



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

MAESTRIA Y DOCTORADO EN CIENCIAS

**Riqueza y Diversidad de helmintos gastrointestinales
en aves acuáticas en la Ciénaga Chimaliapan, San
Pedro Tultepec, Estado de México**

TESIS

Que para obtener el grado de

Maestra en Ciencias

PRESENTA:

Biól. Paola Aniceto Mejía

Comité tutorial:

Dra. Petra Sánchez Nava.

Dr. Felipe de Jesús Rodríguez Romero



TOLUCA, ESTADO DE MÉXICO ABRIL, 2018.

Después de todo, ¿qué es un científico entonces? Es un hombre curioso que mira a través del ojo de una cerradura, la cerradura de la naturaleza, tratando de saber qué es lo que sucede.

Jacques-Yves Cousteau

La ciencia será siempre una búsqueda, jamás un descubrimiento real. Es un viaje, nunca una llegada.

K. R. Popper.

El misterio es la cosa más bonita que podemos experimentar. Es la fuente de todo arte y ciencia verdaderos.

Albert Einstein

“-¡Qué lejos estamos!, suspiró. – ¿De qué? – De nosotros mismos.

G.G. Márquez

Visto a la luz de la evolución, la biología es quizá, la ciencia más satisfactoria e inspiradora. Sin esa luz, se convierte en un cumulo de hechos varios, algunos de ellos interesantes o curiosos, pero sin formar ninguna visión conjunta.

T. Dobzhansky

DEDICADA A:

Los pilares de mi vida, mi fuerza y sosiego: mamá, por tu infinito amor, tu mirada que me inunda de paz y me guía en el camino de la vida; papá, por tu cariño y apoyo incondicional, así como tu protección perpetua.

Ustedes mis compañeros de vida, con quien comparto el amor por la vida que gestamos en la misma cuna, mis eternos cómplices, mis superhéroes favoritos, porque vinimos al mundo como hermanos, y ahora vamos mano a mano, ninguno antes que el otro.

Mis dos seres de luz, su llegada le dio un brillo especial a mis días. Amor, de tu mano quiero caminar siempre, que tu amor y ternura me inspire a brindar siempre lo mejor mí. Santi, ser tu tía es un regalo invaluable.

RESUMEN

Se recolectaron 33 aves acuáticas en la ciénaga Chimaliapan en el Estado de México, con el objetivo de conocer la diversidad de helmintos gastrointestinales que las parasitan. Mediante la aplicación de técnicas parasitológicas se obtuvo un total de 1192 helmintos, los cuales fueron clasificados en seis especies de tremátodos, cinco especies de cestodos, de nemátodos y dos de acantocéfalos. El grupo más diverso fue el de los tremátodos con seis especies descritas, seguidos por los cestodos, nematodos y acantocéfalos, con dos especies para cada uno de los grupos. Sin embargo el grupo de los cestodos presentó los valores más altos de prevalencia, abundancia e intensidad, mientras que los nematodos tuvieron los valores más bajos en los parámetros calculados. El presente estudio representa el primer registro en México de las especies descritas en los hospederos *F. americana*, así mismo se registran especies de helmintos en hospederos en los que no habían sido registrados. En las aves colectadas dentro de la zona de estudio se registró la presencia de *Z. lunata* y *E. revolutum*, que son especies de importancia zoonótica. El análisis de Gastón indica la presencia de seis especies dominantes, seis raras y tres ocasionales. El inventario de helmintos se validó mediante una curva de acumulación de especies ajustada al modelo de Clench obteniendo una $R^2 = 99.99\%$, e indica que se registró una proporción de fauna del 85.7%. El análisis de comunidad componente de las especies de helmintos indica que el hospedero *A. clypeata* presentó una mayor diversidad de especies parásitas, mientras que *A. acuta* y *A. crecca* presentaron una menor diversidad. Los análisis de similitud de Bray-Curtis y Jaccard muestran la formación de tres grupos de hospederos en relación a las especies de parásitos que comparten.

ABSTRACT

Thirty-three aquatic birds were collected in the Chimaliapan swamp in the State of Mexico, with the aim of knowing the diversity of gastrointestinal helminths that parasitize them. Through the application of parasitological techniques a total of 1192 helminths were obtained, which were classified into six species of trematodes, five species of cestodes, of nematodes and two of acanthocephalans. The most diverse group was that of the trematodes with six described species, followed by the cestodes, nematodes and acanthocephalic, with two species for each of the groups. However, the group of cestodes presented the highest values of prevalence, abundance and intensity, while the nematodes had the lowest values in the calculated parameters. This study represents the first record in Mexico of the species described in the *F. americana* hosts, as well as species of helminths in hosts where they had not been registered. The presence of *Z. lunata* and *E. revolutum*, which are species of zoonotic importance, was recorded in the birds collected within the study area. Gastón's analysis indicates the presence of six dominant species, six rare and three occasional. The inventory of helminths was validated by means of a curve of accumulation of species adjusted to the Clench model obtaining an $R^2 = 99.99\%$, and indicates that a fauna proportion of 85.7% was registered. The community analysis component of the helminth species indicates that the host *A. clypeata* presented a greater diversity of parasitic species, while *A. acuta* and *A. crecca* showed a lower diversity. The similarity analysis of Bray-Curtis and Jaccard show the formation of three groups of hosts in relation to the parasite species they share.

Agradecimientos

A Dios y a la vida por todo cuanto he recibido, sin duda en abundancia.

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca otorgada.

A la Dra. Petra Sánchez Nava por, dirigir el presente trabajo, por compartir sus conocimientos, pero sobre todo por su apoyo, confianza, su valiosa y preciada amistad, sin duda una maravillosa persona.

Al Dr. Felipe de Jesús Rodríguez Romero por su apoyo en la realización de la tesis, por compartir sus conocimientos y sus acertados comentarios.

A los Dres. Guillermo Salgado Maldonado, Javier Manjarrez Silva, Tizbe T. Arteaga Reyes, a la M. en C. Irma Victoria Rivas Manzano y M. en CARN. Belem Flores Nava, quienes amablemente dedicaron su tiempo en la revisión de la tesis, sus comentarios fueron de gran utilidad en la mejora del trabajo.

A mis compañeros, amigos y colegas Ulises y Laura, por su compañía y apoyo dentro del laboratorio, en campo y en clases, por los ánimos cuando el trabajo llegaba en abundancia y no le veía el fin.

Al señor Oscar, por la donación de las aves, y su tiempo facilitado en campo, los días de campo.

A todas las personitas que amablemente siempre me brindaron su ayuda, Normis Sofi, Meche, Don George, que sería de nosotros si ustedes.

CONTENIDO

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
CONTENIDO	IV
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABLAS	IX
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	3
Características de los helmintos.....	3
Ciclo de vida de los helmintos y las aves acuáticas.....	3
Phylum Acanthocephala.....	6
Phylum Nematoda.....	7
Phylum Platyhelminthes.....	7
Clase Cestoda.....	8
Clase Trematoda.....	8

Helmintofauna en aves de México.....	9
Características de la ciénaga Chimaliapan.....	12
Aves en la ciénaga Chimaliapan.....	13
Especies de aves de importancia cinegética en el centro de México...	14
Características de la familia Anatidae.....	15
Características de <i>Fulica americana</i>	16
JUSTIFICACIÓN.....	16
HIPÓTESIS.....	17
OBJETIVOS.....	17
Objetivo General	17
Objetivos particulares.....	18
MATERIALES Y MÉTODO.....	19
Área de estudio.....	19
Recolecta de hospederos.....	19
Examen helmintológico.....	20
Fijación de helmintos.....	21

Aclaración de Nematodos.....	22
Tinción y montaje para cada grupo de helminto.....	22
Determinación taxonómica.....	23
Análisis Estadístico de Datos.....	23
RESULTADOS	27
Hospederos colectados.....	27
Inventario de helmintos parásitos en aves acuáticas.....	28
Clasificación ecológica de especies parásitas.....	29
Riqueza y diversidad de especies parasitas en aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan.....	30
DISCUSIÓN.....	41
CONCLUSIONES.....	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de helmintos parásitos intestinales de aves acuáticas a) Clase Trematoda; b) Clase Cestoda; c) Phylum Acanthocephala y d) Phylum Nematoda.

Figura 2. Morfología general de helmintos parásitos intestinales de aves acuáticas a) Trematodo; b) Cestodo; c) Acanthocephalo y d) Nematodo.

Figura 3. Zona de estudio, ciénaga Chimaliapan, San Pedro Tultepec, Estado de México, México.

Figura 4. Esquema gráfico de Análisis de Gastón para jerarquización de especies parásitas.

Figura 5. Análisis Olmstead-Tukey, clasificación de especies de acuerdo a su importancia ecológica; cuadrante I: especies dominantes (cuatro especies), cuadrante III: especies raras (seis especies) y cuadrante IV: especies ocasionales (cinco especies).

Figura 6. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas acuta*, se observan tres especies dominantes, el resto de las especies se ubican como especie rara.

Figura 7. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas clypeata*, se observan cinco especies dominantes, seis especies raras y dos especies ocasionales.

Figura 8. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas crecca*, se observa que los cestodos *D. americana* y *S. krabbeella* como especies dominantes, y el resto como especies raras.

Figura 9. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas platyrhynchos*, se observa dos especies de cestodos como dominantes, el resto de las especies como especies raras.

Figura 10. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas discors*, se observa la distribución de cinco especies dominantes en el cuadrante I, tres especies comunes y el resto de las especies como raras (siete).

Figura 11. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas diazi*, se observa la formación de dos grupos de especies dominantes (diez) el resto de las especies (cinco) como especies raras.

Figura 12. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Fulica americana*, se observa tres especies de trematodos como especies dominantes, tres especies como especies comunes y el resto de las especies como especies raras (diez).

Figura 13. Curva de acumulación de especies realizada con la riqueza de helmintos encontrada en aves acuáticas.

Figura 14. Esquema del análisis cuantitativo de Bray-Curtis.

Figura 15. Esquema de análisis cualitativo de Jaccard.

Figura 16. Trematodo *Leucochloridium* sp., encontrado en los hospederos *A. clypeata* y *F. americana*

Figura 17. Trematodo *Paramonostomum* sp., descrito en *A. clypeata* y *A. acuta*, se observa poro genital y ovarios.

Figura 18. *Notocotylus* sp. Descrito en *A. diazi*, se observan los ciegos intestinales, tinción Paracarmin de Mayer.

Figura 19. Organismo pre adulto del género *Notocotylus*, se observan las apilas distribuidas en tres filas.

Figura 20. Trematodo *Echinostoma revolutum*, descrito en *A. discors*, especie zoonótica, se observa el collar de 37 espinas.

Figura 21. Adulto grávido de *Paramonostomum* sp., se observan las ventosas de gran tamaño y una gran cantidad de huevos.

Figura 22. Organismo adulto grávido de *Zygocotyle lunata*, especie zoonótica descrita en hospederos *A. diazi*.

Figura 23. Fase pre adulta de *Tylodelphys* sp., descrita en *A. clypeata*, único organismo encontrado.

Figura 24. Escólex de *Diorchis americana*, se observan estructuras de fijación: ventosas y ganchos rostrales.

Figura 25. Escólex y proglotidos de *Microsomacanthus* sp., parte superior estructuras de fijación y parte posterior segmento de proglotidos.

Figura 26. Cestodo *Fimbriaria fasciolaris*, descrito en hospederos *A. discors* y *A. clypeata*.

Figura 27. Estructuras de fijación de *Hymenolepis megalops*, cuatro ventosas de gran tamaño.

Figura 28. Acantocéfalo adulto de *Polymorphus* sp., se observan testículos de gran tamaño y probóscide contraída.

Figura 29. Acantocéfalo de la especie *Pseudocorynosoma constrictum* encontrado en los hospederos *A. diazi*.

Figura 30. Útero con huevos de la especie *Pseudocapillaria* sp., encontrados en *A. discors*.

Figura 31. Nematodo macho de la especie *Capillaria anatis*, descrito en los hospederos *A. clypeata* y *A. diazi*.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Hospederos de las familias Anatidae y Rallidae colectados durante la temporada cinegética Noviembre 2014-Febrero 2015.

Tabla 2. Parámetros de infección obtenidos por grupo de helmintos

Tabla 3. Inventario de helmintos gastrointestinales encontrados en aves acuáticas de importancia cinegética de la ciénaga Chimaliapan, San Pedro Tultepec, Estado de México

Tabla 4. Estructura de la comunidad componente de helmintos en aves acuáticas de ciénaga Chimaliapan, San Pedro Tultepec, Estado de México.

Tabla 5. Lista de helmintos X^2 =abundancia promedio, S^2 = Varianza de la abundancia, ID =índice de dispersión, k =Índice de agregación.

INTRODUCCIÓN

La riqueza y diversidad de especies son propiedades de las comunidades biológicas, y comúnmente son utilizadas para describir una taxocenosis, determinar su distribución y presencia, evaluar sus repuestas a perturbaciones ambientales y establecer planteamientos contemporáneos de conservación (Rosenstock et al., 2002; Bojorges-Baños J. C. 2011). La riqueza biológica (S) se define como el número de especies de flora o fauna que se encuentran en un hábitat, ecosistema, área, región o espacio y tiempo determinado, y es un tipo de medida de la diversidad alfa. Pero debido a la dificultad que se tiene para obtener muestreos completos se suele obtener por medio de estimaciones o por medio de análisis estadísticos por ejemplo rarefacciones del número de especies basado en los datos obtenidos en el muestreo. La manera más simple de medir la riqueza es mediante un inventario que muestre la cantidad especies presentes. Por otro lado Magurran (1988) menciona que la diversidad es un concepto que no es fácilmente definible, debido a que no se compone de un solo elemento si no de dos: de la variación (riqueza) y de la abundancia relativa de las especies (A), definiendo a esta última como el porcentaje de individuos de cada especie en relación al total que conforman a la comunidad o subcomunidad, por tal motivo la diversidad es la abundancia de elementos diferentes, de tal modo que la diversidad toma en cuenta no solo el número de especies diferentes (S), sino también su abundancia (A) o presencia relativa (Margalef, 1991). De tal manera que el número de especies y la abundancia relativa de estas son características de las comunidades que se utilizan para definir la diversidad de especies. La diversidad biológica es frecuentemente utilizada como un importante indicador del funcionamiento de un ecosistema

(Tilman et al., 1997), y dado que la riqueza de especies es sensible a las condiciones físicas de los ecosistemas, la heterogeneidad de hábitats y otros factores basados en interacciones bióticas (Ricklefs y Miller). Una de las formas de dar a conocer la diversidad es mediante la realización de listados que proporcionan datos sobre alguna región geográfica.

Las diferencias entre los organismos parásitos y los organismos de vida libre es que el hábitat de los parásitos son organismos vivos que tienen capacidad de movimiento, crecimiento, evolución y respuesta hacia el parásito. En el estudio de los parásitos varias especies pueden encontrarse en un hospedero individual, en una población de hospederos o en múltiples poblaciones de hospederos infectados por alguno de los estadios del desarrollo del parásito. Las especies parásitas en general (Protozoos, helmintos artrópodos, crustáceos, etc.) son un componente importante en la biodiversidad de los ecosistemas y de gran valor ecológico. En el caso de los helmintos parásitos de aves, su estudio aporta información sobre los hábitos alimenticios, biogeográficos, comportamiento, evolución y rutas de migración de ellos, de sus hospederos y otras especies del ecosistema, debido al papel regulador que muchos tienen sobre las poblaciones de sus hospederos y la estructura de sus comunidades (Bautista et al., 2013). El grupo de helmintos cuenta con una gran diversidad de especies que de manera natural podrían actuar como especies que regulen poblaciones de sus hospederos, es ahí donde radica la importancia de conocer la ecología de las especies parásitas y de las aves acuáticas silvestres que son hospederos de una gran variedad de ellos.

ANTECEDENTES

Características de los helmintos

Los helmintos son un grupo de organismos muy abundantes en la naturaleza, son parásitos de vertebrados como peces, anfibios, reptiles y aves, es un grupo polifilético, debido a que está formado por 4 phyla (Ruppert, 1996): Acanthocephala, Nematoda, Annelida (no parasitan aves) y Platyhelminthes, éste último con tres clases de importancia; Trematoda, Cestoda y Monogenea (parásitos exclusivos de peces) (Salgado-Maldonado, 1979). Los integrantes de cada phylum y clase presentan características morfológicas y fisiológicas muy específicas, pero en general todos tienen ciclos de vida complejos (Fig. 1) y por tanto múltiples grados de interacción con sus hospederos (Aguilar et al., 2008), un ciclo de vida complejo o indirecto hace referencia a que requiere de múltiples hospederos para lograr el desarrollo de la fase adulta del parásito y las aves son en su mayoría el hospedero definitivo de muchas especies de helmintos.

Ciclo de vida de los helmintos y las aves acuáticas

Factores como las propiedades fisicoquímicas del agua: salinidad, pH, acidez, alcalinidad, la presencia de hospederos intermediarios: caracoles dulceacuícolas, principalmente del orden Basommatophora (Flores-Nava, 2012) peces, larvas de insectos o insectos adultos que contribuyen a que los helmintos parásitos lleguen a los hospederos definitivos: las aves.

