0.63±1.83 | | 28.57% (1.75±0.96) 0.50±0.94 | | 42.86% (2.17±1.60) 0.93±1.49 | | 27.28% (2±1) 0.55±1.04 | |

Análisis de Rareza- Abundancia

Se analizaron los datos de prevalencia y abundancia por el método de cuartiles de Gaston (1994). Reconociendo en un análisis general que las poblaciones de helmintos se comportan como abundantes o como raras en las localidades de Coahuila. Se identificó a 4 poblaciones de especies que se comportan como abundantes y frecuentes y 8 que se comportan como raras. *Heterophyidae* gen. sp., *Urocleidoides* sp., *Procamallanus neocaballeroi* y *Spiroxys* sp. son las poblaciones de especies que se presentan como comunes en la mayoría de las localidades donde se registraron. *Spiroxys* sp., se encontró como especie común en las cuatro localidades donde se registró; *Urocleidoides* sp. fue común en cuatro de las seis localidades en donde se registró, en una localidad se mostró como especie rara y en la otra se encontró como especie con prevalencia alta pero baja abundancia. *Heterophyidae* gen. sp. se consideró especie común en dos de tres localidades donde se registró y en la tercera localidad se mostró como especie de alta abundancia y baja prevalencia y *Procamallanus neocaballeroi* en dos localidades de cuatro se encontró como especie común y en las otras dos especies se mostró como especie rara. En contraste, las poblaciones de especies raras resultaron ser siempre las menos frecuentes y presentarse en un menor número de localidades, las especies son las siguientes: *Paracreptotrematina* sp., *Uvulifer* sp., *A. anacanthocotyle*, *Gyrodactylus* sp., *Pomphorhynchus* sp., *Eustrongylides* sp., *Contracaecum* sp., y una larva de nemátodo aún no identificada (Figura 3).

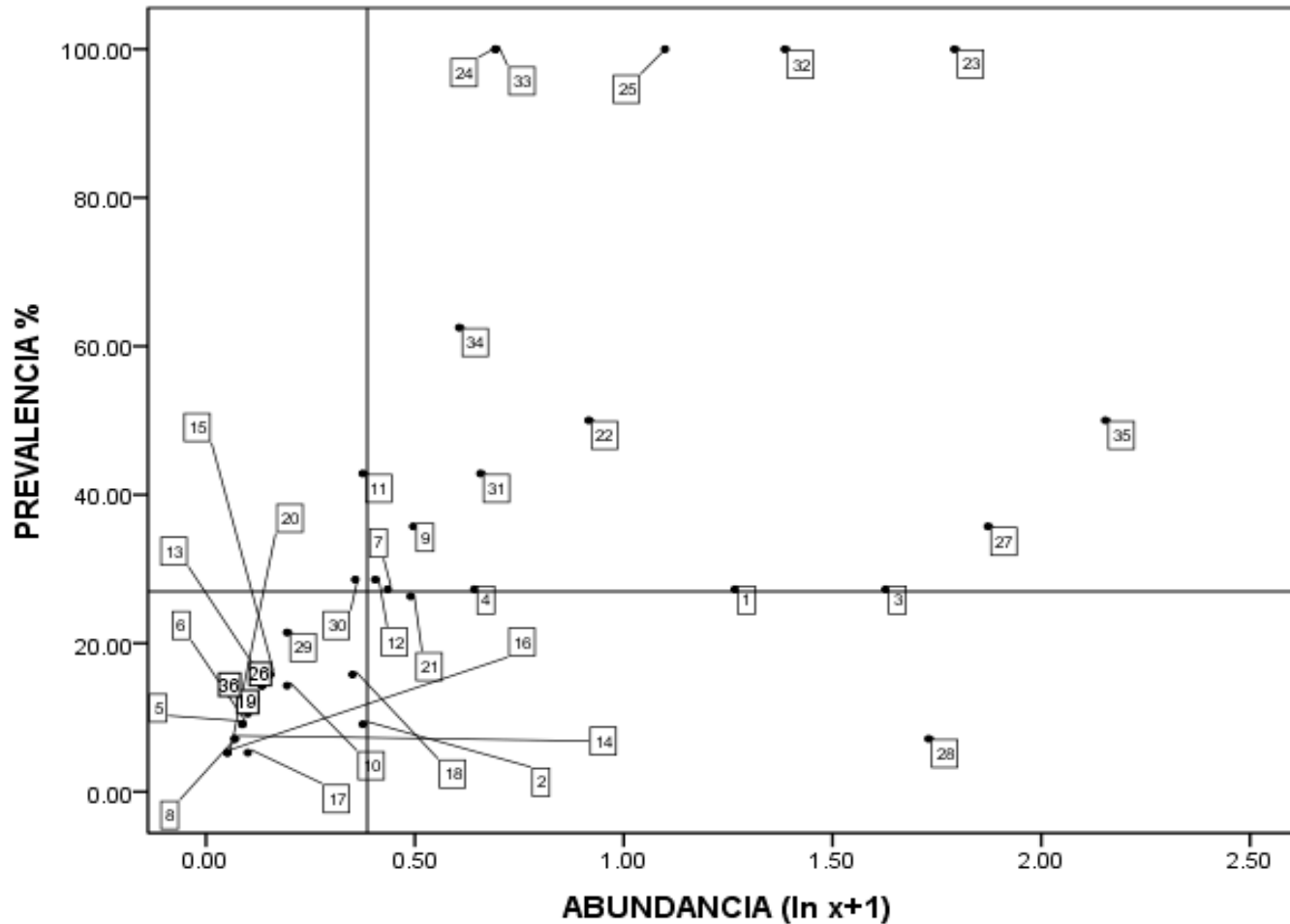


Figura 3. Análisis de Gaston (1994) para prevalencia y abundancia de las especies de helmintos parásitos de *A. mexicanus* en 11 localidades del estado de Coahuila. 1. Salado *A. tenuicollis* 2. Salado Metacercaria 3. Salado Heterophyidae gen. Sp. 4. Salado *Urocleidoides* sp. 5. Salado Larva de nematodo 6. Salado *Eustrongylides* sp. 7. Salado *Spiroxys* sp., 8. Álamos *Paracreptotrematina* sp. 9. Álamos *W. chavarriae* 10. Álamos *Gyrodactylus* sp. 11. Álamos *Urocleidoides* sp. 12. Álamos *Spiroxys* sp. 13. Álamos *P. neocaballeroi* 14. Álamos *Contracaecum* sp. 15. Manantial Maris *C. formosanus* 16., Manantial Maris *Uvulifer* sp. 17. Manantial Maris *Gyrodactylus* sp. 18. Manantial Maris *A. anacanthocotyle* 19. Manantial Maris *Urocleidoides* sp. 20. Manantial Maris *Contracaecum* sp. 21. Manantial Maris *Spiroxys* sp. 22. Sulfuroso 2 Heterophyidae gen. sp. 23. Olmo II Metacercarias 24. Olmo II *Spiroxys* sp. 25. Escondido Tremátodos 26. Ejido Flores *Pomphorhynchus* sp. 27. Ejido Flores *C. formosanus* 28. Ejido Flores Heterophyidae 29. Ejido Flores *P. neocaballeroi* 30. Ejido Flores *Urocleidoides* sp. 31. Ejido Flores *Spiroxys* sp. 32. Canal E. Flores *Urocleidoides* sp. 33. Canal E. Flores *P. neocaballeroi* 34. Cañón *P. neocaballeroi* 35. Cañón *Urocleidoides* sp. 36. Cañón *W. chavarriae*

