



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Caracterización de helmintos en ganado doméstico,
conejos y ratones que convergen en un área del
volcán la Malinche

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Javier Enmanuel Maldonado Hidalgo

Co-directores de Tesis:
Dr. Jorge Vázquez Pérez
Dr. Abel Edmundo Villa Mancera

Tlaxcala, Tlax.

Enero, 2019



Universidad Autónoma de Tlaxcala

Posgrado en Ciencias Biológicas

Caracterización de helmintos en ganado doméstico,
conejo y ratones que convergen en un área del
volcán la Malinche

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

P r e s e n t a

Javier Enmanuel Maldonado Hidalgo

Comité Tutorial

Dr. Jorge Vázquez Pérez
Dr. Abel Edmundo Villa Mancera
Dr. Jorge Falcón Ordaz
Dr. Amando Bautista Ortega

Tlaxcala, Tlax.

Enero, 2019

Hoja de financiamiento

El presente proyecto de tesis se llevó a cabo bajo la codirección del Dr. Jorge Vázquez Pérez y del Dr. Abel Villa Mancera, en el Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta (CTBC) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala-Unidad Periférica del Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Además, el trabajo de campo se realizó en Parque Nacional La Malinche, Tlaxcala y en las Instalaciones de la Estación Científica La Malinche UATX- UNAM.

Para la realización del presente proyecto de investigación se contó con el apoyo financiero de la beca para estudios de maestría (becario: 624542) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Así como del Cuerpo Académico Ecología y Evolución UATLX-CA-227.

El programa de Maestría en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala se encuentra registrado en el Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional. Padrón Nacional de Posgrado (PNP)



Universidad Autónoma de Tlaxcala
Secretaría de Investigación Científica y Posgrado
Posgrado en Ciencias Biológicas



COORDINACIÓN MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
CENTRO TLAXCALA DE BIOLOGÍA DE LA CONDUCTA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA
P R E S E N T E

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del Proyecto de tesis que **Javier Emmanuel Maldonado Hidalgo** realiza para la obtención del grado de Maestro en Ciencias Biológicas, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es: "Caracterización de helmintos en ganado doméstico, conejos y ratones que convergen en un área del volcán La Malinche".

Sin otro particular, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE
TLAXCALA, TLAX., ENERO 8 DE 2019


DR. JORGE VÁZQUEZ PÉREZ


DR. AMANDO BAUTISTA ORTEGA


DR. JORGE ALCÓN ORDAZ


DRA. MARÍA LUISA MARTÍNEZ RODRÍGUEZ


DR. EDUARDO FELIPE AGUILAR MILLER



Sistema Institucional de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma:
ISO 9001:2015-NMX-CC-9001-2015



Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias Biológicas del Centro Tlaxcala Biología de la Conducta en la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el otorgamiento de la beca 624542 y al Cuerpo Académico Ecología y Evolución UATLX-CA-227, por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto.

A los Codirectores el Dr. Jorge Vázquez Pérez y al Dr. Abel Villa Mancera, a los miembros del comité tutorial el Dr. Jorge Falcón Ordaz y al Dr. Amando Bautista. Así como a los invitados la Dra. María Luisa Rodríguez Martínez y al Dr. Eduardo Felipe Aguilera Miller.

Agradecimientos a título personal

Con todo el cariño a mi madre, quien siempre me ha motivado a seguir con mis estudios, por su ejemplo, enseñanzas, amor y apoyo incondicional con todos mis planes.

A Magui quien es un pilar grande en mi vida, mi amiga y por su amor.

A mis hermanos Erika y Luis quienes son los que me han forjado a seguir mejorando día a día.

A mis sobrinos quienes son la causa de esforzarme cada vez más.

A los silvestres por su amistad y enseñanzas, Dra. Luisa Rodríguez-Martínez, Dra. Minerva Flores, Dr. Jorge Vázquez Pérez, M. en C. Fernando Aguilar, Luis Enrique Osorio, Jerónimo Cruz, Jacob Huerta, Karla Hernández con quien es un placer convivir.

Dedicatoria

A mi familia, en especial a mi madre

A doña Emma

A Lichita

A Magui

A mis sobrinos

RESUMEN

Algunas especies de helmintos son capaces de infectar a múltiples especies de hospederos. Los sitios de forrajeo del ganado en áreas naturales pueden ser el escenario de transmisión de helmintos entre fauna silvestre y animales domésticos. En el Parque Nacional La Malinche (PNLM), la presencia de ganado doméstico permite que converjan con herbívoros silvestres como conejos y ratones. Tal situación podría propiciar que compartan parásitos helmintos entre las diferentes especies de hospederos. En el presente estudio se caracterizó la helmintofauna de las especies de ganado doméstico, conejos y ratones en un área del PNLM. Para la identificación de parásitos se realizaron descripciones de las características morfológicas de huevos y y especímenes adultos. Para ello, se obtuvieron muestras de heces en una zona de pastoreo, donde se recolectaron 19 excretas de bovinos, 26 de caprinos, 27 de ovinos, 100 de conejos y 238 de 8 especies diferentes de ratones. Además, se obtuvieron muestras de una zona sin pastoreo, donde se obtuvieron 80 muestras fecales de conejos y 142 de 8 especies de ratones. Para la obtención de especímenes adultos de helmintos, se colectaron algunos ratones y conejos. Mediante los análisis coproparasitoscópicos y morfológicos de parásitos adultos se identificaron 11 taxones de helmintos correspondientes a 2 grupos taxonómicos: céstodos y nemátodos. Del total de taxones identificados, sólo el taxón *Trichostrongylus sp.* es el único que se comparte entre ganado y conejos. Al realizar pruebas de similitud de la riqueza de especies de parásitos entre ganado y animales silvestres se encontró una similitud del 20% entre conejos y ganado doméstico. Al analizar la prevalencia de parasitismo entre las especies silvestres de ratones y conejos, no se encontraron diferencias significativas de las especies que fueron muestreadas en la zona de pastoreo y sin pastoreo. En resumen, se corrobora que entre ganado doméstico y ratones hay una baja posibilidad de transmisión de parásitos. Sin embargo, los resultados indican que hay una posibilidad de transmisión de parásitos entre el ganado doméstico y los conejos silvestres del Parque Nacional La Malinche. Los resultados deben ser puestos a prueba con estudios donde puedan identificarse de manera más precisa las especies de parásitos para corroborar la posible transmisión.

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. HIPÓTESIS.....	7
5. OBJETIVOS.....	7
5.1 Objetivo general.....	7
5.2 Objetivos particulares.....	7
6. METODOLOGÍA.....	8
6.1 Descripción del área de estudio.....	8
6.2 Trabajo de campo en las zonas de muestreo.....	9
6.3 Muestreo para la obtención de huevos y ejemplares adultos.....	10
Colecta de excretas de ratones.....	10
Colecta de excretas de conejos.....	10
Colecta de heces de ganado doméstico.....	10
Obtención de parásitos adultos.....	11
6.4 Identificación de helmintos.....	12
6.5 Análisis de datos.....	14
7. RESULTADOS.....	15

7.1 Observaciones generales.....	15
7.2 Catalogo de referencia.....	17
7.3 Riqueza, prevalencia y similitud de la helmintofauna en cada especie de hospederos.....	18
7.4 Similitud y prevalencia de helmintos entre los hospederos en zonas de pastoreo y sin pastoreo.....	24
8. DISCUSIÓN.....	28
9. CONCLUSIONES.....	33
10. REFERENCIAS.....	34
11. ANEXO I.....	42
12. PUBLICACIONES.....	50

1. INTRODUCCIÓN

Los parásitos son un grupo diverso de organismos que forman parte de la biodiversidad en la tierra (Klimpel y cols. 2007). Son considerados como piezas clave en la diversidad de distintos ecosistemas, debido al papel regulador que tienen sobre las poblaciones de sus hospederos y en la estructuración de sus comunidades (Luque 2008). La mayoría de los parásitos, causan importantes enfermedades que afectan a la fauna silvestre, los animales domésticos y a los humanos (Brooks y Hoberg 2006). En la actualidad, el parasitismo es considerado un problema potencial, debido al intercambio multidireccional de parásitos entre hospederos domésticos y de fauna silvestre, que se genera durante la introducción de especies hospederas exóticas a nuevos ambientes (Konstans y cols. 2018). Es por ello, que el conocimiento de las especies involucradas y los factores que regulan el intercambio de parásitos, permitiría identificar las especies de hospederos susceptibles a algunas especies de parásitos, y a su vez, identificar problemas emergentes de parasitismo (Morgan y cols. 2004).

Un grupo de parásitos encontrados en poblaciones silvestres y animales domésticos en todo el mundo son los helmintos (Petney y Andrews 1998). Los helmintos son considerados un grupo “No natural” (Parafilético) y están agrupados por su morfología y formas de vida. Este grupo se clasifica en cuatro Phylum que incluye a Plathelminthes, Nematoda, Acanthocephala y Annelida-Hirudinea (Heinz 2016c). Los dos últimos (Annelida-Hirudinea) generalmente sirven como hospederos intermedios y paraténicos. El Phylum Acanthocephala es un pequeño grupo de parásitos altamente especializado del tracto digestivo de vertebrados, con cuerpo blanco, cilíndrico y con cabeza espinosa (Heinz 2016a). Aparte de algunas infecciones en humanos, son pocos las especies de acantocéfalos que infectan a animales domésticos de importancia económica. Normalmente una gran cantidad de especies de estos helmintos, son reportadas en aves acuáticas y peces (Heinz 2016a). Los helmintos del Phylum Plathelminthes se clasifican en tres clases (Monogenea, Trematoda y Cestoda). Se caracterizan por ser planos y generalmente son hermafroditas (Heinz 2016c). La clase Monogenea regularmente se encuentra en peces, anfibios y reptiles. Por su parte las clases Trematoda y Cestoda parasitan a la mayoría de los vertebrados con una gran diversidad y variedad de especies (Boyko 2006). Por último, se encuentra el Phylum Nematoda, caracterizados por su forma cilíndrica, y del mismo

modo, cuenta con una gran cantidad de especies parásitas (Morand 2006). Todas estas características influyen en la supervivencia, diseminación, infección y transmisión de estos parásitos.