La importancia de las aves en la parasitología radica en el papel que desempeñan en el ciclo de vida de los parásitos, debido a que sin importar si son especies migratorias o residentes son hospederos definitivos de una gran

diversidad de especies de helmintos, porque al visitar diferentes humedales durante su viaje **son importantes dispersoras de muchos de ellos**. En las aves la fase adulta del parásito encuentra las condiciones adecuadas para su desarrollo, crecimiento y reproducción, la cual se realiza por fecundación cruzada, produciendo un gran número de huevos que una vez maduros son liberados en las heces fecales o la orina del hospedero (Rivas, 2007) (Fig. 1), el número de huevos en las heces varía considerablemente de una especie a otra, pero en su mayoría se producen cifras muy elevadas, Flores-Nava (2012) menciona que la regularidad en la eliminación de los huevos por parte de las aves varía de acuerdo con la hora del día y los distintos meses del año y que factores ambientales como la temperatura, humedad, oxígeno disuelto entre otras determinan el tiempo y el éxito de eclosión de los huevos, las altas temperaturas lo favorecen mientras que las inferiores a 10°C suelen detenerlo. Así mismo la **migración de las aves favorece la dispersión de los mismos hacia nuevos ambientes y nuevas especies de hospederos**. En el caso particular de los digeneos su ciclo de vida se caracteriza por ser indirecto, con al menos un hospedero intermediario para poder alcanzar la fase adulta. Olsen (1974) menciona que el desarrollo y localización de parásitos en las aves, están determinados por una gama de factores bióticos, tales como: la fragmentación y pérdida del hábitat que obliga a grandes poblaciones de aves a convivir en áreas reducidas, lo que promueve el intercambio y transmisión de parásitos; consecuencia de ello es el incremento potencial de dichos parásitos, que a su vez pueden afectar la supervivencia de especies con distribución limitada o poblaciones pequeñas (Holmes, 1996). **También durante el invierno las aves de diferentes regiones descansan juntas, lo que facilita y promueve la dispersión y**

el intercambio de los helmintos entre las especies migratorias y las residentes en los sitios de anidación.

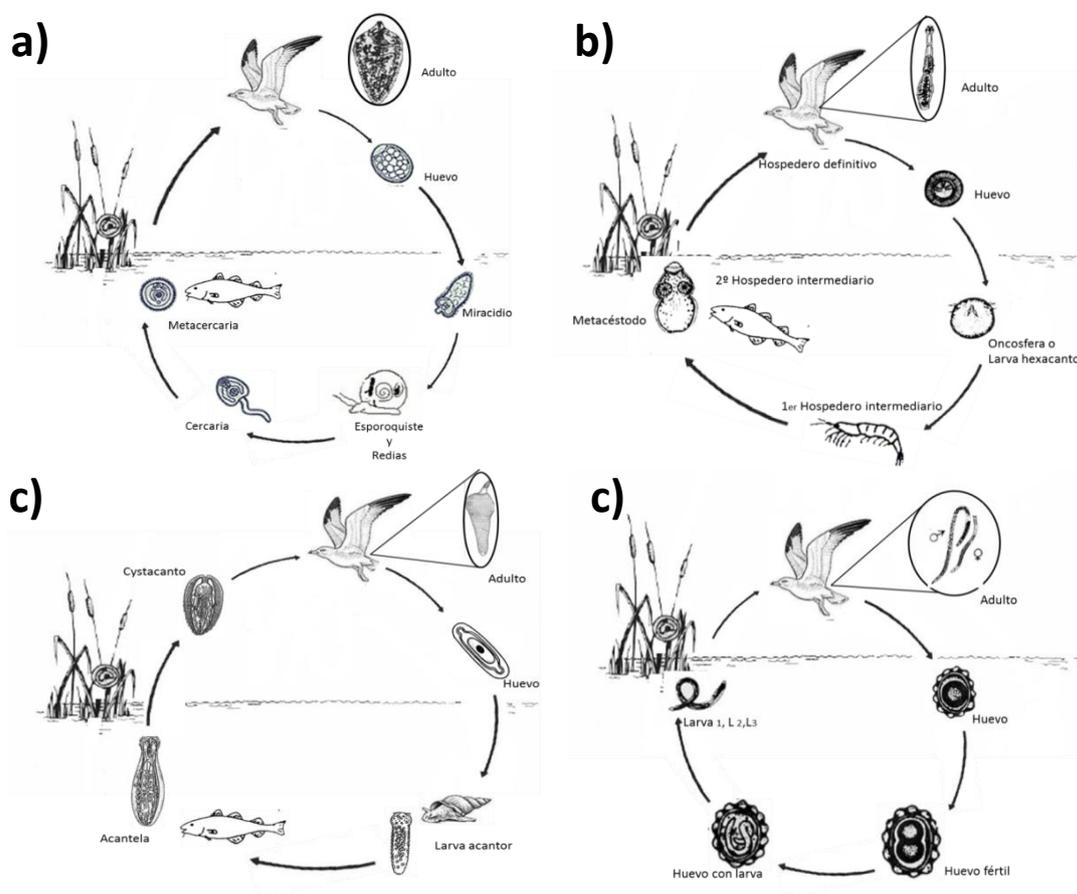


Figura 1. Ciclo de helmintos parásitos intestinales de aves acuáticas a) Clase Trematoda; b) Clase Cestoda; c) Phylum Acanthocephala y d) Phylum Nematoda. Tomado y modificado de Quiroz-Romero, 1986.

Usualmente los helmintos no causan efectos letales particulares en las aves hospedadora (Gray et al., 1989), pero si se encuentran en altos índices de carga causan impacto fisiológico en el ciclo de vida de las aves, debido a que se convierten en factores predisponentes para otras enfermedades (Fried y Franson, 1999). Sin embargo Thomas et al., (1999) menciona que existen registros de algunas especies de helmintos que tienen la capacidad de influir directamente en el crecimiento, sobrevivencia, reproducción e incluso ocasionar la muerte de las aves hospedadoras.

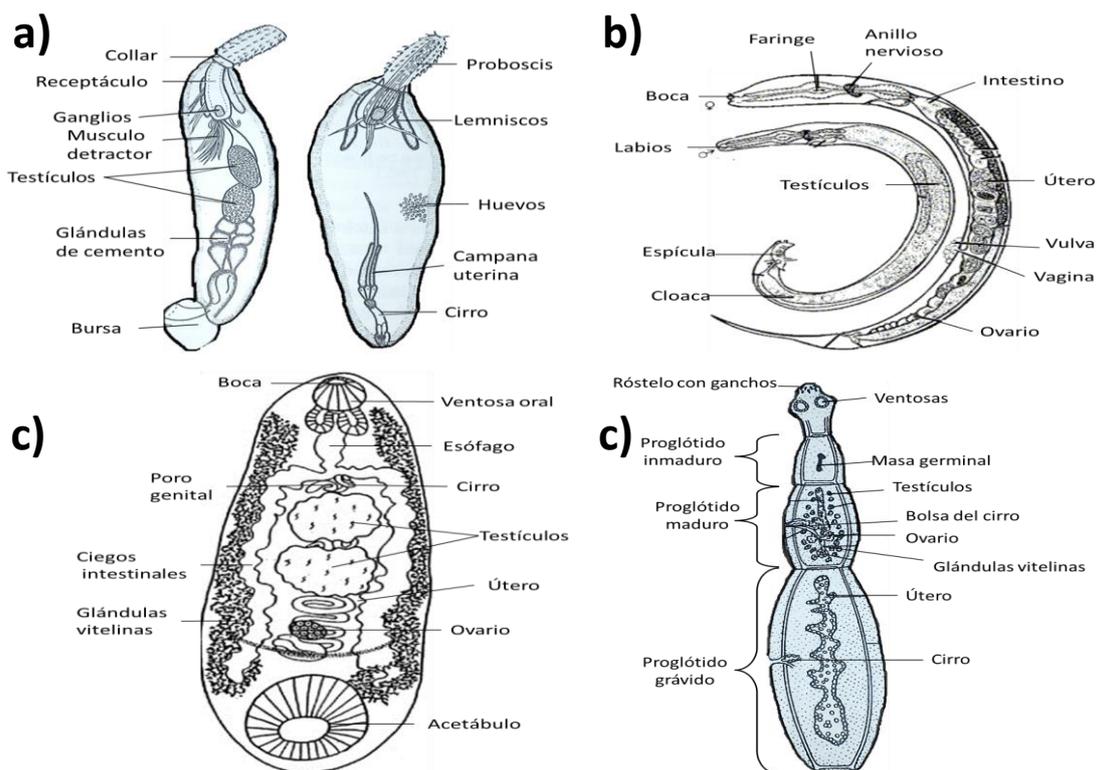


Figura 2. Morfología general de helmintos parásitos intestinales de aves acuáticas **a)** Acanthocephalo; **b)** Nematodo; **c)** Trematodo y **d)** Cestodo.

Tomado y modificado de Quiroz-Romero, 1986.

Phylum Acanthocephala

Son parásitos intestinales de vertebrados, se conocen cerca de 900 especies, su cuerpo es cilíndrico formado por: una probóscis eversible con ganchos curvos, con los cuales se adhiere a la pared del intestino, un pequeño cuello liso y un tronco cilíndrico o aplanado con algunas espinas (Fig. 2a). Carecen de aparato digestivo (Bush *et al.*, 2001). Parasitan principalmente a vertebrados silvestres: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos (Salgado-Maldonado, 2009). En general las aves son parasitadas por organismos de cuatro familias de acantocéfalos: Polymorphidae (Meyer, 1931), Oligacanthorhynchidae (Outhwell y MacFie, 1925), Echinorhynchidae (Cobbold, 1879), Centrorhynchidae (Van Cleave, 1916). La familia con mayor importancia es Polymorphidae, con géneros

de importancia en parasitología, como; *Arhythmorhynchus*, *Pseudocorynosoma*, *Hexaglandula*, *Polymorphus* (Mc Donald, 1988).

Phylum Nematoda

Conocidos también como Nematelmintos (gusanos redondos), constituyen el grupo más grande de los asquelmintos (organismos pseudocelomados) (Barnes, 1977), presentan una cutícula compleja, en algunas especies hasta formada por ocho capas que recubre todo el cuerpo incluyendo la faringe, el digestivo posterior y algunas otras aberturas corporales, presentan reproducción dioica con dimorfismo sexual perfectamente marcado (Bush *et al.*, 2001) (Fig. 2b), pocas especies presentan hermafroditismo (Bush *et al.*, 2001). En México se tienen registros de por los menos 12 especies la mayoría descritas en aves del norte y centro de México por Shaw y Kocan (1980), Farías y Canaris (1986); con seis especies descritas, Garvon *et al.*, (2011) describen diez especies en hospederos *A. diazi*.

Phylum Platyhelminthes

Los platelmintos son metazoarios que presentan simetría bilateral, su cuerpo es alargado y aplanado, reciben el nombre de gusanos planos, los tres grupos más importantes son; tremátodos, monogeneos (parásitos exclusivos de peces) y cestodos, todas las especies son parásitas (Bush *et al.*, 2001). La diversidad mundial en 2001 para este grupo se estima en 13570 especies (Hugot, 2001), y México cuenta con el 7.4% de la diversidad mundial para este grupo.

Clase Cestoda

Organismos endoparásitos intestinales de todos los grupos de vertebrados, carecen de aparato digestivo. El cuerpo de los cestodos está dividido en tres regiones: escólex; provisto de estructuras de fijación (ventosas); cuello, zona indiferenciada entre el escólex y estróbilo; lugar donde se encuentran células germinales que originan los proglotidos, y estróbilo: unión de segmentos que reciben el nombre de proglotidos, cada uno de los cuales poseen un juego de aparatos reproductores (Lamothe, 1983; Orozco, 2000; García et al., 2014) (Fig. 2c). Los primeros registros de plathelminths en México corresponden a este grupo, realizados por Krabbe (1869) encontrados en el intestino de aves marinas en la bahía de Guaymas, Sonora (García et al., 2014). Los cestodos es el grupo parasitario con mayor prevalencia en aves, sin embargo los trabajos para este grupo son relativamente escasos. Se han descrito cuatro familias de importancia parásita en aves; Davaineidae (Braun, 1900), principalmente de aves y mamíferos; Anoplocephalidae (Cholodkovsky, 1902) parásitos de aves, mamíferos y algunos reptiles; Gryporhynchidae (Spassky, 1995), especies parásitas de aves ictiófagas e Hymenolepididae (Arriola, 1899), ésta familia es la más representativa del grupo, las especies parásitas descritas en aves acuáticas pertenecen a dicha familia (Martínez *et al.*, 2011).

Clase Trematoda

Son endoparásitos de vertebrados incluyendo al hombre, se caracterizan por la presencia de ventosas distribuidas en el cuerpo, el número varía dependiendo la especie, la mayoría presenta dos ventosas, situada una en el extremo anterior (ventosa oral), y otra en posición ventral (acetábulo), ocasionalmente algunas

especies pueden presentar una única ventosa o raramente ninguna (Flores-Nava, 2008). El aparato digestivo es incompleto; boca, faringe, esófago e intestino, carecen de ano, la mayoría de las especies son hermafroditas (Lamothe-Argumedo, 1983) (Fig. 2d). Los trematodos producen efectos más graves en los hospederos intermediarios, mientras que en los hospederos definitivos son leves o nulos. Pérez Ponce et al., (2001) menciona que el grupo de vertebrados con mayor número de especies de helmintos parásitos descritas son los peces (aproximadamente 814 especies) mientras las especies descritas en aves acuáticas son apenas cerca de 300.

Helmintofauna en aves de México

En México los estudios helmintológicos en aves acuáticas son relativamente escasos. En la actualidad se siguen realizando nuevos registros de especies de helmintos en aves en el país (Martínez-Haro, 2011). Las clase Trematoda y Cestoda, cuentan con una mayor diversidad de especies descritas, distribuidas de norte a sur del país, para el phylum Acanthocephala se tienen registros de seis especies descritas en el norte de México y solo una especie descrita por (Martínez et al, 2012) en el estado de México, finalmente para el phylum Nematoda se cuentan con 12 especies descritas principalmente en hospederos del norte de México, entre los trabajos que describen helmintos parásitos de aves acuáticas se encuentran los realizados por: Broderson et al., (1977) quienes realizaron un estudio en *Anas clypeata*, en una población de 38 patos fueron registrados 19 especies de helmintos; siete especies de tremátodos; ocho especies de cestodos; una especie de acantocéfalo y tres nemátodos. Presentan en este estudio a la especie parasita *Alifilaria pochardi*, como registro nuevo para dicha especie de hospedero. Canaris et al., (1981) registran en 72 aves

acuáticas silvestres la presencia de *Amidostomum anseris* como el parásito de mayor frecuencia en el estómago muscular de dichas aves. Farías y Canaris (1986) identificaron 25 especies de helmintos de 79% de 129 patos trigueros en el norte-centro de México (Aguascalientes, Jalisco, Durango, y Chihuahua) y suroeste de Estados Unidos (Nuevo México y Texas), los autores registran prevalencias: tremátodos de 68.2%, cestodos 98.4%, acantocéfalos 6.9% y 13.1% de nemátodos. Orozco-Flores (2000) registró la presencia de 47 helmintos adultos, ocho especies a la clase Trematoda y una especie a la clase Cestoda, en una comunidad de 45 cercetas de las especies *Anas crecca carolinensis*, *Anas cyanoptera* y *Anas discors*, colectadas en dos puntos de la Subcuenca del Alto Lerma (Almoleya del Rio y Toluca). Soto-Méndez (2006) registró en una comunidad de 51 Anatidos (*A. clipeada*, *A. acuta* y *A. diazi*) de la Laguna de Chiconahuapan, San Mateo Texcalyacac, Estado de México, la presencia de diez especies de tremátodos, siete de las cuales se registran por primera vez en México: *Apatemon minor*, *Cotylurus cornutus*, *Cotylurus brevis*, *Cotylurus magniacetabulus*, *Echinostoma robustum*, *Echinoparyphium* sp. y *Notocotylus triserialis*, tres especies son registros nuevos en la localidad (*Notocotylus seineti*, *Echinoparyphium recurvatum* y *Zygocotyle lunata*).