Comunidades de helmintos parásitos

La riqueza de especies de helmintos parásitos observada en cada una de las localidades varió de 7 especies en río Salado, río Álamos y Manantial Maris, seguido por importancia el arroyo Ejido de las Flores con 6 especies y el río Cañón con 3 especies, arroyo próximo a la Presa de La Amistad Olmo II y canal Ejido de las Flores con 2 especies y río Escondido, río el Moral y Manantial Sulfuroso II con una especie y finalmente en el río Tierra Blanca y Presa la Amistad los peces examinados resultaron libres de parásitos (Tabla 3). A pesar de que en la mayoría de las localidades se registraron especies, solo a cinco localidades se logró aplicar los análisis de diversidad (río Salado, río Álamos, Manantial Maris, arroyo Ejido de las Flores y río Cañón).

Estudio a nivel componente de comunidad

Curvas de acumulación de especies

Se evaluó la confiabilidad del muestreo de las localidades mediante curvas de acumulación de especies (Apéndice 1) encontrando que las cinco localidades se ajustaron adecuadamente a la distribución del modelo de Clench con coeficientes de correlación >0.95 . El valor de la pendiente en el último punto de cada curva mostró que en dos localidades (río Ejido las Flores y río Cañón) el muestreo permitió lograr que la curva alcanzara una pendiente <0.1 . Este resultado sugiere que se logró aportar el registro de la mayor parte de la riqueza de helmintos en estos dos sitios. Alcanzando registrar el 78% de las especies en el arroyo Ejido las Flores y en el río Cañón el 93% y lo referente sus estimaciones de riqueza obtenidas con el modelo se mostraron parecidas a la riqueza observada. En las otras localidades (Manantial Maris, río Álamos y río

Salado) los análisis sugirieron que el muestreo no fue tan completo y que las comunidades incluyen un mayor número de especies de helmintos que no se lograron detectar con el tamaño de muestra examinado y por lo tanto la estimación de la riqueza se exhibió diferente y distante de la observada. En río Álamos el modelo sugiere que el inventario incluyó únicamente el 71% de las especies que existen en la localidad y estimó una riqueza de 10 especies, en río Salado el muestreo alcanzó a registrar el 61% y estimó una riqueza de 11 especies y en Manantial Maris se logró el registro del 61% de las especies y la riqueza estimada según el modelo de Clench asciende a 12 especies (Tabla 5).

Estimadores no paramétricos de riqueza

Para responder a la pregunta ¿cuántas especies de helmintos falta por detectar en cada localidad? se calcularon tres estimadores no paramétricos (Chao 2, Jackknife de segundo orden y Bootstrap).

Chao 2 y Bootstrap sugieren que el tamaño de muestreo fue favorable para alcanzar a registrar casi la totalidad de especies de helmintos que componen cada localidad y Jackknife de segundo orden sugirió que aún faltan más especies que no se detectaron con el tamaño de muestreo (Tabla 6 y Figura 4).

Se consideró que el mejor estimador no paramétrico es Jackknife de segundo orden para responder a la pregunta antes mencionada. La primera razón de la elección de este estimador es porque mostró un mejor rendimiento en las evaluaciones de estimaciones de riqueza con simulaciones de comunidades de parásitos (Zelmer y Esch, 1999); es decir, mostró insensibilidad a los parámetros de riqueza verdadera y proporción de especies raras en la muestra y segunda es porque se consideró que el

esfuerzo de muestreo realizado en cada sitio no fue representativo (<30 individuos examinados) para suponer que se está próximo a completar los inventarios de especies.

Siguiendo la estimación de riqueza de Jackknife de segundo orden faltaría por registrar en río Salado y Manantial Maris 5 especies, mientras que en río Álamos 3, en arroyo Ejido de las Flores 2 y finalmente una especie en río Cañón (Tabla 6).

Análisis de la distribución de abundancias de las especies

El análisis de distribución de abundancias permitió observar de manera gráfica la riqueza observada y la distribución de especies en cada localidad. Identificando a las localidades más ricas y diversas (río Álamos, río Salado y Manantial Maris) y a río Cañón como la localidad más pobre en especies y dominada por una especie (Figura 5).

Índices de diversidad y equidad

Con los cálculos de índices de diversidad (D_s y H') y de equidad (E y J') se coincidió de manera cuantitativa con lo observado con el análisis de distribución de abundancias, que la comunidad más diversa es río Álamos, seguida de Manantial Maris, río Salado, arroyo Ejido las Flores y finalmente la comunidad menos diversa es río Cañón (Tablas 7 y 8) y mediante la comparación pareada con la prueba de t Hutchenson con el índice Shannon-Wiener (H') se fortalecieron los resultados antes mencionados, que la comunidad de río Álamos es más diversa comparada con tres localidades excepto con río Manantial Maris que mostró que no hay diferencia significativa para identificar cual es más diversa y el mismo caso ocurrió entre Manantial Maris y río Salado, sin embargo estas dos últimas son más diversas comparadas con arroyo Ejido de las Flores y río Cañón y finalmente río Cañón siempre se mostró como la localidad menos diversa (Tabla 9).