Estos parásitos cuentan con una gran variedad de ciclos de vida complejos, dependiendo del tipo de helminto (Henz 2016c). El ciclo de vida de un helminto es parte importante y fundamental para el parasitismo en los diferentes hospederos. Estos ciclos son esenciales para la supervivencia de los helmintos e infección de hospederos (Dwight 2014). Por un lado el ciclo de vida indirecto está caracterizado por la presencia de uno o varios hospederos intermedios que son indispensables para el desarrollo de las diferentes etapas de estos parásitos, hasta llegar a la fase adulta en el hospedero definitivo (Dwight 2014). Por ejemplo, los hospederos intermedios de algunos céstodos de herbívoros regularmente son artrópodos como ácaros, pulgas y escarabajos (Boyko y cols. 2006). Mientras que el ciclo de vida directo, se identifica porque el parásito requiere solo de un hospedero para su desarrollo. En éste ciclo, el hospedero infectado transfiere al medio ambiente las formas infectantes o fase preinfectante (el desarrollo hasta la fase infectante se lleva a cabo en el ambiente) de los parásitos, para su paso a cualquier hospedero susceptible (Dwight 2014). Por ejemplo, algunos nemátodos que eclosionan del huevo en el ambiente y se desarrollan hasta la larva de tercera etapa (fase infectante). Los hospederos intermediarios y las fases infectantes de los helmintos, son el momento crucial de su del ciclo de vida para la infección en los hospederos definitivos (Dwight 2014).

Los helmintos pueden infectar más de una especie huésped, y plantean una amenaza cada vez mayor a las poblaciones de fauna silvestre, sobre todo cuando la dinámica de los hospederos permite convergencia entre varias especies de hospederos (Rosa y cols. 2003). El continuo crecimiento de las poblaciones humanas, la fragmentación y degradación de los ecosistemas, el aislamiento de las poblaciones silvestres y una mayor proximidad de animales domésticos a áreas naturales, son los principales cambios que influyen en el intercambio de helmintos entre especies domésticas y silvestres (Hoberg 2010).

La diseminación e intercambio de una serie de helmintos está relacionada con procesos invasivos, a través de la interacción continua de animales domésticos o exóticos con fauna

silvestre nativa en nuevos entornos regionales y ecológicos (Polley 2005, Hoberg 2010, Kimberly y cols. 2014). Los helmintos representan un problema cada vez mayor para la vida silvestre, porque el intercambio de parásitos entre los huéspedes exóticos y nativos puede favorecer a la especie invasora, y en última instancia, puede determinar la estructura ecológica en el espacio y el tiempo (Dunn 2009).

El papel de las diferentes poblaciones de hospederos en el mantenimiento y la propagación de los helmintos es importante para la conservación de la vida silvestre. Se sabe que la diseminación de helmintos de un reservorio doméstico a la vida silvestre puede amenazar directamente la viabilidad de una población debido a los efectos perjudiciales para la vida silvestre por el deterioro del crecimiento, desarrollo del huésped, fecundidad y mortalidad (Morgan y cols. 2004). Por otro lado, cuando la fauna silvestre, es el reservorio de infecciones de los animales domésticos, las estrategias de control de la enfermedad pueden incluir el sacrificio o la restricción del movimiento de la fauna silvestre (Stein y cols. 2002). El movimiento relativamente libre de animales silvestres, da la posibilidad de una propagación geográfica del parásito (Hoberg y Brooks 2008). Una población huésped ligeramente infectada podría ser una fuente importante de infección si es abundante o sus patrones de movimiento son apropiados (Morgan y cols. 2004).

El pastoreo del ganado doméstico, permite la introducción de estas especies exóticas a nuevos sitios, ocupados por fauna silvestre nativa, y al mismo tiempo causa un acercamiento entre estas especies. Esto tiene el potencial de romper la barrera o límites entre la fauna silvestre y el ganado doméstico, a su vez puede ser crucial para el intercambio de algún parásito entre estos grupos de hospederos (Morgan y cols. 2004, 2006). Tal es el caso de algunos estudios en Suecia, donde se ha encontrado que varias especies de cérvidos silvestres (caribú, alce y corzo) tienen el potencial de compartir algunas especies de helmintos con el ganado doméstico (Nilsson 1971, Borgsteede 1982). En otro estudio realizado en Uruguay, se encontró que algunos helmintos de las especies hospederas de ganado doméstico se comparten con los venados silvestres (Castro y Rosadilla 2014). Además, Kimberly y cols. (2014) realizaron estudios sobre la presencia de helmintos en el ganado y ungulados silvestres, en los que concluyen que comparten algunos helmintos. Dichos resultados son explicados por dos factores, las

agregaciones de hospederos de varias especies y el posible parentesco filogenético (ungulados).

Se ha documentado que especies de helmintos de ganado doméstico como los ovinos y caprinos pueden compartir especies de helmintos entre sí (Torres y Hoste 2008), y a su vez los bovinos pueden intercambiar helmintos con camellos (Kumsa y Wossene, 2006), caballos (Bucknell y cols. 1995), zarigüeyas (Stankiewicz y cols. 1996) y renos (Hrabok y cols. 2006). En el caso de humanos y monos, también ha sido encontrado que ocasionalmente e incidentalmente llegan a compartir a *Trichostrongylus colubriformis* (Lattés y cols. 2011).

Aunado a lo anterior, estudios realizados en Francia y en Italia han evidenciado a un pequeño número de liebres y conejos silvestres albergando una comunidad de helmintos intestinales de ganado doméstico, como es el caso de *Trichostrongylus axei*, *T. colubriformis*, *T. capricola*, *T. vitrinus*, *Teladorsagia circumcincta* y *Paranoplocephala sp.* (Saulai y Cabaret 1998, Boag 1999, Lello y cols. 2004, Beck y Pantchev 2009, Usai y cols. 2012). Estudios experimentales han mostrado que es posible el establecimiento exitoso de los helmintos de ovinos como *T. colubriformis*, *Strongyloides papillosus*, *Trichostrongylus colubriformis*, *T. rugatus*, *T. vitrinus* en conejos y liebres silvestres (Hoste y cols. 1988, Stott y cols. 2009). Estos hallazgos sugieren que las comunidades simpátricas de herbívoros silvestres y domésticos, podrían tener profundas implicaciones para una amplia diseminación de algunos helmintos de ganado doméstico hacia especies silvestres.

En el Parque Nacional La Malinche (PNLM), a pesar de ser un área natural protegida, existe el pastoreo descontrolado de ganado doméstico (bovino, ovino y caprino). Esta actividad genera convergencia entre comunidades de hospederos domésticos y silvestres. En el PNLM se encuentran especies silvestres que aprovechan la vegetación en su dieta, tal como los lagomorfos (*Sylvilagus cunicularius*, *S. floridanus* y *Lepus californicus*) y ratones de diferentes especies de los géneros *Peromyscus*, *Neotomodon*, *Microtus* y *Reithrodontomys*, varios de éstos tienen una dieta herbívora (Fernández 2006). De acuerdo con los ciclos de vida de los parásitos donde una parte ocurre en las áreas de forrajeo de ganado doméstico y de las especies silvestres, se esperaría que las especies de helmintos gastrointestinales del ganado doméstico pudieran afectar

a herbívoros silvestres como conejos y ratones. Por lo tanto, un primer esfuerzo para saber si hay transmisión de parásitos entre dichos grupos de herbívoros es identificar si existen especies de helmintos que se comparten entre hospederos como el ganado doméstico, conejos y ratones en el Parque Nacional.

2. ANTECEDENTES

Algunos estudios parasitológicos han reportado que las liebres (*Lepus europaeus*) y los conejos (*Oryctolagus cuniculus*) silvestres que convergen con ovejas, se han infectado con nemátodos de ovinos del género *Trichostrongylus* ssp. (Mackerras 1958, Hesterman y Kogon 1963, Saulai y Cabaret 1998, Alzaga y cols. 2009). Además, otros autores han encontrado en los mismos lagomorfos individuos infectados con *Fasciola hepatica*, un trematodo que regularmente se encuentra en rumiantes (Werner y cols. 1993, Florencia y cols. 2004). Por otra parte, se han realizado estudios experimentales con intentos exitosos para establecer nematodos de ovinos en conejos (Musongong y cols. 2004) y en liebres (Stott y cols. 2009). Sin embargo, pocos animales fueron examinados en estos estudios, o en su caso, en condiciones de laboratorio, en consecuencia, no es claro la infección por nemátodos de ovinos. En cambio, Tai y cols. (2013) realizaron un ensayo en Australia, donde se analizaron a 88 conejos y 110 liebres de vida libre en los cuales se identificó la infección de parásitos de nematodos de ovinos en condiciones de campo. Esto reveló que *Trichostrongylus colubriformis* y *Trichostrongylus rugatus* fueran comunes en liebres (prevalencia 79%) y que ocasionalmente se encuentran en conejos (9%).

En animales silvestres florívoros y herbívoros como los ratones, conejos y liebres, se han descrito algunos helmintos (Falcón y cols. 2012, Vázquez 2005, Florencia y cols. 2004). En los lagomorfos del Parque Nacional La Malinche (PNLM) han sido registrados los helmintos del género *Dicrocoelium* sp. perteneciente a la Clase Trematode (Vázquez 2005), como cestodos se identificaron los géneros *Cittotaenia* sp., *Taenia* sp., a nivel de especie *Hymenolepis diminuta* y del grupo de los nematodos a *Graphidium* sp., *Strongyloides* sp., *Nippostrongylus* sp., *Passalurus* sp., *Trichostrongylus* sp. y *Heterakis* sp. (Vázquez 2005). Asimismo, en diferentes especies de ratones de sitios cercanos al PNLM han sido registradas las especies *Caballerolecythus ibunami*, *Hymenolepis* sp., y *Gongylonema peromysci* (Lamothe y cols.