Barrera G. y Guillen H. (2008) registran la presencia de siete taxa de helmintos en aves Ciconiiformes de la Ciénaga de Chuburná, Yucatán. Cuatro digeneos, dos nemátodos y un acantocéfalo. Registrando por primera vez en Yucatán el digeneo *Cotylotretus grandisse* registran nuevos hospederos para las especies de helmintos *Euhaplorchis californiensis* y *Southwellina hispida*, así como para el género *Ascocotyle*. Ortega-Olivares et al., (2008) describe la presencia de cestodos Cyclophyllidea, en garza y otras aves ictiófagas del orden Ardeidae y

Threskiornithidae, en la costa Atlántica de México desde Tamaulipas hasta Yucatán, los autores describen 16 especies de cestodos (las especies marcadas con asterisco se registran por primera vez en México): *Cyclusteria capito*, *Cyclusteria ibisae*, *Dendrouterina ardeae*, *Dendrouterina fuhrmanni*, *D. papillifera*, *Dendrouterina pilherodiae*, *Glossocercus auritus*, *Glossocercus caribaensis*, *Glossocercus cyprinodontis*, *Glossocercus sp.*, *Neogryporhynchus cheilancristrotus*, *Paradilepis sp.*, *Parvitaenia cochlearii*, *Valipora campylancristrota*, *Valipora minuta* y *Valipora mutabilis*, describen los ganchos de cada ejemplar y la especie de hospedero donde fueron encontrados. Gladden y Canaris (2009) realizaron un estudio en *Bucephala albeola* con el fin de conocer la dinámica de la comunidad de helmintos pues considera que existe una gran pérdida en la diversidad de helmintos y la abundancia de estos durante el periodo de migración, comparó los lugares de anidación en invierno (México) y anidación en otoño (Canadá), describiendo que no existen diferencias entre las diferentes zonas, describe un total de 27 géneros y 40 especies de helmintos parásitos. Mercado-Reyes et al., (2010) realizaron un estudio en pato triguero del altiplano zacatecano (*Anas platyrhynchos diazi*), en donde en una población de 24 patos registran tres especies de tremátodos, dos especies de nemátodos, 2 especies de Acantocéfalos y una especie de cestodo, las cuales pertenecen a las familias Polymorphidae, Hymenolepididae, Psilostomidae, Paranfistomidae, Echinostomatidae, Trychostrongylidae, Trichuridae y Echinorhynquidae, y registran a *Zygocotyle lunata* como la especie con mayor prevalencia, mientras que las especies con menos prevalencia fueron *Echinostomum revolutum*, *Capillaria sp.* y *Polymorphus ondatrae*. En el Estado de México Martínez-Haro (2012) registra 20 especies de helmintos gastrointestinales en aves acuáticas de

diferentes especies de anátidos, recuperando un total de 462 gusanos en el tracto gastrointestinal, los cuales corresponden a nueve tremátodos, ocho cestodos, dos nemátodos y un acantocéfalo. Ortega-Olivares (2013) describe por primera vez en México al cestodo adulto de *Glossocercus cyprinodontis* encontradas en el intestino de aves ictiófagas *Pelecanus occidentalis*, *Nycticorax nycticorax* y *Egretta rufescens*.

Características de la ciénaga Chimaliapan

La Ciénaga Chimaliapan, forma parte de las ciénegas de Lerma que junto con las ciénegas Chignahuapan y Chiconahuapan están catalogadas como áreas naturales protegidas (Anónimo, 2002; Pérez-Ortiz y Valdez, 2006), son los humedales más extensos del Valle de México y Toluca y son el ejemplo representativo de los ecosistemas de humedales en el eje neovolcánico transversal central, cubren más de 3 000 hectáreas, distribuidas en las tres lagunas, que son el reducto de las 27 000 he., que había a finales del siglo XIX. Son fundamentales para mantener la diversidad biológica de región, ya que además de proteger a especies endémicas y en peligro de extinción, mantiene más de 300 especies de plantas y vertebrados, muchas de las cuales son exclusivas de estas ciénegas y son en algunos casos las últimas poblaciones de esas especies en el país y son importantes para el mantenimiento de las diferentes especies de aves acuáticas migratorias pues son el hábitat más extenso de la región.

La ciénaga Chimaliapan es el más grande de los tres humedales, abarca 2081 ha, presenta diferentes hábitats, que incluye zonas de aguas profundas de hasta 5 m, con vegetación emergida, inundada y vegetación riparia. Durante el

invierno esta ciénaga brinda abrigo a decenas de especies de aves migratorias que llegan por el corredor migratorio del centro, cruzando por la meseta central del país (Barragán et al., 2002; Ayala et al., 2013), y por su capacidad para amortiguar las oscilaciones bruscas de temperatura, brinda las aves un microclima favorable para el descanso de las mismas, a la vez que las comunidades vegetales del lago dan protección y alimento que favorece la sobrevivencia de las poblaciones. Sin embargo en los últimos años se ha observado dentro de la ciénaga la pérdida de vegetación emergida e inundada debido principalmente a la transición a campos de cultivo, lo que favorece el crecimiento de flora hidrófila de menor talla, posteriormente sustituida por campos de cultivo y a continuación por espacios urbanos.

Aves en la ciénaga Chimaliapan

Weller y Fredrickson (1974) menciona que las aves tienen una gran importancia dentro de un humedal, ya que son indicadores de la salud del mismo además de tener un valor cultural y estético Blanco (1999). Existen tres rutas de migración por las cuales las especies de aves migratorias llegan a México: Ruta del Pacífico (Baja California, Sonora hasta Chiapas), Ruta del Centro (vuelan entre la Sierra Madre Oriental y Occidental hasta el centro del país) y Ruta del Golfo de México, por esta última ruta llegan especies que no son utilizadas en la caza. La ciénaga Chimaliapan recibe cada año a miles de aves que viajan a través de la ruta del centro. Carrera Gonzales y De la Fuente de León (2003) mencionan que las especies *A. discors*, *A. crecca* y *A. cyanoptera* son las especies con mayor abundancia dentro de nuestra zona de estudio.

Especies de aves de importancia cinegética en el centro de México

El aprovechamiento de los recursos faunísticos representa una de las actividades primarias, permite la obtención no solo de alimento a bajo costo, en algunas regiones representa también la obtención de medicamentos o productos con valor de cambio. Berlanga (2001) menciona que las actividades relacionadas con la avifauna en América del Norte generan alrededor de 20000 dólares al año. Las aves de la familia Anatidae constituyen el grupo más importante de aves cazadas en México, dicha familia alcanza el valor comercial como actividad recreativa y económica que ninguna otra familia cinegética en México. Leopold (1977) considera con valor comercial a 29 especies del orden Anseriformes y 24 del orden Galliformes, sin embargo, González-Romero(2011) menciona que las especies *A. platyrhynchos*, *A. clypeata*, *A. discors* y *A. acuta* son las de mayor importancia, además de ser las que llegan en grandes números a los lagos del centro de México, por su parte Luna-Gutiérrez (2004) menciona que las especies con mayor aprovechamiento cinegético dentro del área de estudio son: *A. acuta* (pato golondrino), *A. americana* (pato cucharon), *A. crecca* (cerceta de alas verdes), *A. cyanoptera* (cerceta de alas cafés), *A. diazi* (pato triguero) y *A. discors* (cerceta de alas azules), *Oxyura jamaicensis* (pato tepalcate), y algunas otras especies de la familia Rallidae como *Fulica americana* (gallareta) y *Gallinula chloropus* (gallineta común o gallina de agua) aunque estas dos en menos proporción al resto de las especies. De todas las especies antes mencionadas únicamente *A. diazi* se encuentra dentro de la NOM-059 (SEMARNAT, 2001), dentro de la categoría “amenazada”, debido a la sobreexplotación de sus poblaciones y la destrucción de su hábitat (SEMARNAT, 2010; Martínez- Haro, 2010).

Características de la familia Anatidae

La familia Anatidae es cosmopolita y está compuesta por 145 especies de las cuales 43 anidan y constituyen en Norteamérica el grupo más importante de las aves sobre las que se ejerce cacería (Leopold, 1959). Son organismos de patas con membranas interdigitales que les permite nadar y bucear con una mayor velocidad, se encuentran algunas variaciones en la forma de los dedos, los cuales dependen de sus hábitos; los que se alimentan en aguas profundas llamados patos buceadores que se alimentan sumergiendo la totalidad del cuerpo en el agua, buceando hasta 2.5 metros de profundidad, tienen las patas dispuestas hacia la parte posterior del cuerpo y el dedo libre lobulado, lo que les facilita sumergirse en el agua, correr sobre la superficie e iniciar el vuelo. Su cuello es corto en relación al tamaño del cuerpo, el pico ancho y aplanado, algunos presentan lamelas muy evidentes (particularmente *A. clypeata*); adaptado para una alimentación por filtración, aunque a su vez también se alimentan de granos, invertebrados y peces, presentan dimorfismo sexual y el cuidado de las crías e incubación de los huevos está a cargo de las hembras, durante el invierno los machos presentan colores de plumas diferentes al de las hembras, presentan dos mudas al año, el vínculo de la pareja es temporal, y alcanzan la madurez sexual al año de vida.

Las aves de la familia Anatidae se reproducen en Canadá, Alaska, y el norte de E.E.U.U., y migran a pasar el invierno en Estados Unidos y México. Entre las especies que migran a México durante el invierno se encuentran *A. crecca*, *A. platyrhynchos*, *A. acuta*, *A. discors*, *A. cyanoptera*, *A. clypeata*, mientras que la especie *A. platyrhynchos diazi* es residente, la cual se encuentra en la NOM-059 de SEMARNAT (2001). Durante la migración los anatidos requieren de los

humedales para satisfacer sus demandas energéticas, debido a los vuelos de gran alcance que realizan (Saunders, 1981; Vázquez, 2010).

Características de *Fulica americana*

Los organismos de la especie *F. americana*, son comúnmente conocidos como “pollas de agua”, su tamaño promedio es de 33-40 cm longitud pico cloaca, su color es principalmente gris, con la cabeza y el cuello más oscuros al resto del cuerpo (Hilty y Brown, 2001), presenta un pico corto y grueso, con un anillo negro incompleto cerca del extremo, el pico se torna amarillento durante la época reproductiva, dentro de estos organismos tienen la apariencia de un organismo de la familia Anatidae. Son organismos territoriales, durante la crianza machos y hembras luchan por tener un territorio pequeño, la distribución de esta especie dentro de un humedal está ligada a la presencia de espejos de agua y plantas de talla mediana, las cuales utiliza para realizar actividades como dormir, anidar o como refugio contra los depredadores. El espejo de agua es indispensable para esta especie, ya que pasa la mayor parte del tiempo zambulléndose, en busca de alimento, que consiste en larvas de insectos que encuentran en la superficie, pequeños vertebrados los cuales también busca forrajeando entre las plantas acuáticas, mismas con las que también complementa su dieta.

JUSTIFICACIÓN

En México los parásitos en fauna silvestre se han estudiado con fines taxonómicos y ecológicos, pero en aves silvestres con importancia cinegética los estudios son relativamente escasos, considerando que anualmente arriban a los humedales de nuestro país una gran diversidad de especies de aves acuáticas que migran de la parte norte del continente a realizar funciones vitales, como la

anidación y la alimentación, durante su estancia mantienen una estrecha relación con las aves que viven de manera permanente en los humedales lo que permite una adquisición e intercambio constante de parásitos. Por lo que consideramos importante conocer a los parásitos que podrían estar infectando a las poblaciones de aves, ya que muchas especies de parásitos pueden actuar como patógenos potenciales y esto tienen un gran impacto en los intereses socioeconómicos e incluso pueden actuar como reguladores de poblaciones de especies hospedadoras, y el presente tiene como objetivo aportar información acerca de las especies que parasitan a las aves de importancia cinegética de la ciénaga Chimaliapan en el Estado de México.

HIPÓTESIS

Las aves de la ciénaga Chimaliapan se encuentran parasitadas por una gran diversidad de helmintos, debido a que factores como: hábitos alimenticios, conductuales y el ciclo de vida indirecto de los parásitos, que permiten la adquisición de una gran diversidad de helmintos gastrointestinales.

OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar la diversidad de helmintos gastrointestinales que se encuentran parasitando a especies de aves de importancia cinegética en la ciénaga Chimaliapan, San Pedro Tultepec, Estado de México.

Objetivos particulares

- Determinar taxonómicamente las especies de helmintos gastrointestinales que se encuentran parasitando a las aves acuáticas de importancia cinegética.
- Calcular los parámetros de infección (prevalencia, abundancia e intensidad promedio), de cada especie de helminto registrado, por especie de hospedero.
- Obtener los estimadores de riqueza e índices de diversidad y clasificar a las especies parásitas por su importancia ecológica.
- Detectar la presencia de especies parásitas de importancia zoonótica

MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio

La ciénaga Chimaliapan o Laguna Lerma es un cuerpo de agua dulce que forma parte del sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago, y se ubica en el curso alto de la cuenca alta del río Lerma en el Estado de México. Tienen una extensión de 2081 hectáreas, entre las coordenadas 19°13´ - 19°16´ latitud norte y 99° 29´ - 99° 31´ longitud oeste, a 2560 msnm (Fig. 3) (Zepeda et al., 2012).



Figura 3. Zona de estudio, ciénaga Chimaliapan, San Pedro Tultepec, Estado de México, México.

Recolecta de hospederos

Los hospederos fueron recolectados por donación de cazadores durante la temporada cinegética noviembre 2014 - febrero 2015, es importante mencionar

que al existir cierta distancia entre el sitio de recolecta y el laboratorio, en ciertas ocasiones estando en campo el tracto digestivo se fijó en alcohol caliente al 70%, para su estudio posterior con la finalidad de detener el proceso de producción de moco.

Cada ave recolectada fue llevada al Laboratorio de Ecología, Evolución y Conservación de Vertebrados, dentro del Centro de Investigación en Recursos Bióticos (CIRB, UAEMéx). Para conocer la especie de cada hospedero recolectado se realizó la identificación taxonómica, mediante el uso de guías ornitológicas de Ber Van Perlo (2006) y Ernest Preston E. (2009) y con ayuda de una cinta métrica se obtuvieron medidas morfológicas (en centímetros) de cada uno de los hospederos revisados, tales como; longitud pico cloaca (LPC), longitud del pico (LP), longitud del ala (LA), envergadura de las alas (EA), posterior a ello se extrajo el tracto digestivo de cada una de las aves, el cual fue colocado dentro de cajas Petri con solución salina al 0.75% de acuerdo a lo propuesto por Ortega et al.,2013.

Examen helmintológico

El examen helmintológico del tracto digestivo, se realizó en el laboratorio, el cual consiste básicamente en la búsqueda y obtención de helmintos, la búsqueda se realizó bajo microscopio estereoscópico utilizando pinceles finos (Numero 1/10) y agujas de disección, la revisión del tracto digestivo se realizó dentro de las horas posteriores a la muerte del hospedero con la finalidad de evitar la mucosidad post- *mortem*, la cual impide observar a los helmintos que se encuentran en el epitelio, dicha mucosidad acelera la muerte de los parásitos.

Los helmintos encontrados durante el examen, fueron extraídos cuidadosamente y se lavaron colocándolos dentro de cajas Petri con solución salina, fueron separados por grupos, posteriormente se cuantificaron, y los datos se registraron en hojas de campo. Se aplicaron técnicas de uso común en parasitología, para cada grupo. Los trematodos, cestodos y acantocéfalos fueron fijados y los nematodos fueron colocados en alcohol al 70% para su conservación y uso posterior.

Fijación de helmintos

Tremátodos: los parásitos de éste grupo eran colocados entre portaobjetos como lo sugiere Lamothe-Argumedo (1997), de manera que el cuerpo del organismo se extienda completamente a modo de obtener medidas morfológicas que para algunas especies pueden ser de carácter taxonómico, colocados en dicha posición los organismos fueron fijados utilizando formol caliente al 4%, finalmente para su preservación se colocaron en viales con alcohol al 70%.

Cestodos: después de ser lavados, se les agregó un baño de agua caliente, realizando movimientos circulares, lo cual ayuda a relajar el escólex y que los proglotidos se extiendan perfectamente, posterior a esto se retiró el exceso de agua de la caja y finalmente se colocó un poco de formol caliente al 4% realizando ligeros movimientos circulares, de esta manera los organismos quedaban fijados, se colocaron en viales con alcohol al 70% para su preservación.

Acantocéfalos: al ser extraídos del hospedero algunos organismos de este grupo retraen la probóscide, que en la mayoría de las especies es de carácter

taxonómico, por lo que se colocó a los organismos en viales con agua hasta el tope, y dejaron dentro del refrigerador hasta lograr que dicha estructura sea evertida, posteriormente fueron fijados en líquido Bouin por 24 horas entre portaobjetos, pasado el tiempo fueron desmontados cuidadosamente, y se lavaron con alcohol al 70%, para lograr retirar el color amarillento (Lamothe-Argumedo, 1997).

Nemátodos: los organismos de este grupo fueron fijados en alcohol salino caliente y se colocaron en viales con alcohol al 70% para su preservación.

Aclaración de Nemátodos

Debido al grosor de la cutícula en nemátodos impide observar estructuras internas y de carácter taxonómico (Martínez-Haro,2011), es por ello que deben ser aclarados, para lo cual se colocó al parásito entre porta y cubre objetos y se aplicaron diluciones graduales de glicerina-agua destilada en concentraciones de mayor a menor 1:20, 1:15, 1:10, 1:5, y 1:1 siguiendo lo propuesto por Salgado-Maldonado (1979), la glicerina se colocó por capilaridad a las preparaciones, al mismo tiempo que permanecían en una plancha de calor (parilla), observando continuamente al microscopio, hasta logras distinguir las estructuras internas del parásito.

Tinción y montaje para cada grupo de helminto

Se aplicaron técnicas de tinción para preparar y estudiar a los Platelmintos propuestas por Salgado-Maldonado (1979) y Lamothe-Argumedo (1997), con colorantes Paracarmín de Meyer, Hematoxilina de Ehrlich y Hematoxilina de Delafield, dichas técnicas se aplicaron a tremátodos, cestodos y acantocéfalos,

y se realizaron preparaciones permanentes montadas en Bálsamo de Canadá, mientras que para nemátodos únicamente se realizaron preparaciones temporales las cuales fueron desmontadas una vez que se realizó la determinación taxonómica.