Tabla 5. Riqueza de especies de helmintos de *Astyanax mexicanus* en cinco localidades de muestreo en el estado de Coahuila. Los valores del coeficiente de determinación (R^2) indican el ajuste de los datos al modelo de Clench; los parámetros a , es la tasa de incremento de nuevas especies y b , está relacionado con la forma que adquiere la curva; se calculó el valor de la pendiente como $(a/(1+b*n)^2)$; la riqueza estimada como a/b y la proporción de especies registradas $S_{obs}/(a/b)$.

| Localidad | No. Hospederos | No. Especies Obsv | R^2 | a | b | Pendiente Clench | Estimador de Riqueza | Porcentaje |
|-------------------------|----------------|-------------------|-------|------|------|------------------|----------------------|------------|
| Arroyo Ejido Las Flores | 14 | 6 | 1 | 2.09 | 0.27 | 0.09 | 7.70 | 0.78% |
| Manantial Maris | 19 | 7 | 1 | 0.94 | 0.08 | 0.14 | 11.49 | 0.61% |
| Río Álamos | 14 | 7 | 1 | 1.75 | 0.18 | 0.14 | 9.84 | 0.71% |
| Río Cañón | 24 | 3 | 1 | 2.20 | 0.68 | 0.01 | 3.23 | 0.93% |
| Río Salado | 11 | 7 | 1 | 1.67 | 0.15 | 0.25 | 11.40 | 0.61% |

Tabla 6. Comparación de los estimadores no paramétricos de la riqueza de las comunidades de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus* en cinco localidades del estado de Coahuila.

| | Río Salado | Río Álamos | Maris | Arroyo Ejido las Flores | Río Cañón |
|-----------------------|------------|------------|-------|-------------------------|-----------|
| Chaos 2 | 7 | 8 | 11.5 | 6.5 | 3 |
| Jackknife 2 | 12.18 | 8.99 | 11.68 | 6.99 | 3.88 |
| Boostrap | 8.15 | 7.95 | 8.27 | 6.52 | 3.04 |
| Clench | 11.40 | 9.84 | 11.49 | 7.70 | 3.23 |
| Especies Obsv. | 7 | 7 | 7 | 6 | 3 |

Figura 4. Estimadores no paramétricos de riqueza de especies de helmintos parásitos de *A. mexicanus* en cinco localidades de muestreo en el estado de Coahuila. Nótese que en las localidades de río Salado, río Álamos y Manantial Maris, los estimadores de riqueza sugieren un mayor número de especies de helmintos que las registradas.

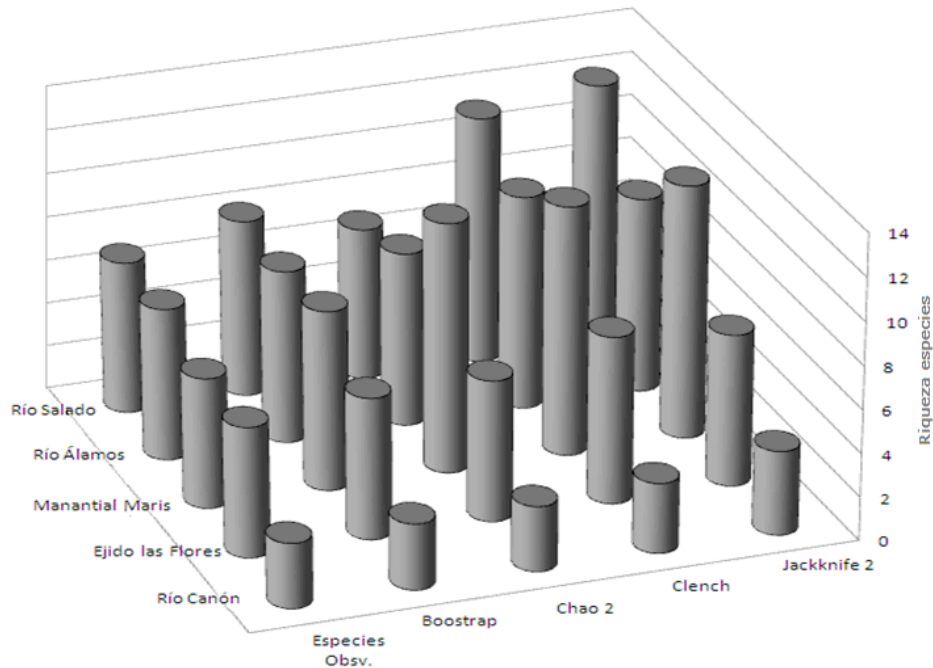


Figura 5. Análisis de distribución de abundancias de cinco localidades de colecta en el estado Coahuila.

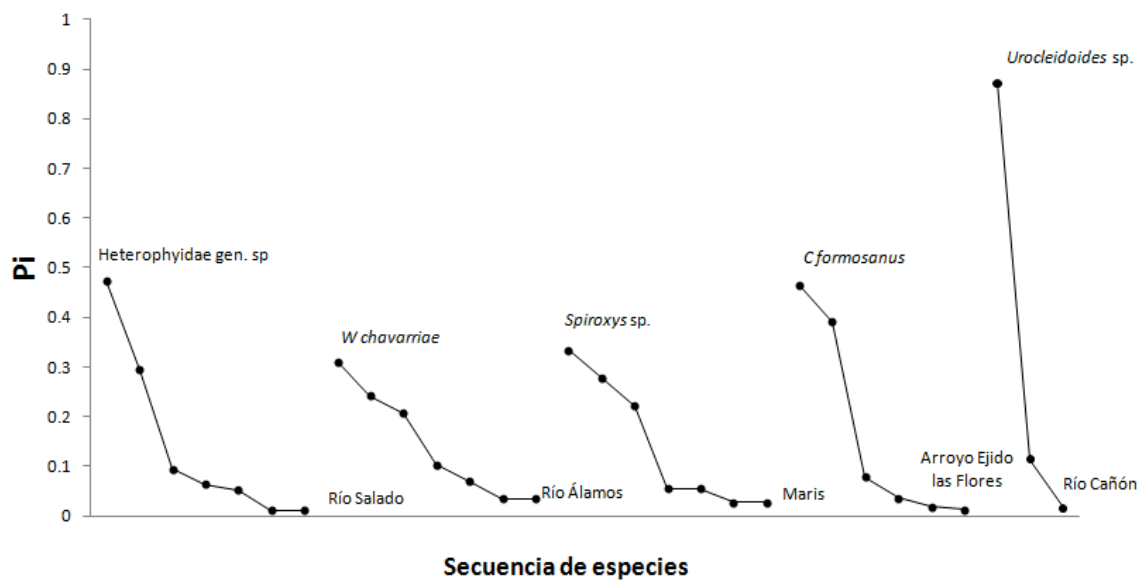


Tabla 7. Índices de diversidad de las comunidades de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus* en cinco localidades de Coahuila.

| | Río Salado | Río Álamos | Maris | Arroyo las Flores | Río Cañón |
|------------------------|------------|------------|-------|-------------------|-----------|
| (D_s) | 3.06 | 4.65 | 4.07 | 2.66 | 0.87 |
| (H') nits/indv | 1.36 | 1.68 | 1.58 | 1.17 | 0.28 |

Tabla 8. Índices de equidad de las comunidades de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus* en cinco localidades de Coahuila.