2005, Falcón y cols. 2012). En este sentido, tanto especies silvestres como ganado tiene contacto con la vegetación, donde ocurre parte del ciclo de los helmintos, lo cual tiene el potencial para que ambos grupos de hospederos pudieran tener contacto con los mismos helmintos. Por lo tanto, en el presente estudio se busca identificar qué especies de helmintos hay en ganado doméstico, conejos y ratones que forrajean una misma zona del PNLM y responder la pregunta de si ¿la helmintofauna de herbívoros domésticos es compartida con la de herbívoros silvestres que convergen en un área de la Malinche?

3. JUSTIFICACIÓN

En general los estudios parasitológicos de la fauna doméstica y silvestre han sido desarrollados particularmente para cada especie, por lo que, pocos trabajos evalúan si estos grupos hospederos pueden compartir las mismas especies de helmintos. De ahí la importancia en realizar un estudio comparativo en una zona de pastoreo y sin pastoreo del Parque Nacional La Malinche donde en una gran parte de sus límites se lleva a cabo la actividad de pastoreo de ganado doméstico (bovinos, ovinos y caprinos). El presente estudio genera datos de la prevalencia de infección, riqueza y similitud de helmintos en ganado doméstico, conejos y ratones silvestres. Además, contribuye con trabajos sobre diversidad de helmintos en México los cuales son escasos y concentrados a sólo algunos estados. Por otra parte, el presente estudio aporta información para entender el papel del ganado doméstico en la dinámica de helmintos de las poblaciones de vida silvestre e identificar los posibles riesgos de transmisión de helmintos entre estos hospederos.

4. HIPÓTESIS

La presencia del ganado doméstico, al coincidir en áreas donde habitan herbívoros silvestres como conejos y ratones de la Malinche, favorece que se compartan especies de helmintos entre los diferentes hospederos.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Caracterizar la helmintofauna del ganado doméstico, conejos y ratones que convergen en un área del Parque Nacional La Malinche (PNLM).

5.2 Objetivos particulares

- 1) Elaborar un catálogo de referencia de la helmintofauna del ganado doméstico, conejos y ratones que convergen en un área del PNLM.
- 2) Determinar la riqueza de especies, prevalencia y grado de similitud de helmintos para las especies del ganado doméstico, conejos y ratones.
- 3) Evaluar la similitud de helmintos entre las diferentes especies de hospederos y la prevalencia de infección en función de la presencia o ausencia de actividad de forrajeo por ganado doméstico.

6. METODOLOGÍA

6.1 Descripción del área de estudio y zonas de muestreo

El estudio se realizó en el volcán La Malinche, este lugar fue decretado como Parque Nacional desde 1938. El clima de la región es templado subhúmedo, con una precipitación media mensual de 95.1 mm en verano (de abril a junio) y con lluvia invernal menor al 3% (precipitación media 3.9 mm/mes de enero a marzo). La temperatura anual oscila entre los 7 y 11° C con un intervalo de -2.8 a 21.8 (Estación meteorológica Davis Pro® Estación Científica “La Malinche”). Algo más del 50% del área del parque se ha convertido en zonas de agricultura, asentamientos humanos y áreas sin cobertura vegetal aparente (Fernández. 2006). El área de estudio se encuentra en el lugar llamado “Cañada Grande” localizado hacia el lado oeste del municipio de Ixtenco, Tlaxcala (**Fig. 1**). En este lugar se determinaron dos zonas de muestreo (**Fig. 2**); por un lado, la zona de pastoreo que está ubicada entre los 19°14'19.0"LN, 97°57'57.2"LW a 2911.90 m. de altitud y los 19°14'24.0"LN, 97°58'23.8"LW a 2975.77 m. Dicha zona es caracterizada por pastizales y cultivos donde es común la presencia de ganado doméstico, principalmente bovinos (*Bos Taurus*), ovinos (*Ovis aries*), y caprinos (*Capra ircus*). La otra zona se localizó a aproximadamente un kilómetro al sur de la zona de pastoreo, ubicada entre los 19°13'46.8"LN, 97°58'19.5"LW a 3002.51 m. de altitud y los 19°14'07.7"LN, 97°58'35.6"LW a 3031.83 m, la cual se caracteriza por vegetación boscosa.



Figura 1. El área de estudio se localiza en el Parque Nacional La Malinche, en el lugar denominado “Cañada grande” y hacia el lado oeste del municipio de Ixtenco.

6.2 Trabajo de campo en las zonas de muestreo

Para determinar si la presencia de especies de ganado doméstico, conejos y ratones en un área determinada, influye en que estas especies hospederas compartan helmintos, se utilizaron dos zonas de muestreo (pastoreo y sin pastoreo). Se obtuvieron muestras fecales de las especies silvestres (conejos y ratones) en las dos zonas de muestreo y sólo se recolectaron excretas de herbívoros domésticos en la zona de pastoreo, donde existe la presencia del ganado (**Fig. 2**). En estas dos zonas se ubicaron diez sitios de muestreo, cinco en la zona donde no hay ocurrencia del ganado y cinco en zonas de pastoreo. El trabajo de campo se realizó con una salida cada quince días (tres días por salida) para la obtención bimestral de muestras a lo largo de un año (septiembre 2016 a agosto 2017).



Figura 2. Las dos zonas de muestreo (5 sitios en cada una) de donde se obtuvieron las muestras de ganado doméstico (solo pastoreo), conejos y ratones.

6.3 Muestreo para la obtención de huevos y ejemplares adultos de parásitos

Colecta de excretas de ratones

En cada sitio se ubicaron dos transectos de 100 m con una separación de 20 m entre cada transecto. Se emplearon trampas para roedor tipo Sherman las cuales fueron colocadas al anochecer en cada uno de los sitios de muestreo. Cada trampa estuvo separada de otra por 10 m, por lo que fueron empleadas 20 trampas. Posteriormente, fueron revisadas y recogidas por la mañana. De los ratones capturados se registraron las medidas convencionales para roedores (longitud total, longitud de cola vertebral, longitud de oreja derecha, longitud de pata posterior derecha, y peso del individuo) y se identificaron empleando guías de campo para mamíferos de México (Reid 1999, 2006). Después de su identificación se obtuvieron muestras de excretas recolectadas directamente del ano y se depositaron en tubos Eppendorf con formalina al 10% para su posterior análisis coproparasitológico. Por último, se liberaron los ratones en el mismo punto donde se capturaron.

Colecta de excretas de conejos

En cada sitio se realizaron tres transectos para recoger excretas de los conejos. Las colectas se realizaron durante la mañana con la finalidad de seleccionar las más frescas de la noche anterior y la mañana. Con la finalidad de obtener excretas de individuos diferentes se consideró localizar en cada transecto tres puntos, con una separación de 50 metros entre cada punto y cada transecto, considerando el área de actividad de cada individuo según la literatura (González 2007). Cada muestra fecal colectada fue colocada en un recipiente con formalina al 10% y etiquetada individualmente.

Colecta de heces de ganado doméstico

La recolección de muestras fecales del ganado doméstico se hizo de forma directa. Para ello se realizaron recorridos en las zonas de muestreo de roedores y conejos, para localizar a los rebaños que estuvieran forrajeando. Una vez identificados los rebaños se esperó a que los individuos defecaran para posteriormente se recolectó el material fecal de forma inmediata y con la precaución de evitar coleccionar material que tuviera contacto con el suelo. Las muestras fueron colocadas en formalina al 10% y etiquetada individualmente.

Obtención de parásitos adultos

Se colectaron ratones adultos de las especies *N. alstoni*, *P. difficilis*, *M. mexicanus* y *R. fulvescens*, los cuales son los que fueron encontrados en sitios con presencia y ausencia de ganado, así como de los más abundantes, con el fin de obtener parásitos adultos para su identificación a nivel de especie. Las colectas de los roedores adultos se realizaron en los sitios de monitoreo de excretas de roedores. Los muestreos se realizaron durante el período de noviembre de 2016 y enero de 2017 con la finalidad de obtener cinco individuos de cada especie.

Los roedores seleccionados para la obtención de helmintos adultos y realizar su identificación a nivel de especie, fueron sacrificados como lo determina la NORMA Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, mediante la dosis de pentobarbital sódico administrado por vía intravenosa (120 a 210 mg/kg). Entonces, se llevó a cabo la necropsia para obtener las vísceras, y se separarán los diferentes órganos (estómago, intestino, colon e hígado) en recipientes con solución fisiológica, posteriormente, se diseccionó cada órgano y se observó su contenido para la obtención de parásitos, además de, verificar que no estuvieran fijados en la mucosa de cada órgano.

Los conejos, se capturaron mediante trampas tipo Tomahawk (10 trampas). Se empleó alfalfa como cebo (*Medicago sativa*) y se revisaron cada dos horas durante la noche. Las revisiones empezaron tres horas antes del anochecer hasta dos horas después del amanecer. Los muestreos se realizaron entre los meses de agosto a diciembre, a la par del muestreo de excretas, lo cual sumó un total de 100 noches trampa. Sin embargo, al no tener éxito en las capturas se decidió suspender el muestreo. En su lugar, se obtuvieron parásitos adultos de un conejo de *S. cunicularius*, que murió después de que se había mantenido en un semicautiverio de la Estación Científica La Malinche que está a 1.5 km de la zona de muestreo, en la zona boscosa del PNLN.

6.4 Identificación de helmintos (huevos y adultos)

En el laboratorio del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx), se realizaron estudios coproparasitológicos para la identificación de huevos con la ayuda de guías de identificación de parásitos.

En el caso de los huevos de los parásitos, se emplearon técnicas de flotación para la examinación cualitativa de los huevos de helmintos con solución sacarosa. La técnica consistió en utilizar un gramo de estírcol el cual se mezcló con 15 ml de solución sacarosa hasta disolverse muy bien para que quedara una pasta uniforme, la cual, se pasó por una coladera en un recipiente limpio. El líquido filtrado se depositó en un tubo de ensayo, posteriormente, se centrifugó a 1500 rpm durante 10 min y se colocó el tubo en una rejilla para agregarle más solución sacarosa hasta el borde. Por último, se puso un cubreobjetos y se esperó 10-20 min, para colocar el líquido sobre un portaobjetos. El portaobjetos se observó en el microscopio óptico Carl Zeiss Axioskop 2 plus. Se obtuvieron imágenes de los huevos de helmintos para determinar sus dimensiones y características morfológicas como la forma, el tamaño y el color con ayuda de guías de identificación para reconocer los huevos al nivel del género.