Determinación taxonómica

Para realizar la determinación taxonómica se utilizó microscopio óptico, se identificaron las estructuras de carácter taxonómico como distribución, forma y medida de las mismas, como son: largo y ancho del cuerpo, órganos de fijación (ventosas, ganchos y papilas), ovarios, glándulas vitelógenas, vesícula seminal, testículos, ciegos, presencia o ausencia de espinas en el cuerpo, etc.

Cada helminto fue digitalizado con microscopio óptico y el programa Motic Imagen Plus 2.0 ML, para su determinación taxonómica la cual se realizó con ayuda de claves específicas para cada grupo de helminto: tremátodos; Schell (1985), Gibson *et al.* (2005), y Jones *et al.* (2005), cestodos; McDonald (1988), Czaplinski y Vaucher (1994) y Jones (1994), acantocéfalos; McDonald (1988) y nemátodos; Anderson (1986), y Caspeta-Mandujano (2005).

Análisis Estadístico de Datos

Parámetros de infección

Para el análisis de datos se calcularon los parámetros de infección; prevalencia, abundancia e intensidad de acuerdo a los criterios propuestos por Margolis *et al.* (1982) en Bush *et al.*, (1997).

Prevalencia (porcentaje de la población parasitada): número de hospederos infectados con uno o más individuos de una especie en particular de helminto

entre el número total de hospederos examinados (infectados y no infectados) por 100.

$$\text{Prevalencia} = (\text{hospederos infectados} / \text{hospederos revisados}) * 100$$

La prevalencia comúnmente se expresa como porcentaje cuando se utiliza de manera descriptiva y como proporción cuando se incorpora en algún modelo matemático Bush *et al.*, 1997.

Intensidad: se define como el número total de parásitos de una especie en particular encontrados en una muestra, divididos entre el número de hospederos infectados con dicho parásito.

$$\text{Intensidad} = \text{total de parásitos} / \text{hospederos infectados}$$

Abundancia: es el número total de individuos de una especie particular de helmintos en una población de hospederos de una especie en particular sin considerar si se encuentran o no parasitados

$$\text{Abundancia} = \text{total parásitos} / \text{hospederos revisados}$$

Clasificación ecológica de especies de helmintos

Se realizó la categorización de acuerdo a la importancia ecológica de especies de helmintos, siguiendo el análisis de Gastón para dominancia/rareza por cuarteles o percentiles. El análisis considera la prevalencia (porcentaje de la población parasitada) y abundancia (promedio de organismos parásitos en toda la población de hospederos) con su respectiva transformación logarítmica) +1, utilizando una representación gráfica en uno de los cuadrantes se agrupan las especies que presentan valores altos de prevalencia y abundancia, pudiéndose

considerar dominantes; en el cuadrante opuesto se encuentran las especies con baja prevalencia y abundancia (Aguilar, 2008) (Fig. 4)

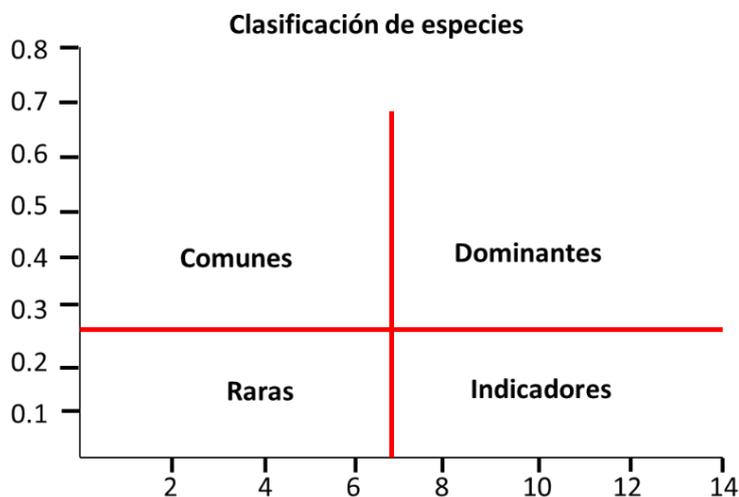


Figura 4. Esquema gráfico de Análisis de Gastón para jerarquización de especies parásitas.

Cuadrante I dominantes: especies muy abundantes y prevalentes

Cuadrante II comunes: especies poco abundantes y muy prevalentes

Cuadrante III especies raras: Especies poco abundantes y poco prevalentes

Cuadrante IV especies indicadoras: Especies poco prevalentes y abundantes

Se categorizó a la especies de helmintos para mostrar la clasificación su importancia dentro de toda la comunidad de hospederos, pero también se muestran los helmintos por especie de hospedero.

Riqueza y diversidad

La riqueza, hace referencia al número de especies diferentes presentes en una comunidad a partir de una muestra. De manera particular hace referencia al número de especies de helmintos que parasitan a las aves del lago Atarasquillo,

la cual se evaluó mediante una curva de acumulación de especies ajustada a la ecuación de Clench (Soberón y Llorente, 1993), en la que se representa el número de especies de helmintos colectados en función de los hospederos analizados, en la curva de acumulación de especies la incorporación de nuevas especies en el inventario se relaciona con alguna medida del esfuerzo de muestreo, lo que significa que entre mayor sea el esfuerzo, mayor será el número de especies colectadas, mediante una regresión no lineal se obtienen los valores de R^2 , parámetros a y b, permite conocer la proporción de fauna registrada, para dar confiabilidad al inventario.

Se analizó la comunidad de helmintos en aves acuáticas a nivel componente, es decir todos los parásitos en toda la población de hospederos recuperados durante la temporada cinegética, se obtuvo número total de especie, el número total de total de helmintos por especies de hospederos, el índice de Shannon-Wiener (H') para medir la diversidad, la equidad de especies (E), el índice de Berger-Parker (IBP) como medida de la dominancia numérica. Se calculó el índice de dispersión (ID), como la relación entre la varianza de la abundancia (S^2)/ abundancia promedio, y el índice de agregación (K) de la especies. Se realizó el análisis de similitud cualitativo de Jaccard y cuantitativo de Bray-Curtis de la comunidad componente, todo lo anterior en el software Quantitative Parasitology 3.0 (Rózsa et al., 2000).

RESULTADOS

Hospederos colectados

Durante la temporada cinegética noviembre 2014-febrero 2015 se recolectaron un total de 33 aves acuáticas migratorias de las familias Anatidae y Rallidae (Tabla 1), de las cuales el 100% se encontraba parasitada por una o múltiples especies de helmintos, se obtuvieron medidas biométricas de cada hospedero (**LT**: longitud total, **LPC**: longitud pico cloaca, **LA**: longitud del ala y **EA**: envergadura de las alas), en la tabla se muestran los promedios de dichas medidas por especie de hospedero.

Tabla 1. Especies de hospederos de las familias Anatidae y Rallidae colectados durante la temporada cinegética Noviembre 2014-Febrero

Familia	Hospedero	Hospederos revisados	LT	LPC	LA	EA
Anatida e	<i>Anas acuta</i> Linnaeus, 1758.	1	43	36	30	68
	<i>Anas clypeata</i> Linnaeus, 1758.	15	43	36	30	68
	<i>Anas crecca</i> Linnaeus, 1758.	1	40	33	28	72
	<i>Anas diazi</i> Ridgway, 1886.	4	45.8	37.5	31.5	70.5
	<i>Anas discors</i> Linnaeus 1766.	2	35	28	21.5	54
	<i>A. platyrhynchos</i> Linnaeus, 1758.	2	39.5	32.5	31.5	69.5
Rallidae	<i>Fulica americana</i> Gmelin 1789.	7	34.9	29.4	25.9	58.9

La especie con mayor número de hospederos colectados fue *A. clypeata*, seguido de *F. americana*, mientras que de *A. crecca* y *A. acuta* solo fue colectado

un hospedero. Las tallas promedio de los hospederos colectados de la familia Anatidae son: LT (40.2), LPC (33.2), LA (28.3) y EA (65.4).

Inventario de helmintos parásitos en aves acuáticas

Se obtuvieron un total de 1192 helmintos, los cuales fueron clasificados en los cuatro filas y se calcularon los parámetros de infección por grupo, y el grupo con mayor prevalencia, abundancia e intensidad fue el de los cestodos, seguido por los tremátodos, acantocéfalos mientras que el grupo con menor número de organismos fueron los nematodos. El grupo de los cestodos obtuvieron los valores más altos en los parámetros de infección, una prevalencia de 72.73%, una abundancia de 23.45, y una intensidad de 32.25, el grupo con los valores más bajo fueron los nematodos, una prevalencia de 12.12%, una abundancia e intensidad de 0.36 y 3.0 respectivamente (Tabla 2). Los helmintos fueron agrupados en seis especies de trematodos, cinco especies de cestodos, dos especies de acantocéfalos y nematodos, se obtuvieron un total de 15 especies, se calcularon los parámetros de infección de cada especie de helminto por especie de hospedero (Tabla 3), donde se observa que el cestodo *D. americana* se encontró en todas las especies de hospederos, al igual que *S. krabbeella* que se encontró en todos excepto en *A. platyrhynchos*, por su parte los trematodos *Z. lunata*, *Tylodelphys* sp. y *Pseudocapillaria* sp. solo se encontraron en *A. diazi*, *A. clypeata* y *A. discors* respectivamente, ambas especies con bajos valores de prevalencia y abundancia.

Tabla 2. Parámetros de infección obtenidos por grupo de helminto

	Prev.	Abun.	Int.
Trematodos	51.5%	9.3	18
Cestodos	72.7%	23.4	32.2
Acantocéfalos	27.2%	3	11
Nematodos	12.1%	0.36	3

Clasificación ecológica de especies parásitas

Se realizó el análisis de Gastón para clasificar a las especies de helmintos de acuerdo a su importancia ecológica en la comunidad de aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan, el mismo análisis se realizó para clasificar a las especies parásitas en cada especie de hospedero. El número de especies de helmintos en aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan varió entre 2 y 12 especies, el número total de especies de helmintos por especie de hospedero fluctuó entre 21 y 623, siendo el mayor número para *A. clypeata* que es la especie de la que más hospederos se analizaron. Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener variaron entre 0.2 y 1.8. El valor más bajo en el índice de equidad fue en la especie *A. platyrhynchos*, mientras que los valores máximos en el índice de dominancia se obtuvo en las especies *A. acuta* y *A. platyrhynchos* (0.8 y 0.9 respectivamente), las especies dominantes fueron los cestodos *S. krabbeella*, *D. americana* y *Leucochloridium* sp. esta última en los hospederos *F. americana*.

Riqueza y diversidad de especies parasitas en aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan

La riqueza específica de especies en la comunidad de helmintos se evaluó mediante una curva de acumulación de especies ajustada a la ecuación de Clench, a partir de los datos de riqueza observada durante el muestreo (Fig. 13). En el eje X se muestra el esfuerzo de muestreo (el número de hospederos analizados), el eje Y representa el número de especies promedio acumuladas para cada nivel de muestreo. Los parámetros obtenidos mediante la regresión no lineal son: a: 3.01, b: 0.17, ambos valores permiten calcular la pendiente al final de la curva y evaluar así la calidad del inventario. El coeficiente de determinación (R^2) muestra un perfecto ajuste del modelo con un valor de 99.9%. Para validar nuestro inventario se calculó la riqueza estimada cuyo valor es de 17.5 especies el cual corresponde a una proporción de los parámetros a/b . Se calculó el valor de la pendiente al final de la curva, utilizando la ecuación $a/(1+b*n)^2$ y se obtuvo un valor de 0.002 que es menor a 0.1 lo que indica que nuestro inventario es confiable. El valor de proporción de fauna registrada corresponde a 0.857 el valor es porcentual lo que indica que nuestro inventario incluye el 85.7% del total de fauna parásita.

En el análisis cuantitativo de Bray-Curtis (Fig. III A) se muestra la similitud de la composición de las comunidades de helmintos entre las especies de hospederos examinada, permite distinguir la formación de tres grupos, esto mismo se observa en el análisis cualitativo de Jaccard.

Tabla 3. Inventario de helmintos gastrointestinales encontrados en aves acuáticas de importancia cinegética de la ciénaga Chimaliapan, San Pedro Tultepec, Estado de México

ESPECIE DE HELMINTOS	<i>Anas acuta</i>			<i>Anas clypeata</i>			<i>Anas crecca</i>			<i>Anas diazi</i>		
	(1)			(15)			(1)			(4)		
	P	A	I	P	A	I	P	A	I	P	A	I
TREMATODA												
<i>Zygocotyle lunata</i> Diesing (1836). Sunkard (1916).	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.0	0.5	2.0
<i>Echinostoma revolutum</i> Fröelich (1802)	-	-	-	6.7	5.7	86.0	-	-	-	25.0	0.3	1.0
<i>Notocotylus</i> sp. Dubois y Rausch (1950).	-	-	-	40.0	2.3	5.8	-	-	-	25.0	3.8	15.0
<i>Paramonostomum</i> sp. Lühe. 1909	100	2.0	2.0	20.0	0.6	3.0	-	-	-	-	-	-
<i>Leucochloridium</i> sp. Carus. 1835	-	-	-	20.0	0.1	0.7	-	-	-	-	-	-
<i>Tylodelphys</i> sp. (preadulto) Diesing .1850	-	-	-	6.7	0.1	2.0	-	-	-	-	-	-
CESTODA												
<i>Fimbriaria fasciolaris</i> Palas (1781). Fröelich (1802).	-	-	-	20.0	1.5	7.3	-	-	-	-	-	-
<i>Microsomacanthus</i> sp. Fuhrmann (1913)	-	-	-	33.3	3.6	10.8	-	-	-	25.0	0.3	1.0
<i>Diorchis americana</i> Ransom (1909).	100.0	2.0	2.0	46.7	6.5	14.0	100	22	22.0	50.0	12.8	25.5
<i>Sobolevicanthus krabbeella</i> Hughes (1940).	100.0	30.0	30.0	60.0	16.3	27.2	100	92.0	92.0	50.0	13.5	27.0
<i>Hymenolepis megalops</i> Nitzsch in Creplin (1829).	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.0	0.3	1.0
ACANTHOCEPHALA												
<i>Polymorphus</i> sp. Lühe. 1911	-	-	-	26.7	3.9	14.8	-	-	-	25.0	3.5	14.0
<i>Pseudocorynosoma constrictum</i> Van Cleave (1918).	-	-	-	13.3	0.2	1.5	-	-	-	25.0	0.3	1.0
NEMATODA												
<i>Capillaria anatis</i> Schrank. 1790	-	-	-	6.7	0.5	8.0	-	-	-	25.0	0.5	2.0
<i>Pseudocapillaria</i> sp. Freitas (1959).	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CONTINUACIÓN	<i>Anas discors</i> (3)			<i>Anas platyrhynchos</i> (2)			<i>Fulica americana</i> (7)		
	P	A	I	P	A	I	P	A	I
TREMATODA									
<i>Zygocotyle lunata</i> Diesing (1836). Sunkard (1916).	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Echinostoma revolutum</i> Fröelich (1802)	33.3	12.0	36.0	-	-	-	14.3	0.3	2.0
<i>Notocotylus</i> sp. Dubois y Rausch (1950).	-	-	-	-	-	-	28.6	1.9	6.5
<i>Paramonostomum</i> sp. Lühe. 1909	-	-	-	-	-	-	28.6	2.4	8.5
<i>Leucochloridium</i> sp. Carus. 1835	-	-	-	-	-	-	28.6	12.1	42.5
<i>Tylodelphys</i> sp. (Pre adulto) Diesing .1850	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CESTODA									
<i>Fimbriaria fasciolaris</i> Palas (1781). Fröelich (1802).	66.7	1.0	1.5	-	-	-	-	-	-
<i>Microsomacanthus</i> sp. Fuhrmann (1913)	-	0.7	-	50.0	0.5	1.0	-	-	-
<i>Diorchis americana</i> Ransom (1909).	66.7	3.7	5.5	100.0	10.0	10.0	14.3	0.1	1.0
<i>Sobolevicanthus krabbeella</i> Hughes (1940).	33.3	19.7	59.0	-	-	-	14.3	0.6	4.0
<i>Hymenolepis megalops</i> Nitzsch in Creplin (1829).	33.3	0.3	1.0	-	-	-	-	-	-
ACANTHOCEPHALA									
<i>Polymorphus</i> sp. Lühe. 1911	33.3	6.0	18.0	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudocorynosoma constrictum</i> Van Cleave (1918).	33.3	1.3	4.0	-	-	-	-	-	-
NEMATODA									
<i>Capillaria anatis</i> Schrank. 1790	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudocapillaria</i> sp. Freitas (1959).	66.7	0.7	1.0	-	-	-	-	-	-