| | Río Salado | Río Álamos | Maris | Arroyo las Flores | Río Cañón |
|-----------|------------|------------|-------|-------------------|-----------|
| E= | 0.44 | 0.66 | 0.58 | 0.44 | 0.29 |
| J' | 0.70 | 0.86 | 0.81 | 0.65 | 0.26 |

Tabla 9. Valores de *t* Hutchenson para la comparación del índice de diversidad de Shannon entre pares de localidades. Cabe destacar que la primera columna que muestra las localidades fue el orden que se estableció en la prueba unilateral como sitios más diversos para realizar la comparación pareada. Se indica con un asterisco (*) los datos que son estadísticamente significativos con una alfa de 0.05.

| | Río Álamos | Río Salado | Maris | Río las Flores |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Río Salado | * (t= 2, 41; gl= 75) | -- | -- | -- |
| Maris | (t= 0, 72; gl= 64) | (t= 1,53; gl= 82) | -- | -- |
| Río las Flores | *(t= 4, 31; gl= 54) | *(t= 1,8; gl= 192) | *(t= 3,21; gl= 62) | -- |
| Río Cañón | *(t=11,85; gl= 52) | *(t= 10, 19; gl= 182) | *t= 10,29; gl= 60) | *(t= 10,04; gl= 360) |

Recambio de especies entre localidades

En términos generales la diversidad β es alta entre las localidades estudiadas. Observando que los valores del índice de Whittaker fluctuaron entre 0.4 a 0.8 al comparar entre pares de localidades. La helmintofauna de río Cañón contra Manantial Maris y río Salado son los que presentaron mayores diferencias con valores de 0.8 y río Álamos contra Manantial Maris y río Cañón son los sitios que comparten un mayor número de especies con valores de 0.4. Sin embargo el resto de las comparaciones pareadas se obtuvieron valores mayores a 0.5, indicando que al menos la mitad de las especies varía de localidad en localidad (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación en pares de las localidades determinando la β diversidad.

| | Río Álamos | Río Salado | Maris | Río las Flores |
|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------------|
| Río Cañón | 0.4 | 0.8 | 0.8 | 0.56 |
| Arroyo las Flores | 0.54 | 0.54 | 0.54 | -- |
| Maris | 0.43 | 0.71 | -- | -- |
| Río Salado | 0.71 | -- | -- | -- |

Estudio a nivel Infracomunidad

Se encontró que el promedio de la riqueza de especies por pez examinado varió de 0.8 a 1.5 entre las localidades estudiadas. Identificando que las localidades río Salado y arroyo Ejido de las Flores son las infracomunidades más ricas en especies de helmintos; río Álamos es la tercera localidad al respecto, seguido de río Cañón y la localidad con

menor riqueza en las infracomunidades fue Manantial Maris. Encontrando también que el número promedio de helmintos por cada ejemplar examinado varió de 1.89 a 11.86. Encontrando fuertes infecciones en los peces en arroyo Ejido de las Flores, Río Cañón y río Álamos, mientras que los peces de Manantial Maris y de río Salado, resultaron parasitados con uno o dos helmintos (Tabla 10).

Tabla 10. Riqueza de especies a nivel infracomunidad.

| | Río Salado | Río Álamos | Maris | Arroyo las Flores | Río Cañón |
|---|------------|------------|-------|-------------------|-----------|
| \bar{S} | 1.5 | 1.45 | 0.84 | 1.5 | 1.25 |
| Promedio helmintos por hospedero | 2.07 | 8.64 | 1.89 | 11.86 | 8.42 |

Discusión

Los datos generados con este estudio constituyen el primer registro helmintológico sobre la helmintofauna que parasita a *A. mexicanus* en el sistema Bravo-Conchos del estado de Coahuila; cabe recordar que esta área geográfica no había sido estudiada al respecto. El estudio aportó un registro de 17 helmintos que parasita a *Astyanax mexicanus*, de los cuales se identificaron a 5 especies como nuevos registros para el hospedero y 2 como nuevos registros para la familia Characidae y además se detectó la presencia de una especie introducida en las especies de peces mexicanos *C. formosanus* (Tabla 2) (Scholz y Salgado-Maldonado, 2000).

Los datos también permitieron reconocer que las comunidades de helmintos parásitos de *A. mexicanus* están constituidas predominantemente por especies de digéneos, seguido de los nemátodos y los monogéneos y por último los acantocéfalos. Esta distribución en los grupos de especies de helmintos parásitos reportada confirma el patrón generalizado en los vertebrados de México (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001) y en particular sobre la constitución de las comunidades de helmintos de los peces dulceacuícolas (Salgado-Maldonado *et al.*, 2001a y 2001b; Salgado Maldonado, 2006).

A partir del análisis de curvas de acumulación de especies y con la estimación de la riqueza a través del método no paramétrico (Jackknife de segundo orden) se logró identificar que en dos localidades (río Ejido de las Flores y río Cañón) se obtuvo un inventario casi completo de las especies de helmintos parásitos que componen la comunidad en *A. mexicanus* y que es necesario invertir un mayor esfuerzo (examinar mayor número de peces) para completar el inventario del resto de las localidades analizadas, ya que está incompleto. Los datos sugieren que para completar el conocimiento de la helmintofauna de *Astyanax mexicanus* en Coahuila, es necesario continuar haciendo muestreos con una mayor cantidad de peces y en un mayor número de localidades. Está claro que los análisis de riqueza de helmintos que se han señalado para el hospedero, está subestimada, ya que hay aún más especies de helmintos en Coahuila que no se lograron detectar con el tamaño de muestreo, principalmente por que el tamaño de muestra fue insuficiente en la mayoría de las localidades y en otras probablemente por tratarse de especies raras o bien por presentarse con prevalencias bajas.

Con la riqueza estimada en cada localidad se logró identificar que en general las comunidades de helmintos de *A. mexicanus* son pobres en riqueza de especies comparadas con comunidades de otros hospederos neotropicales. En los componentes de comunidad de *A. mexicanus* la riqueza estimada varió de 4 a 12 especies en contraste con los componentes de la comunidad de *Cichlasoma urophthalmum* (Günther, 1862) que reportaron una riqueza de 9 a 23 especies de helmintos parásitos (Salgado-Maldonado y Kennedy, 1997). Respecto a nivel infracomunidad en *A. mexicanus* el promedio de riqueza de especies en cada ejemplar es entre 0.8 a 1.5 especies, mientras que en la especie *Paraneetroplus synspilus* (Hubbs, 1935) reportaron una riqueza promedio de 2.4 especies de helmintos por hospedero examinado (Vidal-Martínez y Kennedy, 2000). Finalmente con los estudios de Choudhury y Dick (2000) sobre la diversidad de helmintos parásitos en varios grupos de peces dulceacuícolas de regiones tropicales, se reportó que la riqueza a nivel componente de comunidad varía entre 10 o más especies de helmintos a los pertenecientes al rango taxonómico Anguillidae, Cichlidae, Clariidae, Mochokidae y Cyprinidae.