En el caso de los parásitos adultos, cada parásito recolectado de cada órgano se puso en otro recipiente para realizar su conteo, a continuación, se realizó la fijación y tinción con métodos convencionales de los nematelmintos y platelmintos encontrados. Posteriormente, se fijaron directamente con formol caliente (casi a ebullición) al 4%. Pueden conservarse en frascos viales en el mismo formol hasta por 3 meses; dado que el formol endurece los tejidos es recomendable cambiarlos a alcohol etílico 70% para preservarlos por más tiempo. Los datos se escribieron con lápiz usando papel albanene, incluyendo el número y tipo de helmintos, el hospedero (nombre científico), el órgano en que se encontraron los parásitos, la localidad de colecta de los hospederos, la fecha y el colector.

Se realizó la tinción de los helmintos con Paracarmin de Mayer siguiendo los siguientes pasos:

1. Los especímenes debieron estar en alcohol etílico 70% lavados ya del fijador.
2. Alcohol etílico 96%, 2 cambios, 10 minutos cada uno.

3. Tinción en Paracarmin de Mayer, por lo general el tiempo varió de 2 a 3 hasta 10 a 15 minutos.
4. Lavado con alcohol etílico 96% para quitar el exceso de colorante.
5. Diferenciar en alcohol de 96% acidulado al 2% con ácido clorhídrico, hasta que los bordes del cuerpo quedaron más pálidos que el resto y los órganos internos fueron visibles por transparencia.
6. Lavado en alcohol de 96% para evitar que el ácido clorhídrico siguiera decolorando el ejemplar.
7. Deshidratación, dos cambios de alcohol de 96% 15 minutos cada uno.
8. Alcohol etílico absoluto (100%), dos cambios de 20 minutos cada uno.

6.5 Análisis de datos

Para determinar la riqueza de especies se estimó como el número de taxones de helmintos encontrados en cada especie de hospedero. Con el fin de determinar el número potencial de especies en cada especie de hospedero se estimaron curvas de acumulación de especies por medio del estimador de riqueza Bootstrap en el programa Species Diversity and Richness (versión 4.1.2). Los datos resultantes del estimador se graficaron en una hoja de cálculo del programa Excel (Microsoft).

La prevalencia se definió como la proporción de individuos que son positivos a una especie de helminto y se calculó ($P = \text{número de animales infestados con una especie de parásito} / \text{número total de hospederos examinados para esa especie de helminto} \times 100$) para su análisis con estadística descriptiva.

Para examinar la similitud de los diferentes hospederos en cuanto a la composición de riqueza de su helmintofauna, se realizó un análisis de agrupamiento de hospederos/especies de helmintos mediante el cálculo del Índice de Sorensen (Krebs 1999) con la ayuda del programa Multi-Variate Statistical Package (MVSP).

Para determinar si la presencia del pastoreo de ganado doméstico influye en la presencia de helmintos en los conejos y ratones silvestres, se evaluó la similitud y prevalencia con respecto a las zonas de pastoreo y sin pastoreo. Se realizó un dendograma, para evaluar la similitud entre hospederos de las dos zonas de muestreo. Para estos análisis se calculó el índice de Sorensen (Krebs 1999) con la ayuda del programa Multi-Variate Statistical Package (MVSP). Además, se realizó la comparación con la prueba de Chi cuadrada (X^2) entre la zona de pastoreo y sin pastoreo del hospedero *Sylvilagus sp.*, ya que fue la única especie hospedera que compartió un taxón con el ganado doméstico.

7. RESULTADOS

7.1 Observaciones generales

Durante el estudio se obtuvieron 180 muestras de lagomorfos (100 en zonas de pastoreo y 80 en zonas sin pastoreo), 72 individuos de ganado doméstico (vacas, ovejas y cabras), sólo en zonas de pastoreo, y se muestrearon a 256 individuos de 10 especies de roedores (159 en zonas de pastoreo y 97 en zonas sin pastoreo). En las zonas de pastoreo caracterizadas por la presencia de tres especies de ganado doméstico se encontraron especies de herbívoros silvestres como lagomorfos (*Sylvilagus sp.*) y ratones de diferentes especies (*N. alstoni*, *P. difficilis*, *M. mexicanus*, *R. fulvescens*, *P. melanotis*, *P. gratus*, *R. crisopsis*, *R. sumichrasti*).

Algunas especies de roedores se encontraron solo en una zona de muestreo; por un lado, *R. crisopsis* y *R. sumichrasti* se observaron únicamente en la zona de pastoreo y, por el otro lado, *P. maniculatus* y *N. mexicana* nada más se capturaron en la zona sin pastoreo (**Tabla 1**). También se observó una variación de la cantidad de individuos en las zonas de muestreo. Se obtuvo una mayor cantidad de *N. alstoni*, *M. mexicanus* y *R. fulvescens* de la zona de pastoreo a comparación de la zona sin pastoreo. Por otro lado, en la zona sin pastoreo se obtuvo una mayor cantidad de individuos y muestras de *P. difficilis*, *P. melanotis* y *P. maniculatus*. Para el caso de *Sylvilagus sp.* se obtuvo una cantidad de muestras similar en ambas zonas.

Tabla 1. Número de individuos y muestras recolectadas de las especies analizadas en los sitios de muestreo. Muestras obtenidas de manera indirecta (*).

	Pastoreo		Sin pastoreo	
	Individuos	Muestras	Individuos	Muestras
Ganado doméstico				
<i>Bos taurus</i>	19	19	—	—
<i>Ovis aries</i>	27	27	—	—
<i>Capra ircus</i>	26	26	—	—
Conejos				
<i>Sylvilagus sp.</i>	*	100	*	80
Roedores				
<i>N. alstoni</i>	81	148	34	46
<i>P. difficilis</i>	20	24	30	53
<i>M. mexicanus</i>	16	18	1	1
<i>R. fulvescens</i>	30	32	3	3
<i>P. melanotis</i>	5	8	15	22
<i>P. gratus</i>	4	5	3	3
<i>P. maniculatus</i>	0	0	10	13
<i>R. crisopsis</i>	2	2	0	0
<i>R. sumichrasti</i>	1	1	0	0
<i>N. mexicana</i>	0	0	1	1
Total	231	410	97	222

7.2 Catálogo de referencia

En el Anexo 1 se presenta la caracterización de huevos y ejemplares adultos de las diferentes especies de hospederos estudiadas. Se describieron las características de los 11 taxones de helmintos encontrados en las diferentes especies de hospederos. Las características de los parásitos permitieron la identificación de nueve taxones a nivel de género (*Cittotaenia*, *Moniezia*, *Hymenolepis*, *Passalurus*, *Haemonchus*, *Nematodirus*, *Trichostrongylus* y *Trichuris*), uno a nivel de subfamilia (Nippostrongylinae) y uno a nivel de familia (Anoplocephalidae). Los parásitos identificados correspondieron a ocho familias (Anoplocephalidae, Hymenolepididae, Oxyuridae, Haemonchidae, Helligmonellidae, Mollineidae, Trichostrongylidae y Trichuridae) y representan a dos grupos de helmintos (céstodos y nemátodos).

En el catálogo anteriormente mencionado se muestran las imágenes de los 2 huevos encontrados (considerados distintos taxones) del género *Trichuris* (ver anexo 1), que pertenecen a huéspedes de diferentes grupos hospederos y difieren en su morfometría. Por un lado, *Trichuris sp. (1)* fue encontrado en *O. aries* y *C. ircus* pertenecientes al grupo de ganado doméstico, y por el otro, *Trichuris sp. (2)* fue identificado en *N. alstoni* perteneciente al grupo de los ratones. Del mismo modo, en el catálogo se muestran las dos formas de huevos del género *Moniezia* (ver anexo 1), encontradas en las diferentes especies domésticas (*B. Taurus*, *Ovis aries* y *C. ircus*). Este género se caracteriza por ser polimórfico, por lo que en el presente estudio se considera como un solo taxón.

7.3 Riqueza, prevalencia y similitud de la helmintofauna en cada especie de hospedero

De los 11 taxones de helmintos encontrados, en el grupo del ganado doméstico se determinó una riqueza de helmintos de 5 taxones, por un lado, en los caprinos se encontraron los 5 taxones (*Moniezia sp.*, *Haemonchus sp.*, *Nematodirus sp.*, *Trichuris sp.* y *Trichostrongylus sp.*), y por el otro, en los ovinos (*Moniezia sp.*, *Trichostrongylus sp.* y *Trichuris sp.*) y bovinos (*Moniezia sp.*, *Haemonchus sp.* y *Trichuris sp.*) se hallaron 3 taxones (**Tabla 2.**). Los géneros *Moniezia* y *Trichuris* se encontraron en las tres especies de hospederos, asimismo el género *Trichostrongylus* se halló en los ovinos y caprinos. Por otro lado, el género *Nematodirus* solo se encontró en caprinos. En los hospederos silvestres se encontró una riqueza de 7 taxones de helmintos (**Tabla 2.**). El ratón de los volcanes *N. alstoni* tuvo la cantidad más alta con cuatro taxones de helmintos (Anoplocephalidae gen. sp., *Hymenolepis sp.*, Nippostrongylineae gen. sp. y *Trichuris sp.*). Seguido de los conejos del género *Sylvilagus*, donde se encontró una riqueza de 3 helmintos (*Cittotaenia sp.*, *Passalurus sp.* y *Trichostrongylus sp.*), que difieren completamente a los de los ratones. Posteriormente, *P. difficilis* tuvo dos helmintos (Anoplocephalidae y Nippostrongylineae) y, por último, en *M. mexicanus* (Anoplocephalidae) y *R. fulvescens* (*Hymenolepis sp.*) solo se encontró un helminto en cada especie.