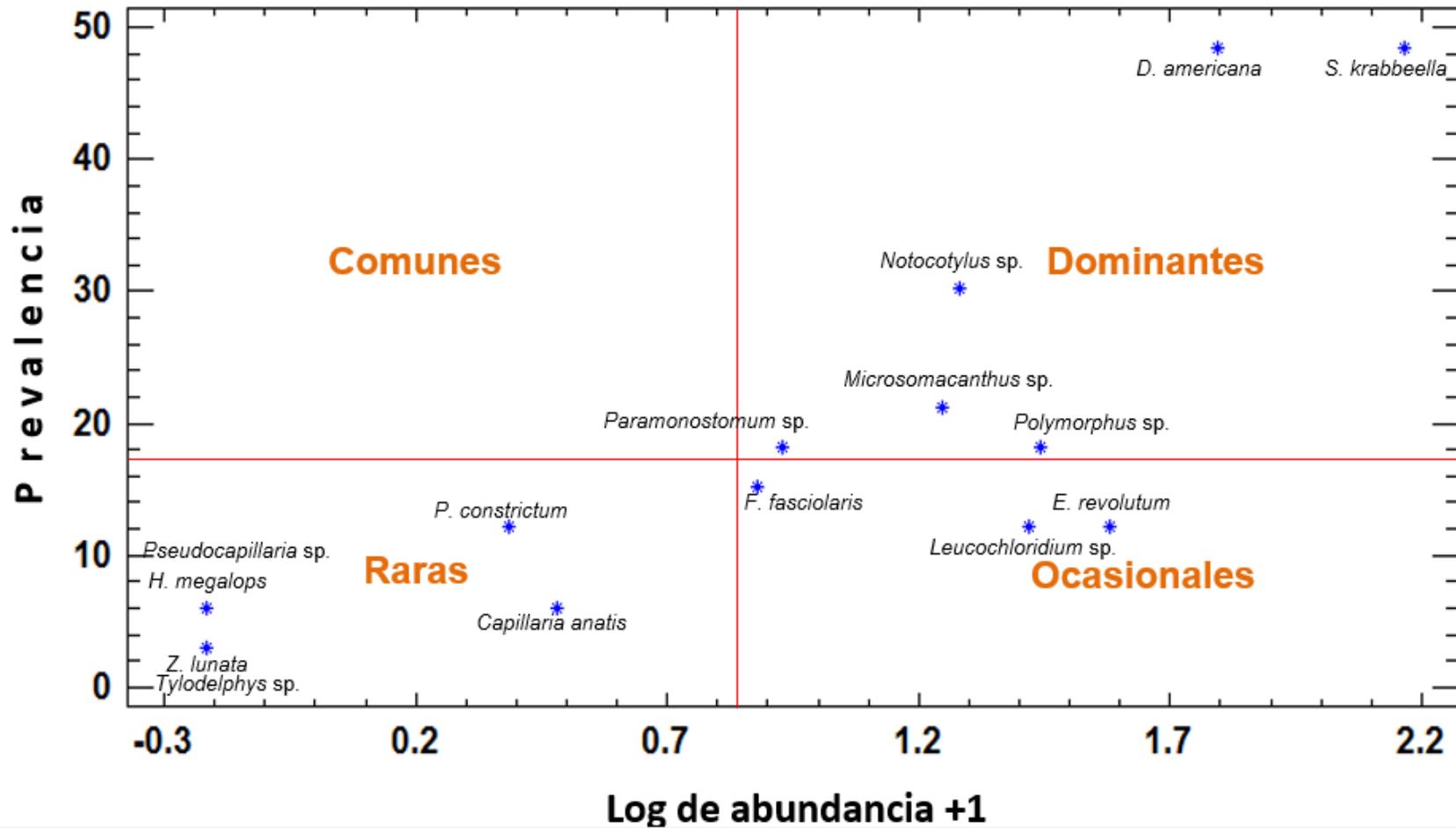


Figura 5. Análisis Olmstead-Tukey, clasificación de especies parásitas en la comunidad de hospederos de acuerdo a su importancia ecológica; especies dominantes (cuatro especies), especies raras (seis especies): especies ocasionales (cinco especies).

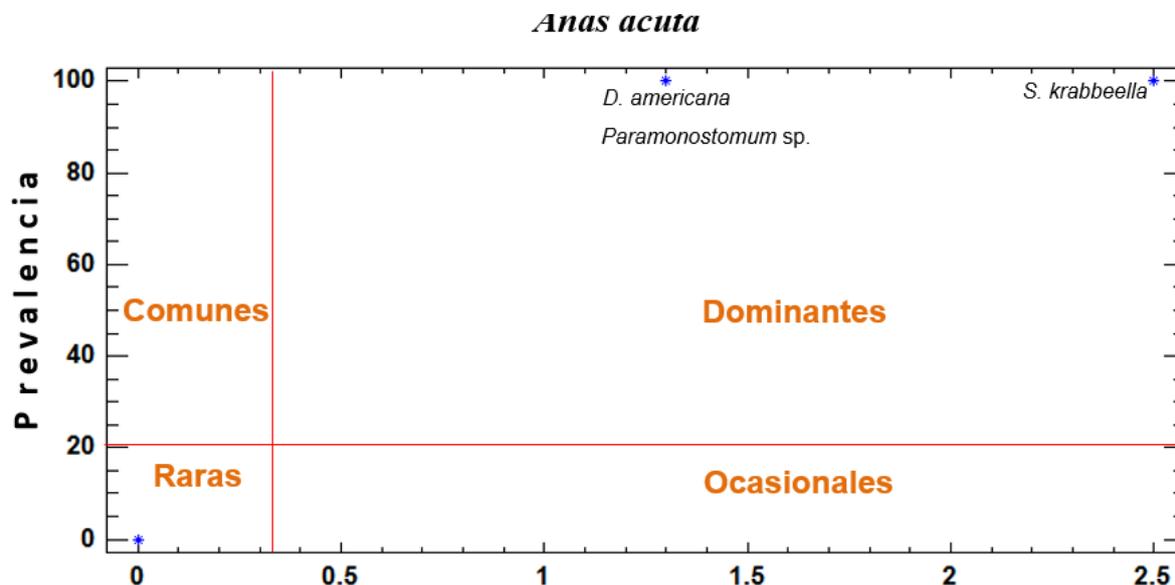


Figura 6. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas acuta*. Se observan tres especies dominantes, el resto de las especies se ubican como especie rara.

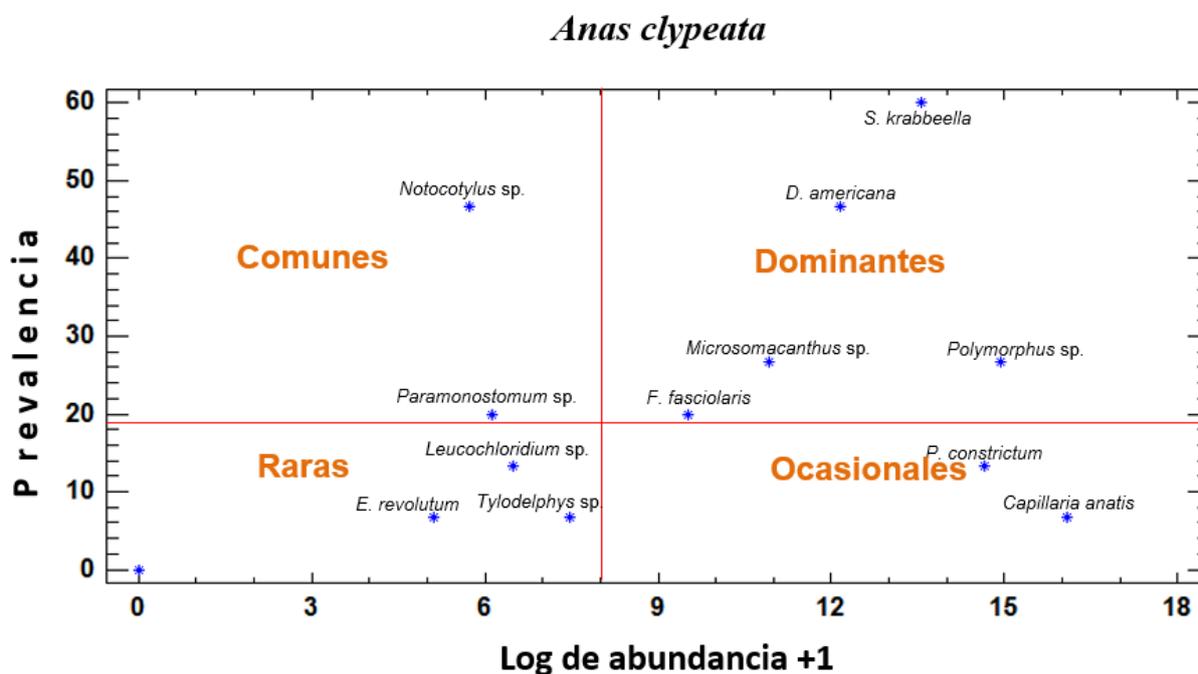


Figura 7. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas clypeata*. Se observan cinco especies dominantes, seis especies raras y dos especies ocasionales.

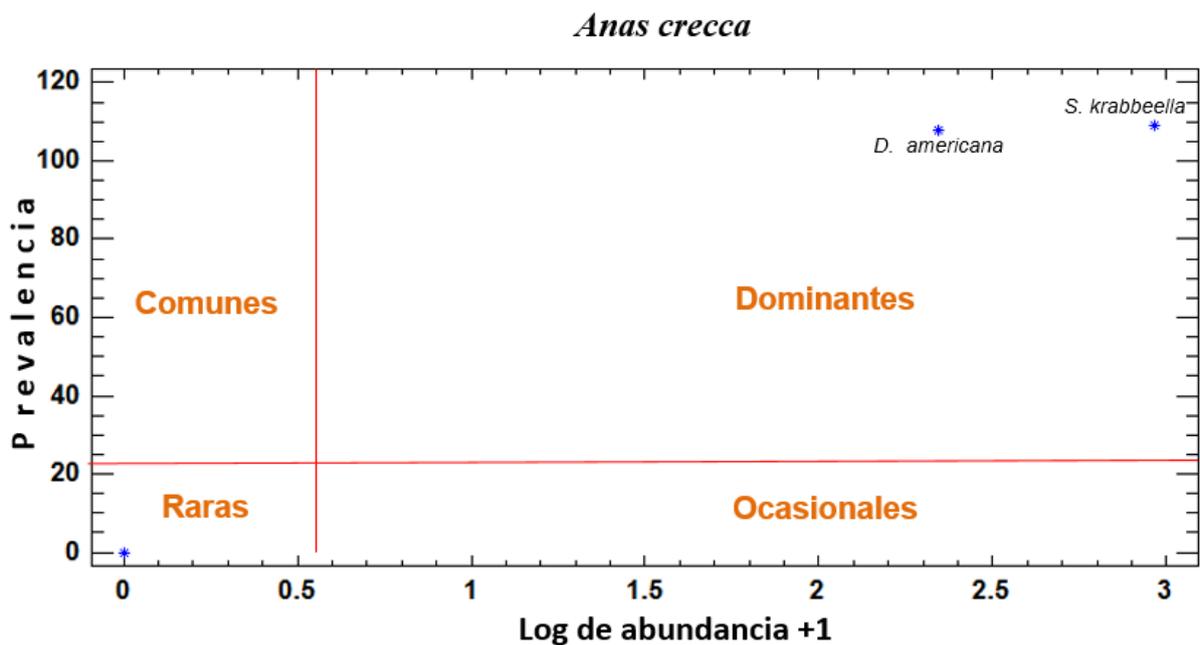
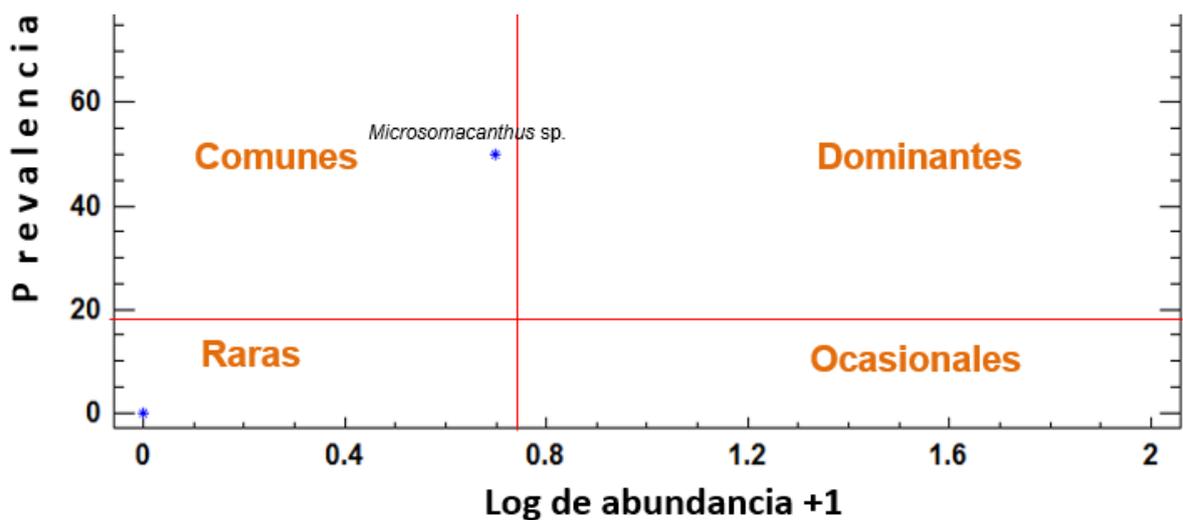


Figura 8. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas crecca*. Se observa que los cestodos *D. americana* y *S. krabbeella* como especies dominantes, y el resto como especies raras.

Anas platyrhynchos

Figura 9. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas platyrhynchos*. Se observan dos especies de cestodos como dominantes, el resto de las especies como especies raras.



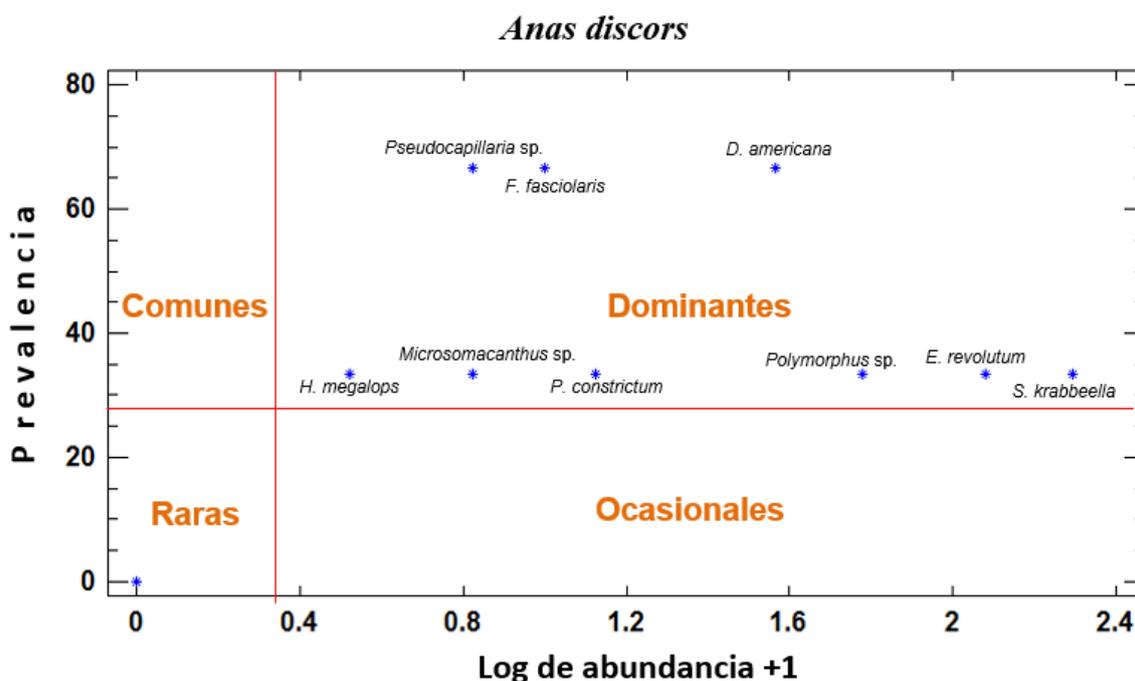


Figura 10. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas discors*. Se observa la distribución de cinco especies dominantes en el cuadrante I, tres especies comunes y el resto de las especies como raras (siete).