Estas diferencias sobre la riqueza entre las comunidades de helmintos parásitos de peces se han explicado por los factores ambientales y las características del hospedero. Que de acuerdo con Holmes y Price (1986); Esch *et al.* (1990) son los que influyen en el desarrollo de la fauna parasita de los vertebrados.

Polyansky (1961) menciona que los principales factores que determinan la variedad de la helmintofauna, así como la incidencia e intensidad de infección son; la dieta, talla, la edad, distribución y la densidad poblacional.

En general estas propuestas implicaron reconocer por que las comunidades de helmintos de *A. mexicanus* son pobres respecto a las comunidades de otras especies de peces dulceacuícolas neotropicales. En el caso de las comunidades de helmintos parásitos de cíclidos (*Cichlasoma urophthalmus* y *Paraneetroplus synspilus*) los rasgos característicos del hospedero como la talla y la dieta fueron los factores más evidentes. Estas especies de cíclidos alcanzan una mayor talla (tres veces, ó más a la del hospedero de estudio) que permite ofrecer un mayor espacio físico y una variedad de nichos para colonización de los helmintos parásitos (Poulin, 2000), mientras que su amplia ingesta de alimentos que consistente en; algas, detritos, otros grupos de peces, micro y marco invertebrados (Miller *et al.*, 2005) a lo largo del desarrollo al estado adulto promueve una mayor probabilidad de adquisición de parásitos (Rohde, *et al.*, 1998; Poulin y Valtonen, 2001a y 2001b), por lo cual es, de esperarse una mayor riqueza de especies parásitas.

A través de comparaciones con los inventarios de la helmintofauna de peces que pertenecen al mismo género *A. aeneus* y *A. fasciatus* (De acuerdo con Hausdorf *et al.* (2011), se tratase de la misma especie, *A. aeneus*) se encontró que reportan un considerable número de especies que las parasitan. Respecto a la especie *A. aeneus* se reportó un número de especies que varía de 16 a 24 en la cuenca del Papaloapan y en el sistema dulceacuícola del estado de Chiapas. En lo referente a *A. fasciatus* se reportó un número de especies que varió de 9 a 14 en los sistemas de Atoyac Verde, cuencas del Balsas y Papaloapan. En ambas se identificó que las proporciones de especies particulares son mayores respecto a la composición de *A. mexicanus*. En *A. aeneus* la composición de especies particulares variaron de 25-37% y en *A. fasciatus* 28-44% (Mora- Bonilla, 2010). Mientras que comparada la helmintofauna con la misma especie

(*A. mexicanus*), se encontró que en río Pánuco se reportaron un menor número de especies que la parasitan (15 especies), sin embargo la composición es mayor en especies particulares con un 27% (Mora-Bonilla, 2010).

Los inventarios de la helmintofauna respecto al mismo género evidenciaron la tendencia de la hipótesis y con la comparación de los inventarios de helmintofauna sobre la misma especie (*A. mexicanus*) de los afluentes de ríos Pánuco y Bravo se comprobó la hipótesis generada en este trabajo a partir del trabajo de Kennedy y Bush (1994). Encontrando que la composición de helmintos parásitos en *A. mexicanus* en la región río Bravo-Conchos en Coahuila es pobre en helmintos parásitos particulares y dominada por especies generalistas. Sin embargo para fortalecer este resultado se sugiere que se comparen con inventarios de helmintofauna en afluentes sobre la distribución austral de *A. mexicanus*.

Acercas de los objetivos particulares se encontró que la diversidad varía entre las localidades estudiadas. Encontrando localidades equitativas en la distribución de la helmintofauna y otras con dominio de una o dos especies. Que para entender estas diferencias sobre la diversidad en las comunidades es necesario tener en cuenta diferentes aspectos ecológicos de cada sitio. La complejidad del sistema, así como las interacciones biológicas, tanto con otros grupos de peces dulceacuícolas, como con otros grupos de organismos que funcionan como hospederos intermediarios son aspectos importantes que favorecen el desarrollo de los ciclos de vida de los helmintos parásitos. Es evidente que las localidades río Álamos, río Manantial Maris y el río Salado son los sitios más diversos en lo que a la helmintofauna se refiere. En cuestiones de complejidad del cuerpo se identificó que los sitios más diversos se ubican entre las conexiones importantes del sistema y más próximos al afluente principal donde

posiblemente involucre mayor dinámica en las interacciones entre las diferentes poblaciones de organismos que este permitiendo que los helmintos parásitos logren exitosamente las diferentes estrategias en los ciclos de vida, en contraste con arroyo Ejido de las Flores y río Cañón que son cuerpos pequeños que se localizan dentro de sistemas intermitentes y más distanciados del principal afluente.

Se identificó también entre las comunidades estudiadas que las especies comunes y raras cambian en cada comunidad que probablemente las condiciones locales estén determinando las composiciones de cada localidad. Por lo tanto, no se logró distinguir algún patrón general sobre la frecuencia de especies raras/comunes respecto a las estrategias de ciclo de vida de los helmintos parásitos, es decir; las especies comunes o las raras no son siempre de ciclo de vida directo o bien de ciclo de vida complejo.

En cuanto a los dos niveles de estudio de comunidades de helmintos parásitos en peces, se identificó que difieren en la localidad más diversa y de igual manera con la localidad más pobre, posiblemente este resultado se encuentre asociado a las altas prevalencias y el alto número de gusanos por hospedero examinado de dichas localidades.

Finalmente se encontró que a pesar de ser comunidades pobres en riqueza local y con diferente diversidad exhiben un importante componente de beta diversidad asociado a las condiciones locales de cada sitio. Este resultado implica sugerir que Coahuila presenta un alta diversidad regional de helmintos parásitos de *A. mexicanus*. Esta diversidad gamma alta, se debe más a un alto recambio de especies como lo señalan los análisis, que a la riqueza local. Por esta razón los datos obtenidos en este estudio contribuyen a comprobar que México es un país beta diverso (Aguilar-Aguilar y Salgado-Maldonado, 2006).