Para predecir la riqueza de helmintos y determinar la representatividad de la riqueza encontrada en los diferentes hospederos, se calculó el estimador de riqueza Bootstrap (S_b) y se desarrollaron sus curvas de acumulación (**Tabla 3. y Figura 3.**). Según los análisis, el registro del número de especies de helmintos fue completo para los hospederos *Capra iracus*, *Sylvilagus sp.*, *P. difficilis*, *M. mexicanus* y *R. fulvescens*. Por otro lado, estos análisis sugieren la existencia de al menos tres especies raras de helmintos en tres especies hospederas (ver **Figura 3.**), un helminto para cada especie de hospedero, 2 especies hospederas de ganado doméstico (*Bos Taurus* y *Ovis aries*) y una especie hospedera de ratón silvestre (*N. alstoni*). Esto significa que detectamos el 76.92 % (10 de 13) especies de helmintos de las especies de hospederos analizadas en el Parque Nacional La Malinche.

Tabla 2. Helmintos de herbívoros de diferentes grupos de hospederos en un área del Parque Nacional La Malinche.

Helmintos	Céstodos					Nemátodos					Riqueza observada de helmintos (Sobs)
	<i>Cittotaenia sp.</i>	<i>Moniezia sp.</i>	Anoplocephalidae	<i>Hymelopsis sp</i>	<i>Passalurus sp.</i>	<i>Haemonchus sp.</i>	<i>Nematodirus sp.</i>	Nippostrongylinae	<i>Trichuris sp.</i>	<i>Trichostrongylus sp.</i>	
Ganado doméstico											
<i>Bos taurus</i>	—	+	—	—	—	+	—	—	+	—	3
<i>Ovis aries</i>	—	+	—	—	—	—	—	—	+	+	3
<i>Capra ircus</i>	—	+	—	—	—	+	+	—	+	+	5
Conejos											
<i>Sylvilagus sp.</i>	+	—	—	—	+	—	—	—	—	+	3
Ratones											
<i>N. alstoni</i>	—	—	+	+	—	—	—	+	+	—	4
<i>P. difficilis</i>	—	—	+	—	—	—	—	+	—	—	2
<i>M. mexicanus</i>	—	—	+	—	—	—	—	—	—	—	1
<i>R. fulvescens</i>	—	—	—	+	—	—	—	—	—	—	1

Tabla 3. Riqueza de helmintos observada y estimada de las diferentes especies de hospederos.

Especies de hospedero	No. de muestras (n) examinadas	Riqueza observada de helmintos (S_{obs})	Estimador Bootstrap S_b
— <i>Bos taurus</i>	19	3	3.697
— <i>Ovis aries</i>	27	3	3.703
— <i>Capra iricus</i>	26	5	5.385
••••• <i>Sylvilagus sp.</i>	180	3	3.195
••••• <i>N. alstoni</i>	194	4	4.885
••••• <i>P. difficilis</i>	77	2	2.02
••••• <i>M. mexicanus</i>	19	1	1.145
••••• <i>R. fulvescens</i>	35	1	1.363

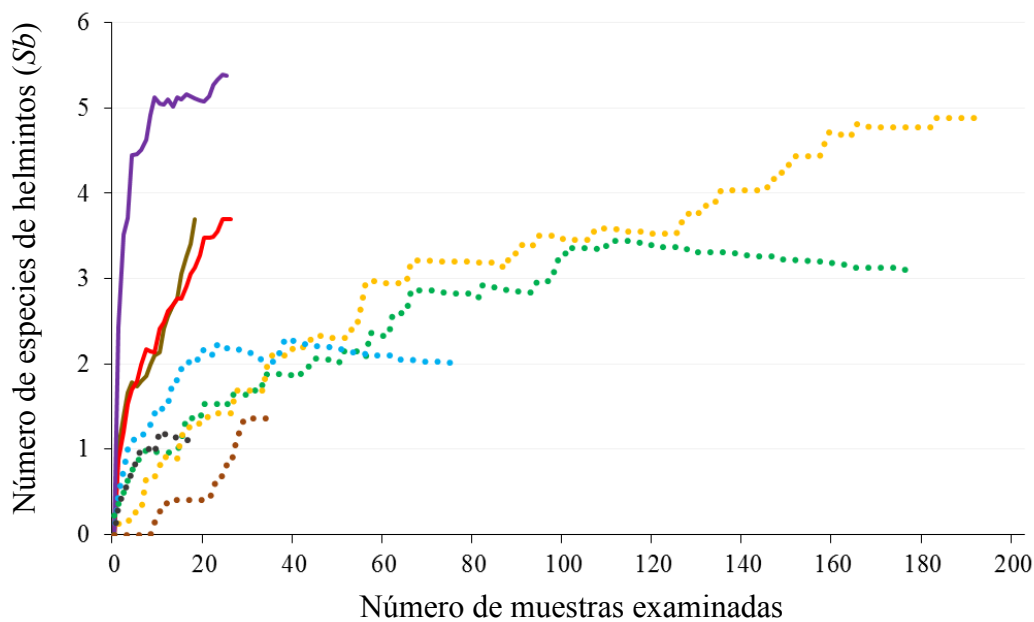


Figura 3. Curvas de acumulación de especies estimadas de helmintos en las especies de ganado, conejos y ratones encontrados en el Parque Nacional La Malinche.

En la **Tabla 4.** se describen los resultados de la prevalencia en todas las especies de hospederos. En el grupo de ganado doméstico el taxón *Haemonchus sp.* tiene una prevalencia de 42.11% en bovinos y 26.92% en caprinos. El taxón *Trichostrongylus sp.* tiene una prevalencia del 44.44% en ovino y del 53.85% en caprinos. Consecutivamente *Nematodirus sp.* con una prevalencia de 19.23% en cabras. En el taxón *Trichuris sp.* se observa que las cabras tienen aproximadamente tres veces más prevalencia (15.38%) que los bovinos (5.26%) y ovinos (3.70%). Por último, *Moniezia sp.* tiene una prevalencia de 5.26 en bovinos, 3.70% en ovinos y 3.85% en caprinos, muy similar en las tres especies.

En el caso de los conejos silvestres del género *Sylvilagus*, los taxones *Moniezia sp.* y *Trichostrongylus sp.* tienen una prevalencia de 6.1%, mientras que *Passalus sp.* tiene una prevalencia de 1.66%.

Para el caso de los ratones, el taxón Anoplocephalidae tuvo una prevalencia baja, es decir de 0.52% en el ratón *N. alstoni*. Así mismo, en *P. difficilis* y en *M. mexicanus* se encontró una prevalencia del 7.79% y 10.53% respectivamente. Por su parte *Hymenolepis sp.* se halló con una prevalencia del 0.52% y 2.86% en *N. alstoni* y *M. mexicanus* respectivamente. En el taxón Nippostrongylinae se identificó una prevalencia del 2.58 y 5.19 en *N. alstoni* y *P. difficilis* respectivamente. Por último *Trichuris sp.* se encontró con una prevalencia de 2.06% únicamente en *N. alstoni*.

En el análisis de similitud general (**Figura 5.**) se agrupan las tres especies de ganado doméstico (similitud >70%; tres especies en común), y a su vez, éstas se agrupan con los hospederos del género *Sylvilagus* mostrando un grado de similitud bajo entre especies hospederas domésticas y silvestres (<20%; una especie en común). Asimismo, se registró una similitud mínima (5%) entre todas las demás especies de hospederos. Esto indica que cada grupo de hospedero alberga un conjunto casi exclusivo de helmintos con un mínimo de especies compartidas entre especies de hospederos domésticos y silvestres.

Tabla 4. Prevalencia (%) de helmintos en especies de ganado doméstico, conejos y ratones del volcán la Malinche.

Hospedero	<i>Bt</i> n=19	<i>Oa</i> n=27	<i>Ci</i> n=26	<i>S</i> n=180	<i>Na</i> n=194	<i>Pd</i> n=77	<i>Mm</i> n=19	<i>Rf</i> n=35
Cestoda								
<i>Cittotaenia sp.</i>	-	-	-	6.1	-	-	-	-
<i>Moniezia sp.</i>	5.26	3.70	3.85	-	-	-	-	-
Anoplocephalidae	-	-	-	-	0.52	7.79	10.53	-
<i>Hymenolepis sp.</i>	-	-	-	-	0.52	-	-	2.86
Nematoda								
<i>Passalurus sp.</i>	-	-	-	1.66	-	-	-	-
<i>Haemonchus sp.</i>	42.11	-	26.92	-	-	-	-	-
Nippostrongylinae	-	-	-	-	2.58	5.19	-	-
<i>Nematodirus sp.</i>	-	-	19.23	-	-	-	-	-
<i>Trichostrongylus sp.</i>	-	44.44	53.85	6.1	-	-	-	-
<i>Trichuris sp.</i>	5.26	3.70	15.38	-	2.06	-	-	-

Bit=*Bos Taurus*, **O**=*Ovies aries*, **Ci**=*Capra ircus*, **S**=*Sylvilagus sp.*, **Ni**=*Neotomodon alstoni*, **Pd**=*Peromyscus difficilis*, **Rf**=*Reithrodontomys fulvescens*, **Mm**= *Microtus mexicanus*

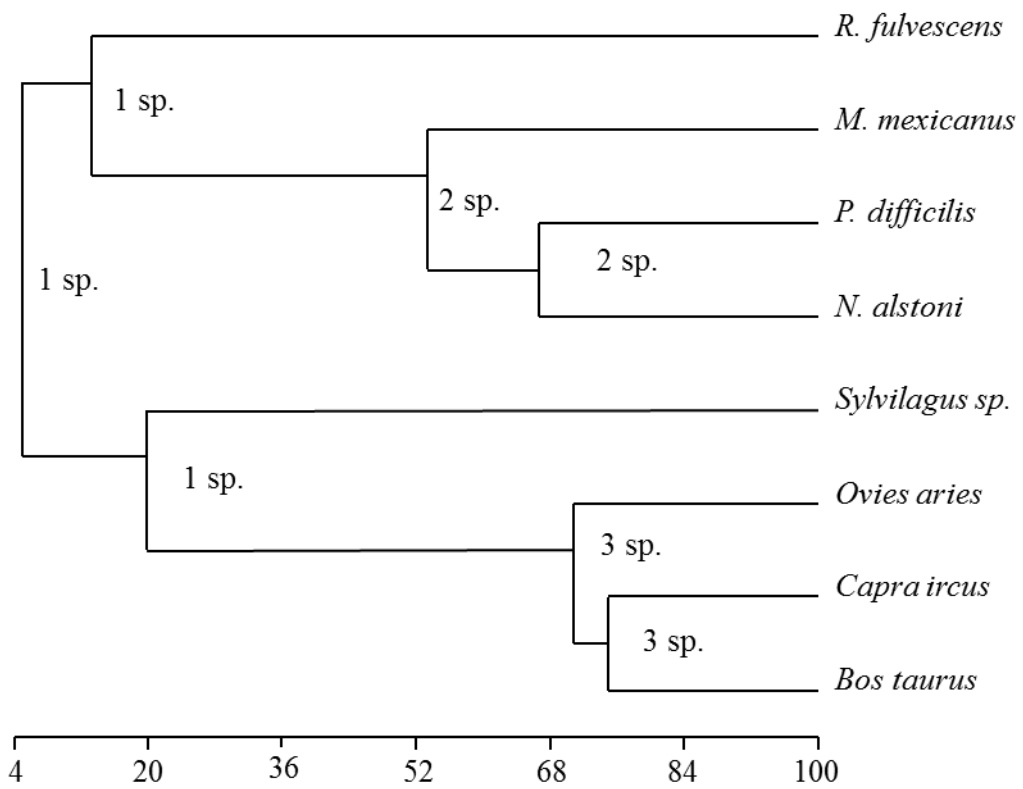


Figura 5. Dendrograma general de la similitud de helmintos en diferentes hospederos basado en el índice de Sorensen.