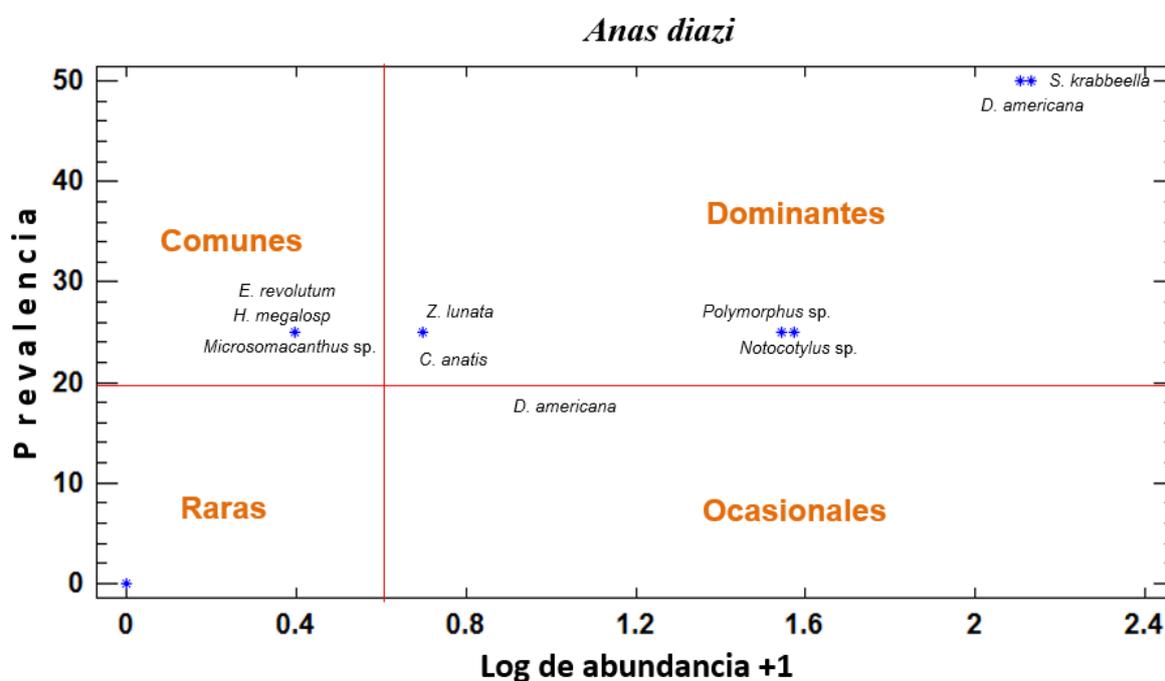


Figura 11. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Anas diazi*. Se observan dos grupos de especies dominantes (diez) el resto de las especies (cinco) como especies raras.

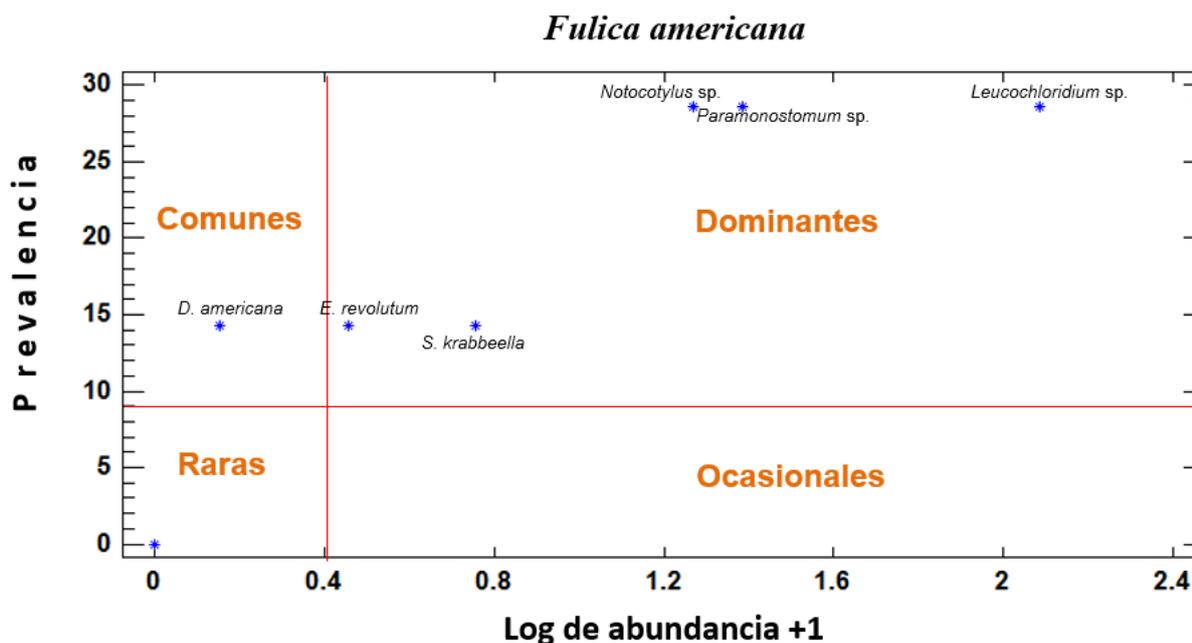


Figura 12. Análisis Olmstead-Tukey en el hospedero *Fulica americana*. Se observan tres especies de trematodos como especies dominantes, tres especies como especies comunes y el resto de las especies como especies raras (diez).

Á

Tabla 4. Estructura de la comunidad componente de helmintos en aves acuáticas de ciénaga Chimaliapan, San Pedro Tultepec, Estado de México.

Especie de hospedero	N. de hospederos	N. de especie s	N. de parásitos	Especie dominante	IBP	H	E
<i>Anas acuta</i>	1	3	34	<i>S. krabbeella</i>	0.8	0.4	0.4
<i>Anas clypeata</i>	15	12	623	<i>S. krabbeella</i>	0.3	1.8	0.7
<i>Anas crecca</i>	1	2	114	<i>S. krabbeella</i>	0.4	0.4	0.7
<i>Anas diazi</i>	4	10	142	<i>S. krabbeella</i>	0.3	1.4	0.6
<i>Anas discors</i>	3	9	136	<i>S. krabbeella</i>	0.4	1.5	0.6
<i>Anas platyrhynchos</i>	2	2	21	<i>D. americana</i>	0.9	0.2	0.2
<i>Fulica americana</i>	7	6	122	<i>Leucochloridium sp.</i>	0.6	0.9	0.5

Tabla 5. Lista de helmintos X^2 =abundancia promedio, S^2 = Varianza de la abundancia, ID=índice de dispersión, k=Índice de agregación.

ESPECIE PARÁSITA	X^2	S^2	ID	k	Hábitat
TREMATODA					
<i>Zygocotyle lunata</i> Diesing (1836). Sunkard (1916).	0.06	0.12	2.00	0.06	ID, C
<i>Echinostoma revolutum</i> Fröelich (1802)	3.79	256.98	67.84	0.06	ID
<i>Notocotylus</i> sp. Dubois y Rausch (1950).	1.91	14.15	7.41	0.30	ID
<i>Paramonostomum</i> sp. Lühe. 1909	0.85	4.95	5.83	0.18	ID
<i>Leucochloridium</i> sp. Carus. 1835	2.64	175.93	66.73	0.04	ID
<i>Tylodelphys</i> sp. (Pre adulto) Diesing .1850	0.06	0.12	2.00	0.06	C
CESTODA					
<i>Fimbriaria fasciolaris</i> Palas (1781). Fröelich (1802).	0.76	6.19	8.17	0.11	ID
<i>Microsomacanthus</i> sp. Fuhrmann (1913)	1.76	37.81	21.52	0.09	ID
<i>Diorchis americana</i> Ransom (1909).	6.21	109.23	17.58	0.37	ID
<i>Sobolevicanthus krabbeella</i> Hughes (1940).	14.67	645.54	44.01	0.34	ID
<i>Hymenolepis megalops</i> Nitzsch in Creplin (1829).	0.06	0.06	0.97	-1.94	CL
ACANTHOCEPHALA					
<i>Polymorphus</i> sp. Lühe. 1911	2.76	51.56	18.70	0.16	ID
<i>Pseudocorynosoma constrictum</i> Van Cleave (1918).	0.24	0.63	2.59	0.15	ID
NEMATODA					
<i>Capillaria anatis</i> Schrank. 1790	0.30	2.03	6.70	0.05	P
<i>Pseudocapillaria</i> sp. Freitas (1959).	0.06	0.06	0.97	-1.94	P

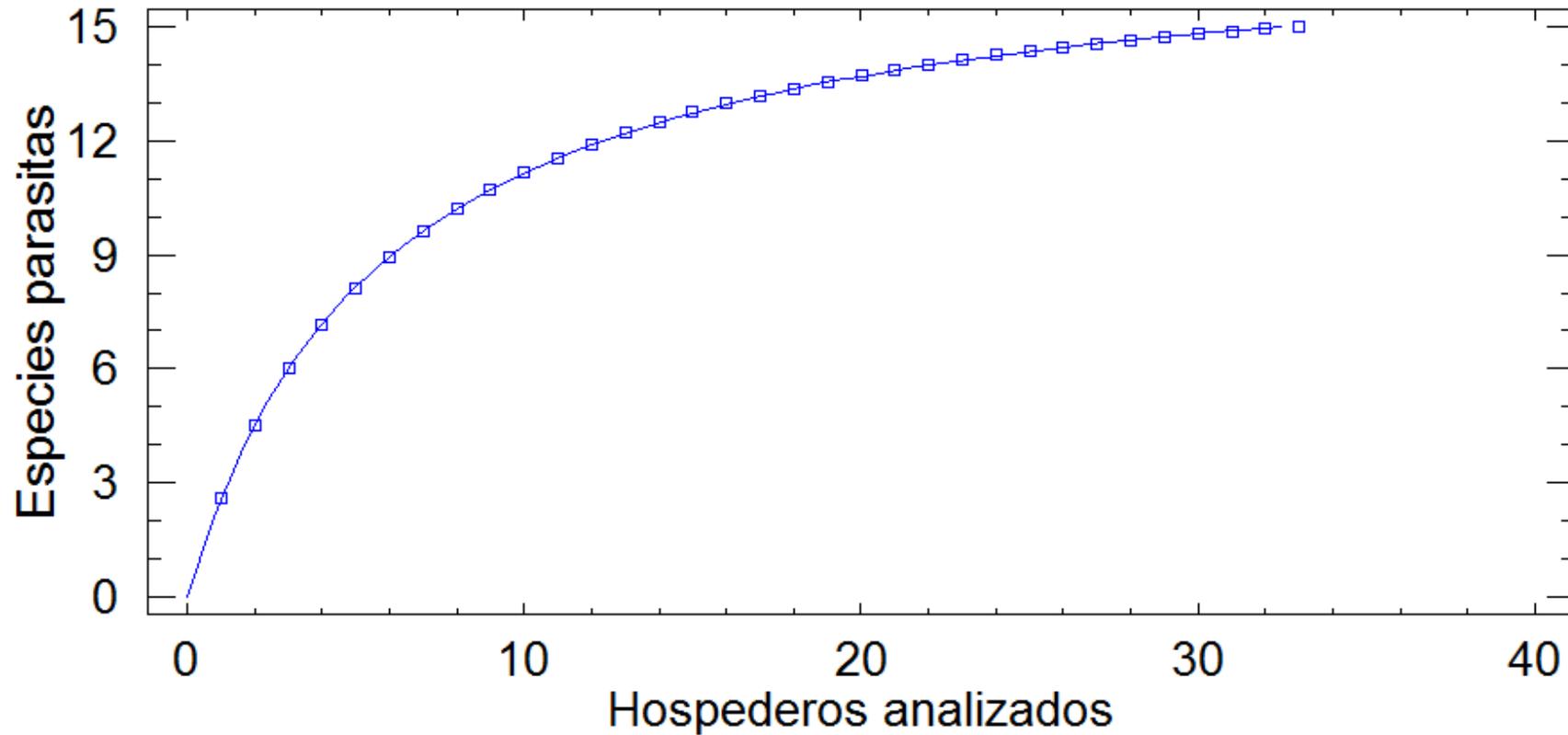


Figura 13. Curva de acumulación de especies realizada con la riqueza de helmintos encontrada en aves acuáticas. Se observa el número de especies parásitas encontradas con respecto al número de hospederos analizados, la línea continua representa la función de Clench ajustada a la curva aleatorizada por medio de la función $S_n = (a \cdot \text{Host}) / (1 + (b \cdot \text{Host}))$, se observa un perfecto ajuste con sustentado con un valor de R^2 de 99.9%.

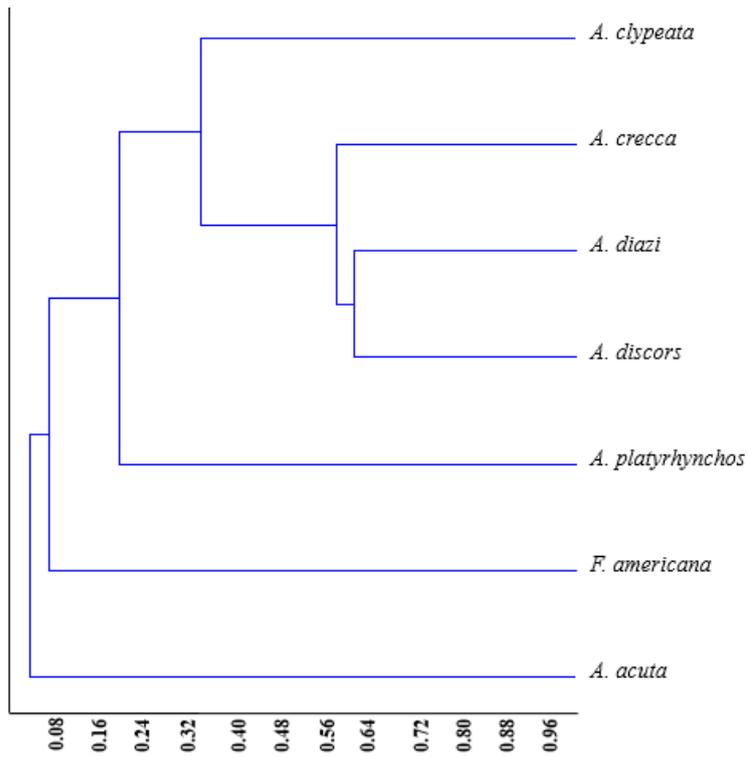


Figura 14. Esquema del análisis cuantitativo de Bray-Curtis.

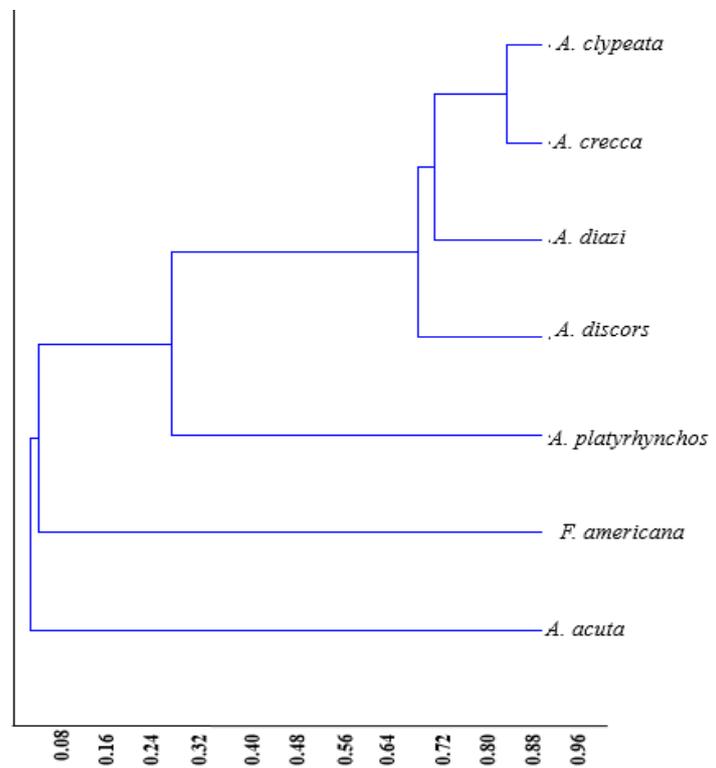


Figura 15. Esquema de análisis cualitativo de Jaccard.

DISCUSIÓN

Las aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan, residentes o migratorias, al igual que las de cualquier otro humedal, desempeñan un papel importante en el ciclo de vida de una gran diversidad de especies de helmintos, debido a que fungen como hospederos definitivos, es decir son el sitio adecuado en donde la fase adulta del parásito alcanza la madurez. Además, por sus hábitos de desplazamiento dentro del humedal o durante la migración actúan como importantes dispersores de muchas de estas especies de helmintos. Por otro lado la composición de la fauna helmíntica de una o varias especies de hospedero en un área determinada, así como la prevalencia, abundancia e intensidad de infección con que dichos helmintos se presentan, tienen una gran importancia ecológica, ya que nos proporcionan información no sólo sobre la interacción entre los parásitos y sus hospederos, sino también de los factores que influyen sobre sus hábitos alimenticios y ciclos de vida (Bush et al., 2001) y un listado de especies presentes es lo primero que se requiere en el estudio descriptivo de una comunidad de helmintos.