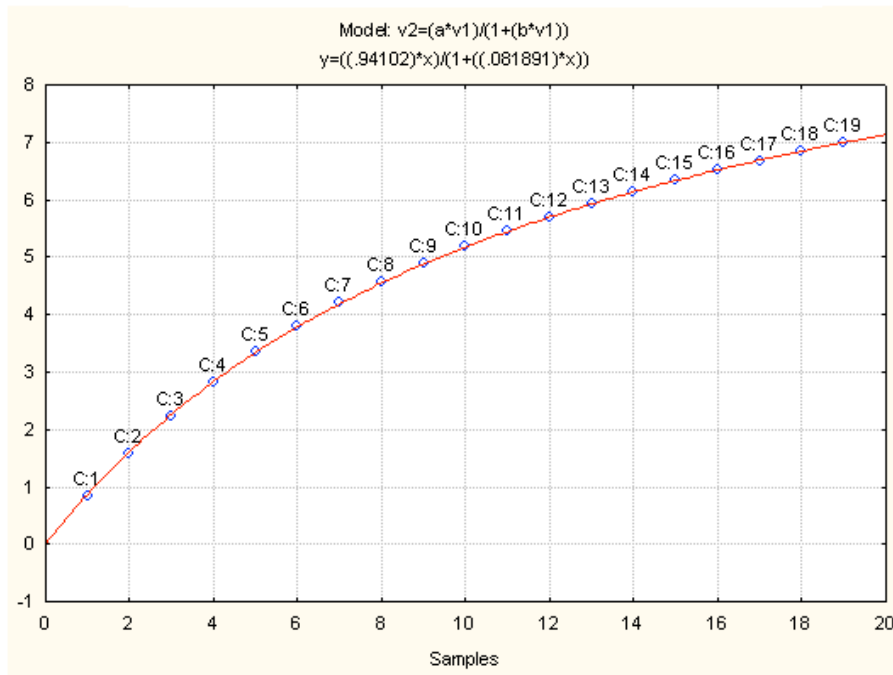
Conclusiones

Lo que esta investigación demuestra es que las comunidades de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus* en el estado de Coahuila son comparativamente pobres en riqueza con respecto a otras comunidades de peces neotropicales, que se encuentran dominadas por especies generalistas y que exhiben un componente de beta diversidad alto asociado a las características locales de cada sitio.

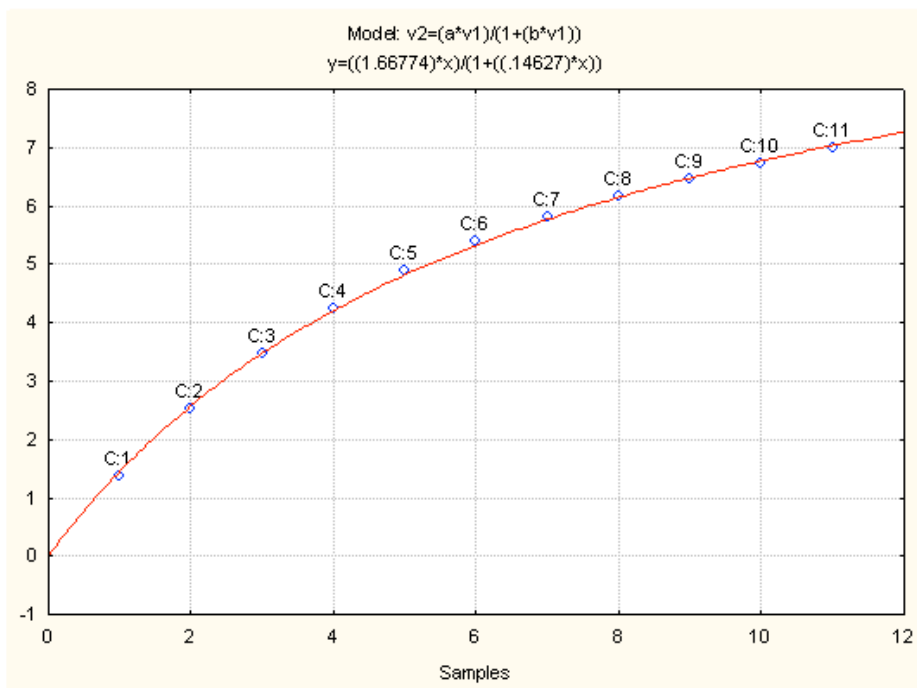
Finalmente se aportó un inventario de helmintos parásitos de *Astyanax mexicanus* en el límite más boreal de la distribución de esta especie en México, que se encuentra compuesto primordialmente por tremátodos y nemátodos, seguido de monogéneos y acantocéfalos confirmando el patrón descrito para otros peces dulceacuícolas.

Apéndice 1. Gráficas de curvas de acumulación de especies de helmintos parásitos de *A. mexicanus* de las localidades de estudio de Coahuila.

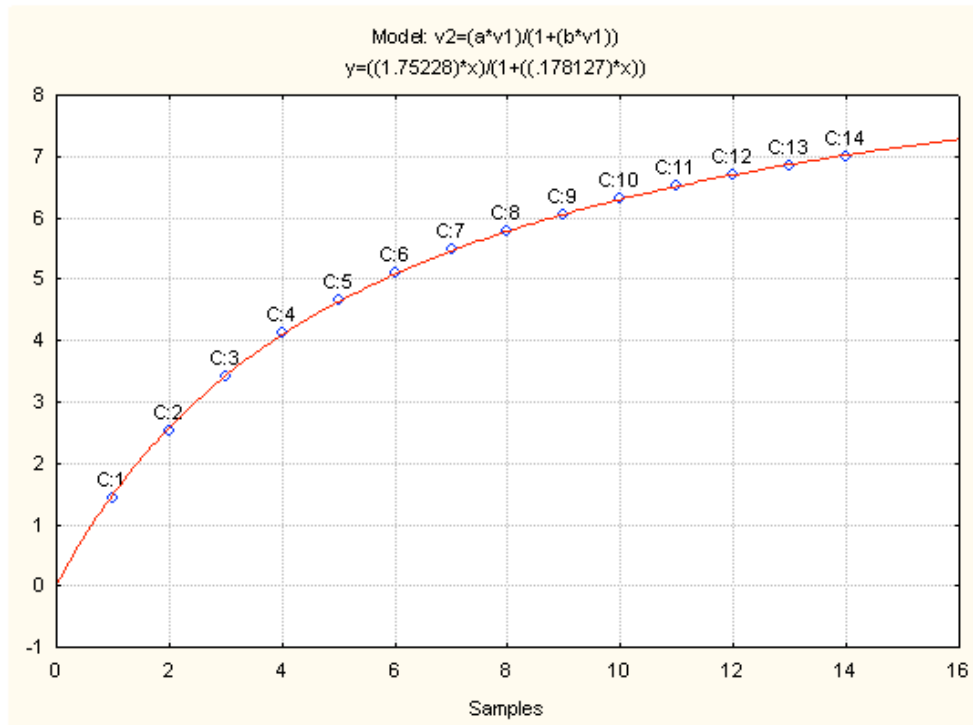
Curva acumulativa de especies de Río Manantial Maris