7.4 Similitud y prevalencia de helmintos entre los hospederos en zonas de pastoreo y sin pastoreo

Se identificó al género *Trichostrongylus* como el único taxón hallado en hospederos domésticos y silvestres (**Tabla 5.**), se encontró en conejos silvestres del género *Sylvilagus sp.*, en *Ovies aries* y *Capra iracus* (ganado doméstico). La mayoría de los herbívoros silvestres que se analizaron en las dos zonas de muestreo (pastoreo y sin pastoreo) presentan más riqueza de helmintos en la zona de pastoreo que en la zona sin pastoreo (**Tabla 5.**). Para los conejos del género *Sylvilagus* se presenta un taxón más de helminto (*Passalurus sp.*) en la zona de pastoreo que en la zona sin pastoreo. Del mismo modo, en la zona de pastoreo se observa más riqueza de helmintos del ratón de los volcanes *N. alstoni* que en la zona sin pastoreo Sin embargo, *P. difficilis* presenta un taxón de helminto más en la zona sin pastoreo que en la zona de pastoreo. Por otro lado, los hospederos *M. mexicanus* y *R. fulvescens* se encontraron solo con un taxón de helminto (**Tabla 5.**).

La similitud de helmintos entre hospederos de diferentes zonas de muestreo (**Figura 6.**) siguió un patrón similar dando una similitud >20% entre el grupo del ganado doméstico y los conejos silvestres *Sylvilagus sp.* de las dos zonas de muestreo y una similitud <5% entre las especies hospederas de ratones. Además, estos análisis muestran una gran similitud (100%) entre *N. alstoni* y *P. difficilis*, a su vez estos se agrupan con *P. difficilis* de la zona sin pastoreo, pertenecientes a la zona de pastoreo. Los hospederos del género *Sylvilagus* de las dos zonas muestran una similitud >80 %, mientras que los *N. alstoni* de las dos zonas de muestreo tienen una similitud >60%.

La comparación (**Figura 7.**) de la prevalencia de helmintos en conejos del *Sylvilagus sp.* de las zonas de muestreo (pastoreo y sin pastoreo), que compartieron al taxón *Trichostrongylus sp.*, muestra que no hay diferencias significativas ($P>0.05$).

Tabla 5. Helmintos de diferentes especies de hospederos estudiados en las zonas de pastoreo (P) y sin pastoreo (SP) en un área del Parque Nacional La Malinche.

	Céstodos				Nemátodos						Riqueza observada de helminthos (S _{obs})
	<i>Cittotaenia sp.</i>	<i>Moniezia sp.</i>	Anoplocephalidae	<i>Hymelopsis sp.</i>	<i>Passalurus sp.</i>	<i>Haemonchus sp.</i>	<i>Nematodirus sp.</i>	Nippostrongylinae	<i>Trichuris sp.</i>	<i>Trichostrongylus sp.</i>	
Conejos											
<i>Sylvilagus sp.</i> (P)	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	3
<i>Sylvilagus sp.</i> (SP)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
Ratones											
<i>N. alstoni</i> (P)	-	-	+	+	-	-	-	+	+	-	4
<i>N. alstoni</i> (SP)	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	2
<i>P. difficilis</i> (P)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>P. difficilis</i> (SP)	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	2
<i>M. mexicanus</i> (P)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>M. mexicanus</i> (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<i>R. fulvescens</i> (P)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1
<i>R. fulvescens</i> (SP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

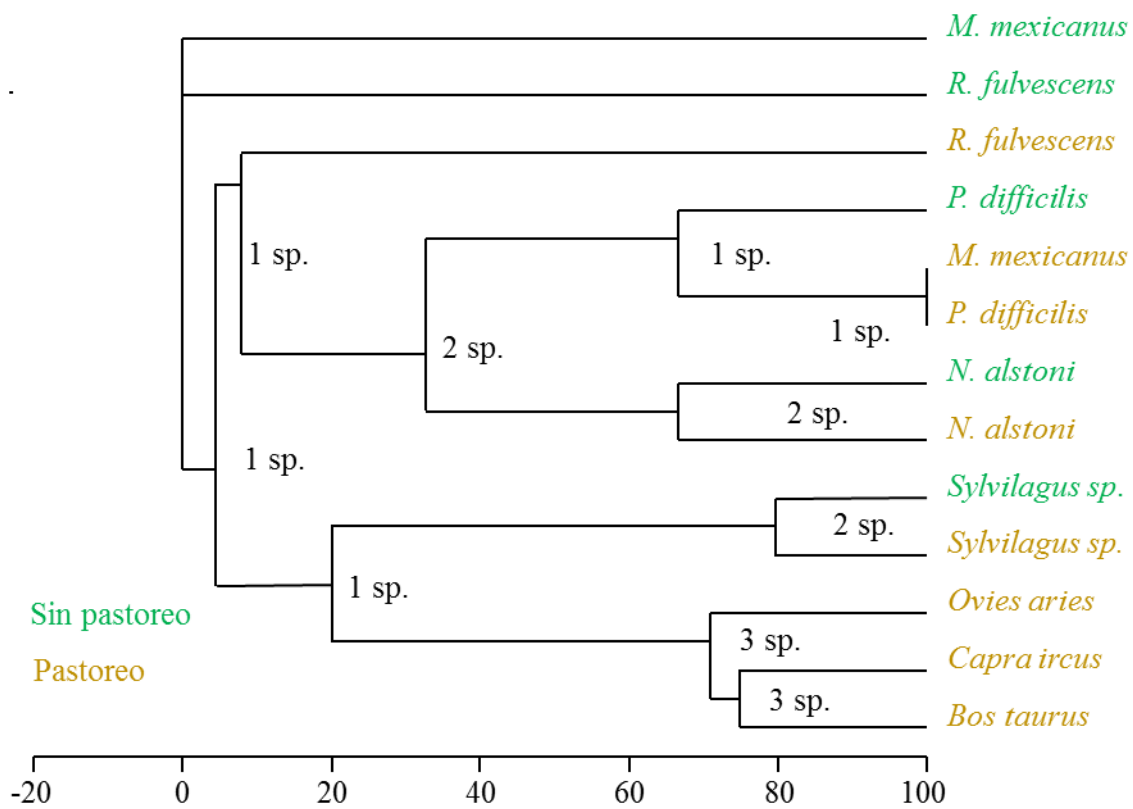


Figura 6. Similitud de helmintos en hospederos analizados en ambas zonas de muestreo del Parque Nacional La Malinche (dendograma basado en el Índice de Sorensen).