En el presente estudio se analizó un total de 33 aves acuáticas, 26 de la familia Anatidae y 7 de la familia Rallidae, colectadas durante una temporada cinegética, en las cuales fueron encontrados 1 192 helmintos parásitos, que fueron agrupados en seis especies de trematodos, cinco especies de cestodos y dos especies de acantocéfalos y dos especies de nematodos. El grupo dominante fue el de los tremátodos, lo cual es similar a lo registrado por Hinojosa et al., 2009; Mercado et al., 2010; Garvon et al., 2011; Violante et al., 2012 y Martínez et al., 2012 quienes describen a los tremátodos como el grupo con los valores más altos de prevalencia, abundancia e intensidad (72.7, 23.4 y 32.2

respectivamente), Farías y Canaris, 1986; Martínez et al., 2012, describen valores de prevalencia similares a los obtenidos en el presente estudio. Los nematodos obtuvieron los valores más bajos, que difiere a los valores registrados por Bererly et al (2009) quien describe valores más altos incluso que los tremados, Martínez et al., (2012) describe a los nematodos como un grupo más prevalente que los acantocéfalos. Las especies descritas en el presente estudio han sido registradas en diferentes zonas del país en los estudios realizados por Farías y Canaris, 1986; Gladden y Canaris 2009; Mercado et al., 2010; Martínez et al., 2012, Alemán et al., 2014. Sin embargo algunas de las especies de helmintos obtenidas se registran por primera vez para México, tal es el caso de las especies *Leucochloridium* sp. (Figura 16) en los hospederos *A. clypeata* y *F. americana*, *Microsomacanthus* sp. (Figura 25) en *A. clypeata* y *A. platyrhynchos* y *Tylodelphys* (Figura 23) en *A. clypeata*, para otras especies los parásitos representan nuevos registros en los hospederos en los que fueron encontrados, por mencionar algunos la especie *Z. lunata* (Figura 22), fue encontrada en *A. diazi*, la cual había sido descrita en hospederos *A. platyrhynchos* (Mercado Reyes et al., 2010), *A. discors* (Garvon et al., 2011), y en Estado de México en *A. acuta* (Martínez et al., 2011), existe un interés particular por esta especie parásita debido a que ha sido registrada como una especie que puede causar daños en rumiantes y en otras especies de mamíferos. Otra especie de gran importancia es *Echinostoma revolutum* (Figura 20), ha sido registrada por diversos autores como especie parásita de aves acuáticas (Mercado et al., 2010; Garvon et al., 2011; Martínez et al., 2012) fue encontrada en los hospederos *A. clypeata*, *A. discors*, *A. diazi* y *F. americana* en esta última se registra por primera vez, esta especie tiene un interés particular, debido a que es considerada una

especie zoonótica, causante de la enfermedad equinostomiasis en humanos (Woon-Mok et al., 2011).

La especie *Notocotylus* sp. (Figura 18 y 19) fue encontrada en *F. americana*, y *A. diazi*, mientras que los registros previos la describen en *A. clypeata*, *A. acuta* y *A. crecca* (Martínez et al., 2011). En su mayoría las especies encontradas en los hospederos *F. americana*, representan nuevos registros en el estado y algunas más para el país, por mencionar algunos el trematodo *Paramonostomum* sp. (Figura 17) ha sido descrito en la especie *Fulica atra* Lineo 1758 en aves de España (Foranda R. 2002), en Chile en hospederos *A. discors* y *A. georgia* (Drago et al., 2007). Jones y Gibson (2005) describen al género *Paramonostomum* como cosmopolita, común en los intestinos de aves principalmente Anseriformes, Ciconiiformes, Charadriiformes, Galliformes, Gruiformes incluso en algunos mamíferos, en el presente trabajo representa un nuevo registro en hospederos *F. americana* y *A. clypeata*, en México los registros para especies de este género son los realizados por Larios (1943), recientemente Nadir et al., 2016 describen a la especie *P. bagodaroi* en hospederos *A. platyrhynchos*.

Las especies de cestodos son registro de nuevas especies de hospederos por mencionar algunos; *F. fasciolaris* (Figura 26) se describe por primera vez en *A. clypeata* y *A. discors*, el género *Microsomacanthus* sp. (Figura 25) en *A. clypeata* y *A. discors*, Martínez et al., 2012 describen la presencia de dos especies del género en *A. diazi* y *Oxyura jamaicensis*, las especie *D. americana* (Figura 24) y *S. krabbeella* se describen por primera vez en *F. americana*. Las especies de acantocéfalos descritas en el presente trabajo son especies que han sido registrados en hospederos de la familia Anatidae y Rallidae (Farías y Canaris,

1986; Martínez et al., 2012 y Alemán y Canales, 2014) el presente trabajo describe como nuevo registro a; *A. diazi* como hospedero. El género *Polymophus* (Figura 28), ha sido descrito por Farías y Canaris, 1968 y Mercado Reyes et al., 2010 quienes describen a la especie *P. minutus* en *A. platyrhynchos diazi*, Martínez Aquino (2011) describe la presencia de larvas de la especie de *P. brevis* en peces Cyprinodontiformes, se reporta por primera vez en México en hospederos *A. clypeata* y *A. discors*. Por otra parte el nematodo *Capillaria anatis* (Figura 31) ha sido descrita en diferentes especies de aves de corral y silvestres, Jiménez Aguilar (2010) la describe como parásitos del intestino de guajolotes de traspatio, Gladden y Canaris (2009) la describen en *B. albeolata* en el presente estudio se registra en hospederos *A. clypeata* y *A. diazi*. El género *Pseudocapillaria* (Figura 30) fue encontrada en *A. discors*, esta especie ha sido descrita en diferentes especies de peces de ornato y silvestres, Kent (2002) describe a *Pseudocapillaria tomentosa* en pez cebra, mientras que Salgado Maldonado (1986) la describe en Godeidos particularmente en la especie *A. robustus* que es una especie de paz nativa del Rio Lerma. La descripción de parásitos en nuevas especies de hospederos indica a grandes rasgos el intercambio de especies parásitas, posiblemente debido a la interacción ambiental de las especies hospederas.

El diagrama de Gastón permite jerarquizar la dominancia de especies parásitas encontradas en las aves, en función de su prevalencia y abundancia, el cual mostró que en la comunidad de hospederos analizados las especies *D. americana*, *S. krabbeella*, *Microsomacanthus* sp., *Notocotylus* sp., *Paramonostomum* sp. y *Polymophus* sp. son especies dominantes debido a los altos valores de prevalencia y abundancia, mientras que por la baja prevalencia

y alta abundancia de *E. revolutum*, *Leucochloridium* sp. y *F. fasciolaris* son especies ocasionales, el resto de las especies presentaron baja prevalencia y baja abundancia fueron categorizadas como especies raras, y no se observó ninguna especie común. En los hospederos *A. acuta* se encontraron tres especies de helmintos de *S. krabbeella*, *D. americana* y *Paramonostomum* sp., las cuales fueron especies dominantes. El mayor número hospederos colectados fueron de la especie *A. clypeata*, en donde mayor número de especies parásitas se encontraron, de las cuales cinco son especies dominantes, dos comunes y mismo número de especies ocasionales y tres especies raras, en los hospederos *A. crecca* se encontraron únicamente dos especies de las cuales una fue especie dominante y la otra especie común. En los hospederos *A. discors* se encontraron nueve especies de helmintos en tres hospederos, todas las especies presentaron alta prevalencia y abundancia. Los helmintos encontrados en los hospederos *A. diazi* se categorizaron en dominantes y comunes y no se presentaron especies raras y ocasionales, finalmente de las seis especies colectadas en *F. americana*, cinco corresponden a especies dominantes siendo los trematodos *C. brevis*, *Paramonostomum* sp. y *Leucochloridium* sp. las especies de mayor prevalencia y abundancia y el cestodo *D. americana* fue especie común.

La distribución espacial es una propiedad característica de las comunidades de organismos, y es producto de la heterogeneidad ambiental, el crecimiento y la reproducción de las especies que integran la población, esta característica actúa sobre los procesos aleatorios y dirigidos de movimiento y mortalidad (Badii et al., 2000), debido a que en su mayoría las poblaciones naturales son estacionales y discontinuas. En la naturaleza las especies parásitas responden a tres tipos de

distribución espacial; aleatoria, azarosa y agregada. En nuestro estudio se observó trece de las especies de helmintos que parasitan a las aves de la ciénaga Chimaliapan presentan un valor de ID mayor a 1 lo que nos indica que se distribuyen de forma agregada, siendo las especies *E. revolutum* y *Leucochloridium* sp., quienes presentaron los valores más elevados, 67.8 y 66.7 respectivamente, y dos (*H. megalops* y *Pseudocapillaria* sp.) responden al tipo de distribución aleatoria al presentar un valor de ID menor a 1, ambas de 0.97. Anderson y Gordon (1982) menciona que las poblaciones de parásitos se caracterizan por poseer un tipo de distribución agregada. Poulin (1998) menciona que este tipo de disposición es aquella en la cual los parásitos se encuentran distribuidos de forma no uniforme en el espacio, hallándose pocos individuos hospedadores que albergan muchos parásitos y muchos hospedadores donde hay pocos o ningún parásito. La distribución agregada, los organismos forman grupos, lo cual puede ocurrir cuando las características del medio son heterogéneas o discontinuas; es decir, sólo en ciertos lugares se encuentran las condiciones óptimas para los organismos pues resulta benéfico para ellos, o como suele pasar, la presencia de un organismo en un lugar atrae a otros. Romero Cabello (2007) menciona que distintos factores actúan para generar este patrón, donde tanto el medio ambiente, a causa de las múltiples condiciones y elementos que determinan su variabilidad, y en el caso de los parásitos el hábitat no es continuo y los hospederos representan parches de hábitats disponibles, la heterogeneidad en la susceptibilidad, la exposición del hospedador a la infección y la reproducción directa de algunos parásitos dentro del hospedador. En el caso de la dispersión aleatoria la presencia de una especie parásita en una unidad de muestreo (hospedero) es independiente de otras

especies, además de que cada helminto tiene la misma probabilidad de encontrarse en cualquier unidad de muestreo.

Con respecto a la estructura de la comunidad de helmintos en aves acuáticas, se observó que el número de especies de helmintos parásitos registrados en siete especies de aves acuáticas varió entre dos y doce especies, siendo *A. clypeata* quien presentó el mayor número de especies registradas, mientras que el número total de parásitos por especie de hospedero fue entre 21 y 623, siendo más alto nuevamente en *A. clypeata*, especie de la cual se colectó el mayor número de hospederos. Los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener variaron entre 0.2 y 1.8. El valor del índice de equidad más bajo se observó en la especie *A. platyrhynchos* (0.2) y el más alto en *A. clypeata* y *A. crecca*. Mientras que el valor del índice de dominancia fue más alto en *A. platyrhynchos* y el más bajo en *A. clypeata* y *A. diazi*. Las especies dominantes en los anátidos fueron los cestodos *S. krabbeella* y *D. americana*, mientras que la especies de la familia Rallidae fue *Leucochloridium* sp.

Cuando se intenta realizar un inventario de la diversidad biológica a menudo resulta imposible que se registre el total de las especies presentes en una determinada área (Jiménez y Hortal, 2003) y debido a que la riqueza de especies es la principal variable descriptiva de la biodiversidad, es necesario hacer uso de herramientas que permitan extrapolar el número de especies observadas en un inventario, con la finalidad de estimar el total de especies que estarían presentes en la zona y brindan fiabilidad al trabajo, y las curvas de acumulación de especies son una buena herramienta en la validación de los trabajos de inventario de biodiversidad, debido a que en ellas se representa el número de especies acumuladas frente al esfuerzo de muestreo realizado, cuando mayor sea el

esfuerzo de muestro mayor será el número de especies colectadas, en un principio se colectan las especies comunes y la adición de especies al inventario se producen rápidamente, a medida que prosigue el muestreo aparecen las especies raras, así como las especies provenientes de otros lugares. Con la finalidad de validar el inventario de especies de helmintos que parasitan a las aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan se realizó una curva de acumulación de especies, en la cual se representa el número de especies obtenidas (eje Y) respecto al número de aves que fueron analizadas (eje X), en la cual el valor de $R^2 = 99.9\%$ lo que indica un buen ajuste de los datos, y se obtuvo el 86 % del total de fauna parasita, lo que nos indica que el inventario de especies de helmintos es confiable. (Gotelli y Colwell, 2001) mencionan que la mayoría de los inventarios faunísticos son forzosamente incompletos, debido a la imposibilidad de registrar el total de especies durante un trabajo de muestreo y que esto representa un problema en los estudios de biodiversidad, debido a que el número de especies aumenta con el tamaño de la muestra (Magurran, 1988).

CONCLUSIONES

Las aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan se encuentran parasitadas por 15 especies de helmintos, seis especies de trematodos, cinco cestodos, dos especies de nematodos y dos de acantocéfalos.

Los trematodos y cestodos son los grupos más diversos en la comunidad de helmintos que parasitan a las aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan.

Los cestodos fueron el grupo con mayor prevalencia y abundancia en la comunidad de helmintos.

De la comunidad de helmintos seis especies fueron catalogadas como especies dominantes, cuatro especies raras, tres ocasionales y no hubo presencia de especies comunes

La especie de cestodo *D. americana* se clasificó como dominante en todas las especies del género *Anas*, y como especie común en la especie *F. americana*; mientras que *S. krabbeella* fue dominante en todas las especies excepto en *A. platyrhynchos*.

El número de especies de helmintos que parasitan a las aves acuáticas de la ciénaga Chimaliapan varía entre dos y 12 especies.

El valor de R^2 obtenido en la curva de acumulación de especies indicó que existe un buen ajuste de los datos, lo que indica que el número de hospederos analizados fue el correcto, además del registro de una proporción de helmintos de 85.7%.

Se registra dentro de la zona de estudio la presencia de dos especies de helmintos que tienen importancia médica humana

Se registra por primera vez para el Estado de México la presencia de los helmintos en la especie *F. americana*.

Se describe por primera vez para México al género *Paramonostomum* sp., en los hospederos *F. americana* y *A. clypeata*.

La especie *F. fasciolaris* y el género *Microsomacanthus* sp., se describe por primera vez en los hospederos *A. clypeata* y *A. discors*.

El género *Polymorphus* se describe por primera vez en los hospederos *A. clypeata* y *A. discors*

LITERATURA CITADA

- Aguilar- Aguilar, R. 2008. Gusanos parásitos de fauna silvestre, algunas formas de estudio. *Elementos: ciencia y Cultura*. 15:55-61.
- Aleman E., S. Monks and G. Pulido-Flores. 2014. Intestinal helminths of some waterfowl in the state of Hidalgo: case study, Lago of Tecocomulco. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2(3):512-516. ISSN: 2007-6940.
- Anderson, R., A. Chabaud y S. Willmott. 1986. Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates. Universidad de Oxford E.U.A. 480 pp.
- Anderson, R.M., Gordon, D.M. (1982). Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities. *Parasitology* 85: 373-398.
- Ayala-Pérez, V., N. Arce y R. Carmona. 2013. Distribución espacio-temporal de aves acuáticas invernantes en la Ciénega de Tláhuac, planicie lacustre de Chalco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:327-337.
- Barrera Guzmán A.O., Guillen Hernández S. 2008. Helmintos intestinales en aves Ciconiiformes de la Ciénega de Chuburná, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 525- 527.
- Bautista Hernández C. 2013. Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de riqueza de especies. *Parasitology*, Harold W. Manter Laboratory of University of Nebraska- Lincoln.
- Berlanga, H. 2001. Conservacion de aves de América del Norte. *CONABIO. Biodiversitas* 38:1-8.
- Berlanga, H., Brambila, J., Castillejos, E., Cruz, M., Díaz, D., Escobar, M., Garza, A., Gómez de Silva, H., Grosselet, M., Hinojosa, O., Oliveras, A., Mellink, E., MacKinnon, B., Montejo, J., Ortiz-Pulido, R., Pérez, M., Riojas, M., Rodríguez-Contreras, V., y Sánchez-González, L. 2007. Taller: "Revisión y re categorización de las AICAS de México" Mineral del Chico, Hidalgo. En: Pagina de la red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO/NABCI, Birdlife.
- Blanco, D. 1999. Los humedales como hábitat de aves acuáticas. In *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*, A. Malvárez (ed.). Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe. Montevideo. p. 219-228.
- Bojorges B. J.C. 2011. Riqueza y diversidad de especies de aves asociadas a manglar en tres sistemas lagunares en la región contera de Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 205-215, 2011.

- Broderson, D., Canaris A. G. y Bristol J.R. 1977. Parasites of waterfowl from Southwest Texas. *Journal of Wildlife Diseases* 13:435-438.
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz, and A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited. *Journal of Parasitology* 83:575–583.
- Bush, A.O., J. Fernández, G. Esch, y J.R. Seed. 2001. Parasitism: The diversity and ecology of animal parasites. Cambridge University Press. 566p.
- Canaris, A.G., A. C. Mena y J.R. Bristol. 1981. Parasites of waterfowl from Southwest Texas: III. The Green-winged Teal, *Anas crecca*. *Journal of Wildlife Diseases* 17:57-64.
- Carrera G., E. y de la Fuente L., G. 2003. Inventario y Clasificación de Humedales en México, Parte 1. Ducks Unlimited de México A.C. México. 237 pp.
- Caspeta-Mandujano. J.M. 2005. Nemátodo parasites of freshwater fish in México: Key to species, descriptions and distribution. Morelos, México. 175 pp.
- Colín-Álvarez R.C. 2013. Descripción morfológica de fases del ciclo de vida de *Zygocotyle lunata* (Trematoda, Paramphistomoidea) obtenidos natural y experimentalmente. Universidad Autónoma del Estado de Mexico.
- Czaplinski B. y C. Vaucher. 1994. Family Hymenolepididae Ariola, 1899. In L.F. Khalil, A. Jones and R.A. Bray. Keys to the Cestode Parasitology of Vertebrates. Commonwealth Agriculture Bureaux International, Wallingford. 595-643 pp.
- Drago., B. F. and Lunaschi L. I. 2011. Digenean parasites of Ciconiiform birds from Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 77-83, 2011.
- Ernest Preston Edwards. 1998. A Field Guide to the Birds of Mexico and Adjacent Areas: Belize, Guatemala, and El Salvador. University of Texas Press. Third Edition.
- Escalante-Espinosa T. 2003. ¿cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos* 52. pp. 53-56
- Farias, J.D. y A.G. Canaris. 1986. Gastrointestinal Helminths of the Mexican duck *Anas platyrhynchos diazi* ridgway, from north central Mexico and southwestern United States. *Journal of Wildlife DISEASES* 22:51-54.
- Farias, J.D. and A.G. Canaris 1986 Gastrointestinal helminths of the mexican duck *Anas platyrhynchos diazi* ridgway, from north central Mexico and southwestern United States. *Journal of Wildlife Diseases* 22:51-54.
- Flores Nava, B. 2012. Dinámica de la comunidad de Larvas de Trematodos Digeneos en gasterópodos (Basommatophora) del lago Atarasquillo, Lerma Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de Mexico.