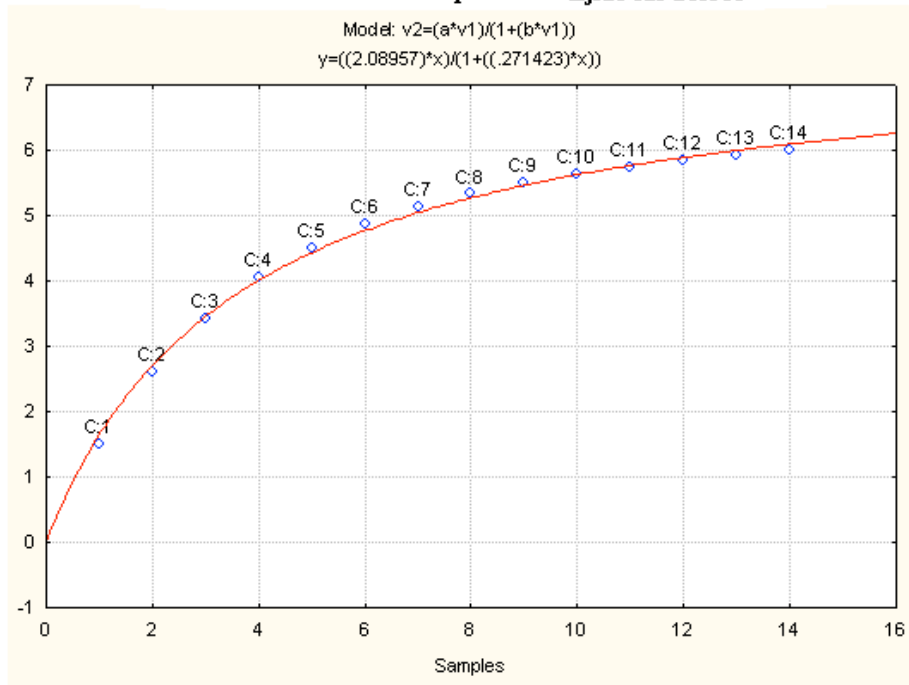
Curva acumulativa de especies de Río Salado



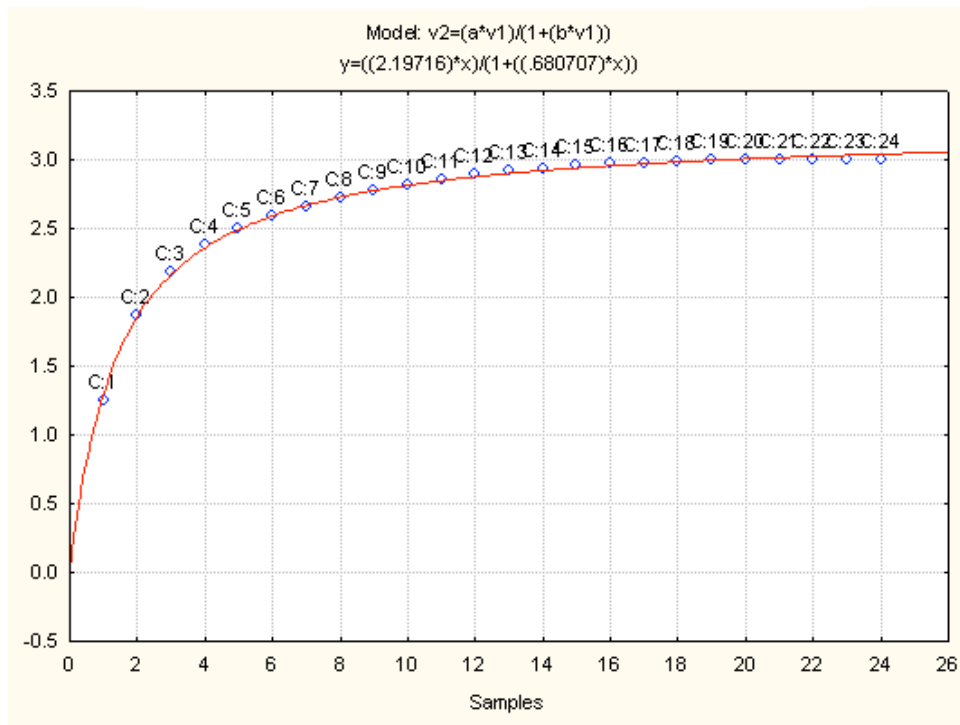
Curva acumulativa de especies de Río Álamos



Curva acumulativa de especies de Ejido las Flores



Curva acumulativa de especies de Río Cañón



Bibliografía

- Aguilar- Aguilar, R. y G. Salgado-Maldonado, G. 2006. Diversidad de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en dos cuencas hidrológicas de México: los helmintos y la hipótesis del México betadiverso. *Interciencia* **31**: 484-490.
- Berra, T. M. 2001. *Freshwater fish distribution*. Academic Press. San Diego. 132-140 pp.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. y Shostak, A. W. 1997. Parasitology Meets Ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited. *Journal of Parasitology* **83**: 575-583.
- Choudhry, A. y Dick, A. 2000. Richness and diversity of helminth communities in tropical freshwater fishes: Empirical evidence. *Journal of Biogeography* **27**: 935-956.
- Colwell, R. K. y Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* **345**:101-118.
- Darlington, P. J., Jr. 1957. *Zoogeography: the geographical distribution of animals*. John Wiley and Sons, Inc., Nueva York. 675 pp.
- Esch, G. W., Bush, A. O. y Aho, J. M. 1990. *Parasite communities: patterns and processes*. Chapman & Hall, London. 335 pp.
- Espinosa-Pérez, H., Gaspar-Dillanes., M y Fuentes-Mata, P. 1993. *Listados Faunístico de México III. Los Peces dulceacuícolas Mexicanos*. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, México. 98 pp.