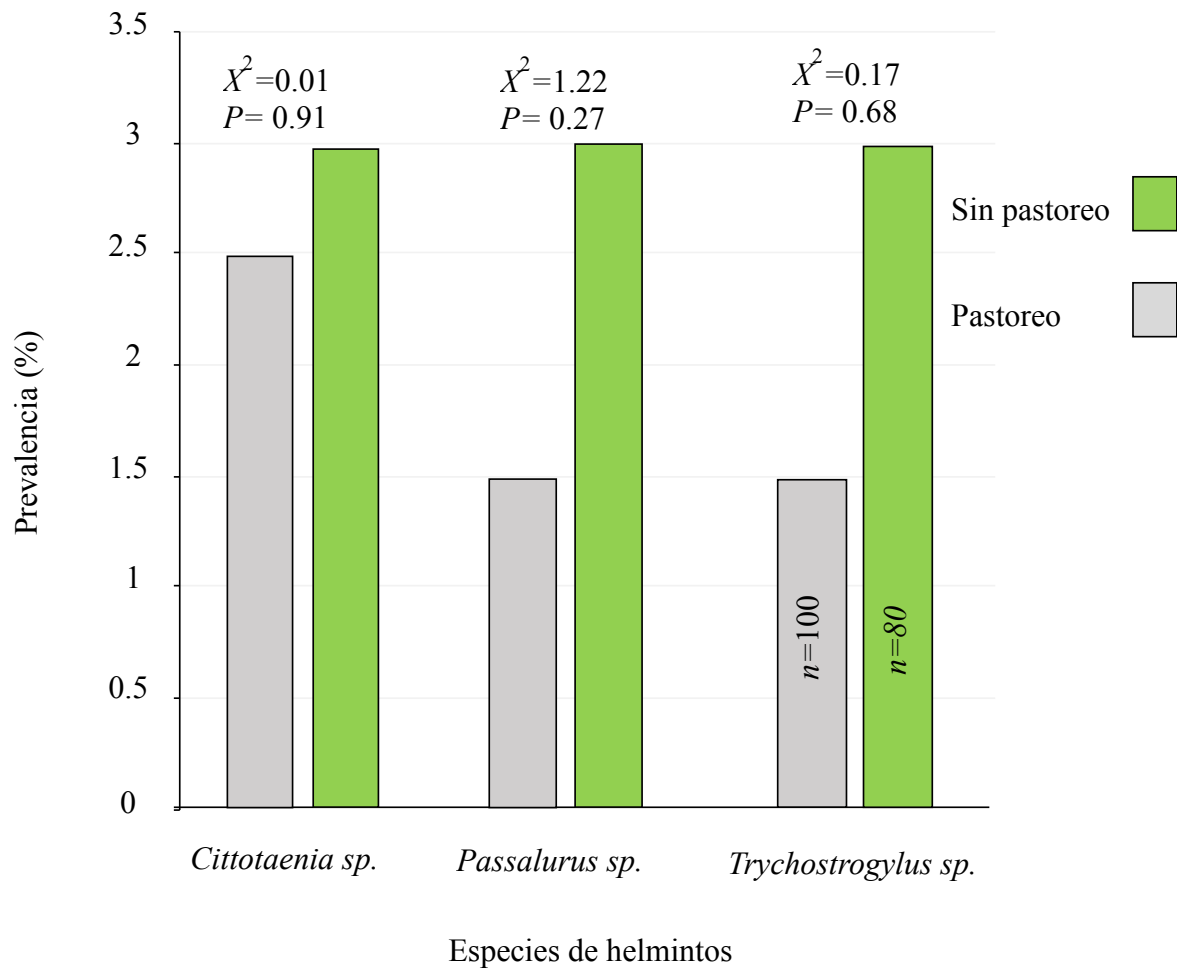


Figura 7. Comparación de la prevalencia de helmintos en *Sylvilagus sp.* de las zonas de muestreo (pastoreo y sin pastoreo). Se empleó la prueba de Chi cuadrada. χ^2 = valor de la prueba de Chi cuadrada.

8. DISCUSIÓN

Se caracterizaron un total de 11 taxones de helmintos en tres grupos de hospederos (ganado doméstico, conejos y ratones) correspondientes a 8 familias. De estos helmintos identificados fueron más comunes los nemátodos que los céstodos, cuatro taxones pertenecientes a los clase Cestoda (*Anoplocephalidae* gen. sp., *Cittotaenia* sp. *Hymenolepis* sp. *Moniezia* sp.) y siete correspondientes al Phylum Nematoda (*Passalurus* sp., *Haemonchus* sp., Nippostrongylineae gen. sp., *Nematodirus* sp., *Trichostrongylus* sp., *Trichuris* 1 y 2). El mismo patrón se presenta en los registros de helmintos identificados en vertebrados y mamíferos a nivel mundial y para México (Hugot y cols. 2001, Pérez-Ponce de León y García-Prieto 2001, García-Prieto y cols. 2014a, b). En el presente estudio, se obtuvieron los primeros registros de helmintos para *Neotomodon alstoni* (*Anoplocephalidae* gen. sp., *Hymenolepis* sp., Nippostrongylineae gen. sp. y *Trichuris* sp.) *Microtus mexicanus* (*Anoplocephalidae* gen. sp.) y *Reithrodontomys fulvescens* (*Hymenolepis* sp.).

De todos lo taxones encontrados en los diferentes hospederos del presente estudio, la morfología de los huevos y la morfología de los parásitos adultos permitió la identificación de un taxón a nivel de familia (*Anoplocephalidae*) y otro a nivel de subfamilia (Nippostrongylineae). Por otra parte, la morfología de las larvas y los huevos permitió identificar 9 taxones a nivel de género (*Cittotaenia*, *Moniezia*, *Hymenolepis*, *Passalurus*, *Haemonchus*, *Nematodirus*, *Trichostrongylus* y *Trichuris*). En el caso del género *Trichuris*, se logró hacer la caracterización de dos taxones debido a que hubo diferencias notorias en el tamaño del huevo. El taxón de *Trichuris* encontrado en dos especies de ganado doméstico (*O. aries* y *C. ircus*) midió aproximadamente el doble del tamaño del taxón encontrado en el ratón de *N. alstoni*. Los resultados del presente estudio coinciden con la literatura donde se considera que las especies identificadas del género *Trichuris* en roedores silvestres son completamente diferentes a las reportadas en las especies de ganado doméstico y donde una de las características diferentes es en el tamaño del huevo (Heinz 2016b).

En el caso del género *Moniezia*, se encontró variación en la forma de los huevos encontrados en las tres especies de hospedero de ganado doméstico (*B. Taurus*, *Ovis aries* y *C.*

ircus, ver Anexo 1). Sin embargo, este género se caracteriza por ser polimórfico por lo cual se consideró como un solo taxón a los huevos encontrados en las diferentes especies de ganado.

En el presente estudio se encontraron cinco taxones de helmintos en las tres especies de ganado doméstico (*Moniezia sp.*, *Haemonchus sp.*, *Nematodirus sp.*, *Trichuris sp.* y *Trichostrongylus sp.*), tres taxones en los conejos (*Cittotaenia sp.*, *Passalurus sp.* y *Trichostrongylus sp.*), y cuatro taxones en las especies de ratones (*Anoplocephalidae gen. sp.*, *Hymenolepis sp.*, *Nippostrongylinae gen. sp.* y *Trichuris sp.*). Existe una gran variedad de especies de helmintos reportadas en las especies de hospederos estudiadas en el presente trabajo, hasta 18 especies de helmintos en ganado (Hoste y cols. 2010), 8 especies en conejos (Foronda y cols. 2003) y 10 especies en ratones (Martínez-Salazar 2016). Es probable que exista un mayor número de especies de helmintos dado que en este estudio sólo se identificaron a nivel de familia y género. Los análisis de estimación de riqueza y las curvas de acumulación indican que posiblemente existan 3 taxones por encontrar, uno en ovinos (*O. aries*), otro en caprinos (*C. ircus*) y uno más en ratones de la especie *N. alstoni*.

En las especies de ganado doméstico, los caprinos (*C. ircus*) tuvieron la mayor riqueza de taxones de helmintos con 5 taxones (*Moniezia sp.*, *Haemonchus sp.*, *Nematodirus sp.*, *Trichuris sp.* y *Trichostrongylus sp.*). Una cantidad mayor en comparación de *B. taurus* (*Moniezia sp.*, *Haemonchus sp.*, *Trichuris sp.*) y *O. aries* (*Moniezia sp.*, *Trichuris sp.* y *Trichostrongylus sp.*) que tuvieron una cantidad de tres taxones cada uno (un céstodo y dos nemátodos). Este patrón es similar a lo que se observa en otros estudios realizados en situaciones de pastoreo donde se encuentra mayor riqueza de especies de helmintos en cabras, seguido por ovinos y bovinos (Le Jambre 1976, Pomroy 1986, Jallow y cols. 1994, Huntley y cols. 1995). Este resultado puede ser explicado por la conducta de forrajeo de las especies. Las cabras ingieren cantidades sustanciales de hojarasca (plantas leñosas, enredaderas y arbustos), incluso si hay disponible algún otro forraje nutricional, mientras que los ovinos y otros rumiantes prefieren alimentarse de pasto y hierbas (Provenza 2003). En este caso, el forrajeo de las cabras tiene menor contacto con las larvas infecciosas que están presentes en el pasto (Lozano 1991, Combes 1996) y eso parece influir en un deficiente desarrollo de la respuesta inmune. Por lo tanto, en condiciones donde las cabras forrajean pastos, éstas no pueden combatir tan

eficientemente las infecciones por lo que se observa un elevado establecimiento de parásitos (Hoste y cols. 2008, Vagenas y cols. 2002).

En los conejos silvestres del género *Sylvilagus* se encontró una riqueza de tres helmintos, un céstodo y dos nemátodos (*Cittotaenia sp.*, *Passalurus sp.* y *Trichostrongylus sp.*). En estudios previos han encontrado hasta 8 especies de helmintos en conejos *Sylvilagus cunicularius* (Foronda y cols. 2003). Los estimadores de riqueza Bootstrap (S_b) y las curvas de acumulación realizadas, muestran una asíntota en la riqueza de esta especie, lo cual sugiere que no existen especies raras de helmintos en las zonas de muestreo.

En cuanto a la riqueza de especies de parásitos en las especies de roedores, *N. alstoni* es la especie hospedera con una riqueza de cuatro taxones de helmintos. En el cual, dos taxones son céstodos y otros dos son nemátodos, un número elevado en comparación de las otras tres especies de roedores (*P. difficilis*, *M. mexicanus* y *R. fulvescens*). La presencia de los dos cestodos (Anoplocephalidae e *Hymenolepis sp.*) con una prevalencia baja del 0.52% en *N. alstoni*, puede deberse al bajo consumo de artrópodos (4%) que esta especie tiene en su dieta (Álvarez y Mayo 1993). Se ha documentado que una gran variedad de artrópodos fungen como hospederos intermedios en el ciclo de vida de la familia Hymenolepididae y Anoplocephalidae, por ejemplo, ácaros, insectos, pulgas y coleópteros (Boyko y cols. 2006). Por otro lado, la infección de *N. alstoni* por los nemátodos Nippostrongylinae y *Trichuris sp.*, con un prevalencia elevada comparando la de los cestodos (2.58% y 2.08% respectivamente), puede estar explicado por el consumo del 86% de materia vegetal de la dieta total de *N. alstoni* (Álvarez y Mayo 1993). Esto se relaciona con el ciclo de vida directo de estos parásitos (Nippostrongylinae y *Trichuris sp.*) ya que los huevos capaces de infectar a los hospederos se encuentra en la vegetación (Familia Trichuridae), al igual que las larvas infecciosas de la familia Trichostrongylidae (Morand y cols. 2006).