- Flores-Nava B. 2008 Descripción morfológica de fases de ciclo de vida de Tremátodos Digeneos (Echinostomatidae y Notocotylidae) obtenidas natural y experimentalmente. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. 72 pp.
- Fried, M., y J.C. Franson. 1999. Field manual of wildlife Diseases: General field procedures and Diseases of birds. US Geological Service, Biological Resources Division, Washington, D. 424 p.
- García P. L., B. Mendoza, G. Pérez-Ponce de León. 2014. Biodiversidad de Platyhelminthes parásitos en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supla. 85: S164-S170, 2014, DOI: 10.7550/rmb.31756.
- Garvon, J., A. Fedynich., M. Peterson and D. Pence. 2011. Helminth community dynamics of Blue-Winged Teal (*Anas discors*) using two distinct migratory corridors. Hindawi Publishing Corporation Journal of Parasitology Research Vol. 2011. ID 306257. DOI:10.1155/2011/306257.
- GASTON, K.J. 1996. Species richness: measure and measurement. En K. J. Gastón (ed.). Biodiversity. A Biology of Numbers and Difference. Blackwell Science.
- Gibson I. D., A. Jones y R. A. Bray. 2005. Keys to the Trematoda. Vol I CABI Publisehing The Natural History Museum, London, UK. 776 pp.
- Gladden, B.W. y A.G. Canaris. 2009. Helminth parasites of the Bufflehead duck, *Bucephala albeola*, wintering in the Chihuahua desert with a checklist of helminth parasites reported from this host Journal Parasitology 95:129-136.
- González, R. A. Fauna silvestre de México: Uso, manejo y legislación. en Gallina T., S. y C. López –González. 2011. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volumen I. Universidad Autónoma de Querétaro- Instituto de Ecología, A.C. Querétaro, México 337 pp.
- Gotelli N.J. y Colwell R.K. 2001. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparason of species richness. Ecology Letters 4:379-391.
- Gray, C.A., P.N. Gray, and D.B.PENCE. 1989. Influence of social status on the helminth community of lata-winter mallards. Can.J. Parasitol. 67:937-1944.
- Hilty, S. y B. William. 2001. Guía de aves de Colombia. Princenton University Press. New Jersey.
- Hinojosa, A., D. González A., M. George N. 2009. Host specificity, prevalence and between-sites variation in metazoan parasites of *Anas georgica* Gmelin,

- 1789 (Aves: Anseriformes) in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 82: 337-345, 2009.
- HINOJOSA-SÁEZ, ANA; GONZÁLEZ-ACUÑA, DANIEL; GEORGE-NASCIMENTO, MARIO
 - Holmes, J. C. 1996. Parasites as threats to biodiversity in shrinking ecosystems. *Biodivers. Conserv.* 5: 975-983.
 - Hugot, J.P., Baujard, P y Morand, S. 2001. Biodiversity in Helminths and nematodes as a field of study; an overview. *Nematology*, Vol. 3, No. 3, March, 2001, pp 199-208, ISSN 1388-5545.
 - Jiménez-Valverde A., y Hortal J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología* 8: 151-161.
 - Jones A., R.A. Bray y D.I. Gibson. 2005. *Keys to Trematoda*, Vol 745. CABI Publishing The Natural History Museum, London, UK. 521 p.
 - Jones, A., 2005 Family Zygoctylidae. In: A. Jones Bray, D. I. Gibson, (Eds.), *Keys to Trematoda Vol II*, CABI Publishing Co., London, United Kingdom, pp. 353-356.
 - Jones, A. 1994. Family Dilepididae Rallied y Henry, 1909. In *Keys to the Cestode Parasites of Vertebrates*, L. F. Khalil, A. Jones and R. A., Bray. Commonwealth Agriculture Bureaux International, Wallingford, U.K. 435- 554.
 - Lamothe-Argumedo, R. 1983. *Introducción a la Biología de los Platelminetos*. AGT Editores, S.A. México, D.F. 143 pp.
 - Lamothe-Argumedo, R. 1997. *Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres*. AGT. 43 p.
 - Leopold, A. 1977. *Fauna silvestre de México*. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F. 599 pp.
 - Leopold, A. Starker. 1959. *Wildlife of Mexico: the game birds and mammals*. University of California Press, Berkeley. 568 p.
 - Luna-Gutiérrez A.M. 2004. *Estimación del aprovechamiento cinegético de aves acuáticas migratorias en la laguna de San Pedro Tultepec, Lerma durante la temporada de caza 1999-2000*. Tesis Licenciatura, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México. 73 pp.
 - Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Cromo Helms, London. 179 p.

- Margolis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris, y G. A. Schad. 1982. The use of Ecological terms in Parasitology (Report of an ad hoc Committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68: 131-133.
- Martínez H. M., Sánchez N. P., Salgado M. G., Rodríguez R. F. 2012. Helmintos gastrointestinales de las aves acuáticas de la Subcuenca del Alto Lerma. *Revista Mexicana de la Biodiversidad* 83:36-41, 2012.
- Martínez-Haro 2011. Helmintos gastrointestinales de las aves acuáticas de la Subcuenca del Alto Lerma. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México. 84 pp.
- McDonald M E. 1988. Key to Acanthocephala Reported in Waterfowl. United States Department of the Interior Fish and Wildlife Service. Washington, E.U. 23 pp.
- McDonald M E. 1988. Key to Acanthocephala Reported in Waterfowl. United States Department of the Interior Fish and Wildlife Service. Washington, E.U. 23 pp.
- Mercado Reyes *et al.*, 2010. Presence of Helminths in the Mexican duck (*Anas platyrhynchos diazi*) del Altiplano Zacatecano Plateau, México. *Agrociencia* 44: 931-939. 2010.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- Orozco-Flores A. 2000. Algunos Tremátodos y Cestodos de tres especies de Cercetas en dos localidades del estado de México. 2000. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México 104 pp.
- Ortega-Olivares MP, Rosas-Valdez R, García-Varela M. 2013. First description of adults of the type species of the genus *Glossocercus* Chandler, 1935 (Cestoda: Gryporhynchidae). Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Avenida Universidad 3000, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, México, D. F., México.
- Ortega-Olivares, M. P., A.O. Barrera Guzmán, I. Masiva, G. Salgado Maldonado-S. Guille-Hernández y T. Scholz. 2008. Tapeworms (Cestoda: Gryporhynchidae) of fish-eating birds (Ciconiiformes) from Mexico: New host and geographical records. *Comparative Parasitology* 75 (2):182-195.
- Pérez-Ortiz, G. y M. Valdez. 2006. El uso de la biodiversidad en las Ciénegas del Lerma. In: Cotler, A. H., M. Mazari y J. de A. Sánchez 2006.

- Pérez-Ponce de León, G., Rosas-Valdez, R., García-Prieto L. y B. Mendoza-Garfias. 2011. Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en cuencas hidrológicas del Centro-Norte de México (Durango). Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México D. F.
- Romero Cabello Raúl, Microbiología y parasitología humana, Ed. Médica Panamericana, Gandhi, Mexico, 2007.
- Rosenstock, S. S., D. R. Anderson, K. M. Giesen, T. Leukering y M.F. Carter. 2002. Landbird counting techniques: Current practices and an alternative. *Auk* 119:46-53.
- Rózsa L, Reiczigel J, Majoros G 2000. Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology* 86: 228-232.
- Salgado-Maldonado, G. 1979. Procedimientos y técnicas generales empleados en los estudios helmintológicos. Departamento de Pesca, Dirección general de acuicultura, SAGARPA. México, D.F. 53 P.
- 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 Autónoma Nacional de México. 56 pp.
- Sanabria Celestino Y. 2014. Descripción morfológica de fases del ciclo de vida de Echinostomatidos en moluscos (Basommatophora) de Río San Felipe, Estado de México.
- Saunders, G.B. y Saunders D. Ch. 1981. Waterfowl and their wintering groups in Mexico, 1937-64. Fish and wildlife services. U.S. Department of the interior. Resource Publication 138: 1-151.
- Schell, S C. 1985. Hand book of Trematodes of North America North of Mexico. University Press of Idaho. 263 pp.
- Shaw. M.G., y A.A. Kocan. 1980. Helminth fauna or wáterfowl in central Oklahoma. *J. Wildl. Dis* 16:59-62.
- Soberón, J. y J. Llorente. 1993. The use of species acumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7:480-488.
- Soto-Méndez A. 2006. Estudio Taxonómico de Tremátodos de tres especies de Anátidos en la Laguna de Chiconahuapan, San Mateo Texcalyacac, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México. 122 pp.
- Tilman, D. Ecological consequences of biodiversity; a search for general principles. *Ecology* 80, 1455-1474 (1999).

- Van Perlo, B. 2006. Birds of Mexico and Central America. Princeton University Press. New Jersey.
- Vázquez C. R. 2010. Distribución espacio-temporal de los anátidos (Aves: Anatidae) en la laguna San Ignacio, B.C.S., México. Tesis para obtención de grado de Maestro en Ciencias en Manejo de Recursos Marinos. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, B.C.S., Diciembre 2010.
- Violante-González, Juan; Pulido-Flores, Griselda; Monks, Scott; Rojas-Herrera, Agustín A.; Melo-García, Miguel A.; García-Ibáñez, Sergio; Esparza-Ibarra, Edgar León; Larumbe-Morán, Edvino; and Carbajal-Violante, Jonatan. 2015. Importancia de las aves ictiófagas como hospederos finales de helmintos, en dos lagunas costeras del estado de Guerrero, México. University of Nebraska-Lincoln.
- Weller, M. W. y L. H. Fredrickson. 1974. Avian ecology of a managed glacial marsh. *The Living Bird* 12:269-291.
- Woon-Mok Sohn, Jong-Yil Chai, corresponding author Tai-Soon Yong, Keeseon S. Eom, Cheong-Ha Yoon, Muth Sinuon, Duong Socheat, and Soon-Hyung Lee. 2011. *Echinostoma revolutum* Infection in Children, Pursat Province, Cambodia. *Emerging Infectious Diseases* • www.cdc.gov/eid • Vol. 17, No. 1, January 2011.
- Zepeda Gómez, C., A. Lot Helgueras, X. Antonio Nemiga y D. Madrigal Uribe. 2012. Florística y diversidad de las ciénegas del río Lerma Estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana*, núm. 98, pp. 23-49.
- Zepeda Gómez, C., A. Lot Helgueras, X. Antonio Nemiga y D. Madrigal Uribe. 2012. Análisis del cambio de uso de suelo en las Ciénegas de Lerma (1973-2008) y su impacto en la vegetación acuática. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. ISSN 0188-4611, Núm. 78, 2012, pp. 48-61.

APEDICE 1



Figura 16. Trematodo *Leucochloridium* sp., encontrado en los hospederos *A. clypeata* y *F. americana*

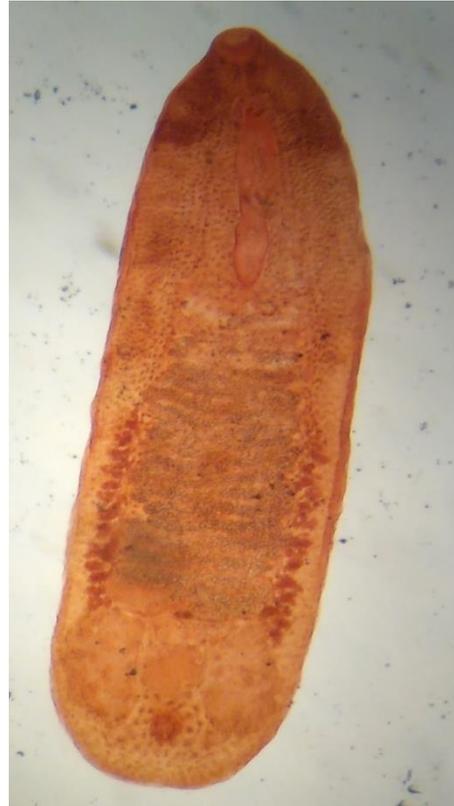


Figura 17. Trematodo *Paramonostomum* sp., descrito en *A. clypeata* y *A. acuta*, se observa poro genital y ovarios.



Figura 18. *Notocotylus* sp. Descrito en *A. diazi*, se observan los ciegos intestinales, tinción Paracarmin de Mayer.



Figura 19. Organismo preadulto del género *Notocotylus*, se observan las papilas distribuidas en tres filas.



Figura 20. Trematodo *Echinostoma revolutum*, descrito en *A. discors*, especie zoonótica, se observa el collar de 37 espinas.



Figura 21. Adulto grávido de *Paramonostomum* sp., se observan las ventosas de gran tamaño y una gran cantidad de huevos.



Figura 22. Organismo adulto grávido de *Zygocotyle lunata*, especie zoonótica descrita en hospederos *A. diazi*.



Figura 23. Fase preadulta de *Tylodelphys* sp., descrita en *A. clypeata*, único organismo encontrado.



Figura 24. Escólex de *Diorchis americana*, se observan estructuras de fijación: ventosas y ganchos rostrales.

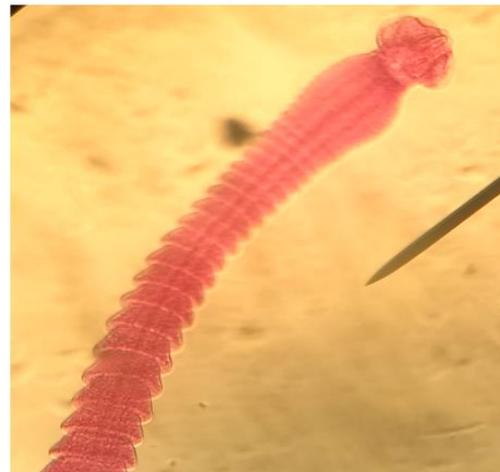


Figura 25. Escólex y proglotidos de *Microsomacanthus* sp., parte superior estructuras de fijación y parte posterior segmento de proglotidos.

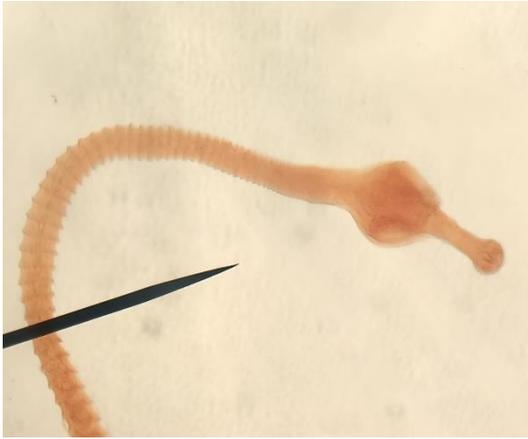


Figura 26. Cestodo *Fimbriaria fasciolaris*, descrito en hospederos *A. discors* y *A. clypeata*.

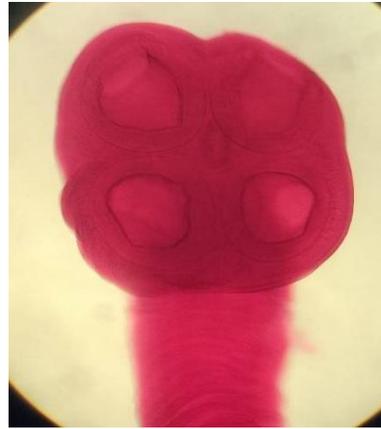


Figura 27. Estructuras de fijación de *Hymenolepis megalops*, cuatro ventosas de gran tamaño.



Figura 28. Acanthocéfalo adulto de *Polymorphus sp.*, se observan testículos de gran tamaño y probóscide contraída.



Figura 29. Acanthocéfalo de la especie *Pseudocorynosoma constrictum* encontrado en los hospederos *A. diazi*.



Figura 30. Útero con huevos de la especie *Pseudocapillaria sp.*, encontrados en *A. discors*.



Figura 31. Nematodo macho de la especie *Capillaria anatis*, descrito en los hospederos *A. clypeata* y *A. diazi*.