- Gaston, K. J. 1994. *Rarity*. Chapman and Hall, London, Reino Unido. 205 pp.
- Hausdorf, B., Wilkens, H. y Strecker, U. 2011. Population genetic patterns revealed by microsatellite data challenge the mitochondrial DNA based taxonomy of *Astyanax* in Mexico (Characidae, Teleostei). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **60**:89-97.
- Holmes, J. C. y Price, W. P. 1986. *Communities of parasites*. In *Community ecology: Pattern and process*, Kikkawa J. y Anderson D. J. (eds.) Blackwell Scientific Publications, Oxford. 187-213 pp.
- INEGI-DGG. 1999. Superficie de la República Mexicana por Estados.
- INEGI. 2000. Marco Geoestadístico.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas acumulativas de especies y la necesidad de evaluar la cantidad de los inventarios biológicos. *Revista Aracnología* **8**:151-161.
- Kennedy, C. R. 1990. *Helminth communities in freshwater fish: Structured communities or stochastic assemblages?* In *Parasite communities: Patterns and processes*, Esch, G. W., Bush, A. O. y Aho J. M. (Eds.). Chapman and Hall, London, Reino Unido. 131-156 pp.
- Kennedy, C. R., y Bush, A. O. 1994. The relationship between pattern and scale in parasite communities: a stranger in a stranger land. *Parasitology* **109**:187-196.
- Krebs, C. J. 1985. *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. Harper y Row, Publishers, New York. 800 pp.
- Lamothe-Argumedo, R. 1997. *Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres*. AGT Editor, México D. F. 43 pp.

- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University, Princeton, Nueva Jersey. 179 pp.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Brackwell publishing, Reino Unido. 256 pp.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.T. Norris. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago, Chicago. 601 pp.
- Mora-Bonilla, A. 2010. *Comunidades de helmintos parasites de Carácidos (Teleostei: Characidae) en México*. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, México, D.F. 87 pp.
- Myers, G. S. 1938. Fresh-water fishes and West Indian zoogeography. Annual report. Smithsonian Institution. **1937**:339-364.
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. 4th Edición. John Wiley & Sons, Nueva York. 148-157 pp.
- Ornelas-García, C.P., Domínguez-Domínguez, O. y Doadrio, I. 2008. Evolutionary history of the fish genus *Astyanax* Baird & Girard (1854) (Actynopterigii, Characidae) in Mesoamerica reveals multiple morphological homoplasies. *BMC Evolutionary Biology* **8**:340.
- Pérez-Ponce de León, G. y García-Prieto, L. 2001. Diversidad de helmintos parásitos de vertebrados silvestres de México. *Biodiversitas* **6**:7-11.
- Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L. y Mendoza- Garfias, B. 2007. Trematode parasites (Platyhelminthes) of wildlife vertebrates in Mexico. *Zootaxa* **1534**:1-247.
- Pérez-Ponce de León, G., Rosas-Valdez, R., Aguilar- Aguilar. R., Mendoza-Garfias, B., Mendoza-Palmero, C., García-Prieto, L., Rojas-Sánchez, A., Briosio-Aguilar, R.,

- Pérez-Rodríguez, R., y Domínguez-Domínguez, O. 2010 Helminth parasites of freshwater fishes, Nazas River basin, northern Mexico. *Check List Journal of species lists and distribution* **6**:26-35.
- Polyansky, Yu. I. 1961. *Ecology of parasites of marine fishes*. En Dogiel, V. A., Petrushevki, G. K. y Polyansky Yu. I. (Eds). *Parasitology of fishes*. Oliver and Boyd, Edinburgo. 48-83 pp.
- Poulin, R. 1998. Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology* **84**:485-490.
- Poulin, R. 2000. Variation in the intraspecific relationship between fish length and intensity of infection: biological and statistical causes. *Journal of Fish Biology* **56**:123-137.
- Poulin R. y Valtonen E.T. 2001a. Interspecific associations among larval helminths in fish. International. *Journal for Parasitology* **31**:1589-1596.
- Poulin R. y Valtonen E.T. 2001b. Nested assemblages resulting from host size variation: the case of endoparasite communities in fish hosts. International. *Journal for Parasitology* **31**:1194-1204.
- Rohde, K., Worthen W.B., Heap M., Hugueny B. y Guégan, J.F. 1998. Nestedness in assemblages of metazoan ecto-and endoparasites of marine fish. International *Journal for Parasitology* **28**:543-549.
- Salgado-Maldonado, G. y Kennedy C. R. 1997. Richness and similarity of helminth communities in tropical cichlid fish *Chiclasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology* **114**:581-590.
- Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Caspeta-Mandujano, J. M., Soto-Galera, E., Mayén-Peña, E., Brailovsky D., Báez-Valé, R. 2001a. Helminth

parasites of freshwater fishes of the Balsas river drainage basin of Southwestern Mexico. *Comp. Parasitol.* **68**:196-203.

Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Caspeta-Mandujano, JM., Moreno-Navarrete, RG., Sánchez-Nava, P. y Aguilar-Aguilar, R. 2001b. A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago river basin, Mexico. *Comp Parasitol* **68**:204-21.

Salgado-Maldonado, G., Moravec, F., Cabañas-Carranza, G., Aguilar-Aguilar, R., Sánchez-Nava, P., Báez-Valé, R., y Scholz, T. 2004. Helminth parasites of the tropical Gar, *Atractosteus tropicus* gill from Tabasco, Mexico. *Journal of Parasitology* **90**:260-265.

Salgado-Maldonado, G., Pineda-López, R., García-Magaña, L., López-Jiménez, S., Vidal-Martínez, V. M. y Aguirre-Macedo, L. 2005. *Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas*. En Bueno Álvarez, J. F. y Santiago, S. (Eds.) *Biodiversidad del esrado de Tabasco*. Instituto de Biología, UNAM, CONABIO. México Cap 6:145-166.

Salgado-Maldonado, G. 2006. Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. *Zootaxa* **1324**:1-357.

Salgado-Maldonado, G. 2008. Helminth parasites of freshwater fish from Central America. *Zootaxa* **1915**:29-53.

Salgado-Maldonado, 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 Nacional Autónoma de México, México.

http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/directorio/s/salgado/manual/manual_prac_parasitol.pdf. Consultado el 8 Noviembre 2012.

- Schmitter-Soto, J. J., Valdez-Moreno, M. E., Rodiles-Hernández, R. yGonzález-Díaz, A. A. 2008. *Astyanax armandoi*, a Junior Synonym of *Astyanax aeneus* (Teleostei: Characidae). *Copeia* (2):409-413.
- Scholz, T. y Salgado-Maldonado, G. 2000. The introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophidae) in México: a review. *American Midland Naturalist* **143**(1):185-200.
- SPP-INEGI. 1983. *Síntesis geográfica de Coahuila*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. INEGI. Gobierno de México. Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Vidal-Martínez, V.M. y Kennedy, C.R. 2000. Potential interactions between the intestinal helminths of the cichlid fish *Cichlasoma synspilum* from Southeastern Mexico. *Journal of Parasitology* **86**:691-695.
- Zelmer, D. A. y Esch, G. W. 1999. Robust estimation of parasite component community richness. *Journal Parasitology* **85**:592-594.