En el presente estudio se encontró que ovinos (*O. aries*), caprinos (*C. iracus*) y conejos silvestres (*Sylvilagus sp.*) comparten al género *Trichostrongylus*, con una prevalencia de 44%, 54% y 6% respectivamente. Nuestros análisis indican un grado de similitud del 20% aproximadamente entre conejos silvestres y ganado doméstico. En estudios previos se ha

descrito que especies de lagomorfos silvestres (*Lepus europeus* y *Oryctolagus cuniculus*) ubicados en zonas donde pastorea el ganado, se encuentran infectados con nematodos del género *Trichostrongylus* (Mackerras 1958, Hesterman y Kogon 1963, Saulai y Cabaret 1998, Alzaga y cols. 2009). En estudios experimentales, demuestran que las especies *Trichostrongylus colubriiformis* y *T. rugatus*, consideradas como helmintos de ganado, son capaces de establecerse exitosamente en conejos (Musongong y cols. 2004) y liebres (Stott y cols. 2009). Tai y cols. (2013) encuentran que los nemátodos *Trichostrongylus colubriiformis* con una prevalencia de 2.5% son capaces de infectar al 9 % de los conejos (*Oryctolagus cuniculus*). Estos datos sugieren que, en este trabajo, el taxón del género *Trichostrongylus* encontrado en dos especies de ganado (*O aries* y *C ircus*) y en conejos (*Sylvilagus sp.*), podría ser la misma especie de nemátodo, debido a que los conejos poseen patrones de forrajeo que se enfocan a la cubierta del pasto (Stott, 2003) y las larvas infecciosas de nematodos, tienden a trepar hasta esta parte del pasto, donde están disponibles para el huésped (Anderson 2000).

En nuestros análisis, los helmintos de conejos del género *Sylvilagus* tuvieron una similitud del 80 % entre las dos zonas de muestreo. La prueba estadística (Chi cuadrado) no muestra diferencias significativas comparando los conejos silvestres entre la zona de pastoreo y sin pastoreo (P=0.68). Por lo cual, es probable que el taxón encontrado (*Trichostrongylus sp.*) en las especies del ganado y conejos pertenezca a diferentes especies del género identificado. Existen especies de helmintos específicos del género *Trichostrongylus* tanto en conejos silvestres como en ganado doméstico (Audebert 2007, Hoberg y cols. 2001). Por un lado, las especies documentadas como específicas de los conejos, como es el caso de *Trichostrongylus retortaeformis*, *T. leporis*, y *T. calcaratus* (Audebert 2007) y, por el otro, algunas que se encuentran en ungulados domésticos y silvestres, como es el caso de *Trichostrongylus axei* (Hoberg y cols. 2001). En este sentido, es importante continuar realizando más estudios con metodologías moleculares para determinar las especies y poder corroborar si estas especies de helmintos se comparten entre animales domésticos y silvestres.

Por otro lado, los taxones identificados a diferentes niveles taxonómicos de ganado (*Moniezia sp.*, *Haemonchus sp.*, *Nematodirus sp.*, y *Trichuris sp.*), conejos (*Cittotaenia sp.*, *Passalurus sp.*) y ratones (*Hymenolepis sp.*, *Trichuris sp.*, Anoplocephalidae y Nippostrongylinae) no se compartieron entre los diferentes grupos hospederos. El grado de similitud observada entre los diferentes hospederos (ganado y especies silvestres) sugiere que pocas especies de hospederos comparten helmintos. En un estudio, reportan varios taxones del género *Moniezia*, *Haemonchus*, *Nematodirus*, y *Trichuris* que se encuentran en diferentes especies de ungulados (Hoberg y cols. 2001). En otros trabajos, se describen especies de los géneros *Cittotaenia* y *Passalurus* en diferentes lagomorfos (Garcia-Prieto 2014b, Tai y cols. 2013). Del mismo modo, *Hymenolepis sp.* y *Trichuris sp.* son reportados en diferentes especies de roedores (Kuhnen y cols. 2012). Estos datos coinciden con los obtenidos en el presente trabajo, aunque estos helmintos no se hayan identificado a nivel de especie, es posible que algunas especies de helmintos se encuentren en diferentes especies del mismo grupo de hospedero. En resumen, se corrobora que entre ganado doméstico y ratones hay una baja posibilidad de transmisión de parásitos. Sin embargo, los resultados indican que hay una posibilidad de transmisión de parásitos entre el ganado doméstico y los conejos silvestres del Parque Nacional La Malinche. Los resultados deben ser puestos a prueba con estudios donde puedan identificarse de manera más precisa las especies de parásitos para corroborar la posible transmisión.

9. CONCLUSIONES

- Los helmintos de ganado doméstico fueron distintos a los que se encuentran en los ratones silvestres aunque el género *Trichuris* es compartido entre ambos grupos de hospederos.
- El ganado doméstico comparte el género *Trichostrongylus* con el conejo silvestre en el Parque Nacional La Malinche, habiendo la posibilidad de que sea una misma especie en ambos grupos de hospederos.
- La prevalencia de parasitismo del género *Trichostrongylus* en los conejos, que se comparte con el ganado doméstico, no difiere entre sitios con presencia y ausencia de ganado por lo que dichos parásitos pueden ser comunes en conejos.

10. REFERENCIAS

- Álvarez T y Mayo-Aceves E. 1993. Contribución al conocimiento de los hábitos alimenticios del ratón de los volcanes *Neotomodon alstoni* (Merriam, 1898). Acta Zoológica Mexicana 59:1-51.
- Alzaga V, Tizzani P, Acevedo P, Ruiz-Fons F, Vicente J, Gortázar C. 2009. Deviance partitioning of host factors affecting parasitization in the European brown hare (*Lepus europaeus*). The Science of Nature-Naturwissenschaften 96:1157–1168.
- Anderson RC. 2000. Nematode Parasites of Vertebrates: Their Development and Transmission, CABI publishing pp. 87.
- Audebert F y Durette-desset MC. 2007. Do lagomorphs play a relay role in the evolution of the Trichostrongylina nematodes? Parasite journal 14:183-197.
- Beck W y Pantchev N. 2009. Gastrointestinal parasites in rabbits-biology, pathogenesis, clinical features, diagnosis and treatment. Kleintierpraxis 54, 278.
- Boag B. 1999. Similarities between the population dynamics of parasites of the wild rabbit and domestic animals. Aspects of applied biology 53, 119–123.
- Borgsteede FHM. 1982. The infectivity of some nematode parasites of reindeer (*Rangifer tarandus* L.) and elk (*Alces alces* L.) for cattle and sheep. Parasitology Research 67, 211-215.
- Boyko BG, Rodney AB y Timothy JL. 2006. Cestodes of small mammals: Taxonomy and life cycles. En: Micromammals and Macroparasites From Evolutionary Ecology to Management. Morand S, Krasnov BR, Poulin R (Eds.) Editorial. Springer. pp. 29.
- Brooks D y Hoberg E. 2006. Systematics and emerging infectious diseases: from management to solution. Journal of Parasitology 92: 426-429.

- Bucknell DG, Gasser RB y Beveridge I. 1995. The prevalence and epidemiology of gastrointestinal parasites of horses in Victoria, Australia. *International Journal for Parasitology* 25, 711-724.
- Castro M y Rosadilla D. 2014. Dinámica poblacional de endoparásitos en poblaciones de venado de campo (*Ozotoceros bezoarticus*), ovinos (*Ovis aries*) y bovinos (*Bos taurus*) en la zona de Arerungá – Salto. Tesis de posgrado. Universidad de la república Monte video, Uruguay.
- Combes C. 1996. *Interactions Durables: Ecologie et Evolution du Parasitisme* Masson Editeur.
- Dunn AM. 2009. Parasites and biological invasions. *Advances in Parasitology*. 68: 161-184.
- Dwight DB. 2019. Helminths. En: *Parasitology for Veterinarians*. Editorial. Elsevier. pp. 122.
- Falcón J, Acosta R, Fernández J y Lira G. 2012. Helminths y sifonápteros parásitos de cinco especies de roedores en localidades de la cuenca oriental, en el centro de México. *Acta Zoológica Mexicana* 28(2): 287-304.
- Fernández JA. 2006. Mamíferos. En: *Biodiversidad del Parque Nacional Malinche*. Editorial independiente 101-137.
- Florencia K, Nirma G, Diana R y Cristina W. 2004. *Fasciola hepatica* (Linnaeus, 1758) (Trematoda, Digenea) en liebres europeas (*Lepus europaeus*, Pallas 1778) (Lagomorpha, Leporidae) en la región Cordillerana Patagónica, Chubut, Argentina. *Parasitol. Latinoam.* 59: 68 – 71.
- Foronda P, Valladares B, Lorenzo-Morales J, Ribas A, Feliu C, y Casanova JC. 2003. Helminths of the wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in macaronesia. *Journal of Parasitology* 89 (5): 952-957.
- García-Prieto L, Mendoza-Garfias B y Pérez-Ponce de León G. 2014a. Biodiversidad de Platyhelminthes parásitos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S164-S170.

- García-Prieto L, Osorio-Sarabia D y Lamothe-Argumedo MR. 2014b. Biodiversidad de Nematoda parásitos de vertebrados en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85 (S1): 1-504.
- González J, Lara C, Vázquez J, Martínez-Gómez M. 2007. Demography, density, and survival of an endemic and near threatened cottontail *Sylvilagus cunicularius* in central Mexico. *Acta Theriologica* 52 (3): 299–305.
- Heinz M. 2016a. Acanthocephala (Thorny-Headed Worms). En: *Animal Parasites: Diagnosis, Treatment, Prevention*. Editorial. Springer. pp. 470.
- Heinz M. 2016b. *Trichuris* Species (Whipworms). En: *Animal Parasites: Diagnosis, Treatment, Prevention*. Editorial. Springer. pp. 378.
- Heinz M. 2016c. Worms (Helminths). En: *Animal Parasites: Diagnosis, Treatment, Prevention*. Editorial. Springer. pp. 251.
- Hesterman ER y Kogon C. 1963. Endoparasites of the wild hare, *Lepus europaeus* Pallas, in the Australian Capital Territory, with a note on breeding. *CSIRO Wildlife Res* 8: 21–27.
- Hoberg EP, Kocan AA y Rickard LG. 2001. Gastrointestinal strongyles in wild ruminants. En: *Parasitic Diseases of Wild Mammals*. William M. Samuel, Margo J. Pybus y A. Alan Kocan (Eds.). Editorial. Iowa State University Press pp. 193.
- Hoberg EP y Brooks DR. 2008. A macroevolutionary mosaic: episodic host-switching, geographical colonization and diversification in complex host-parasite systems. *J. Biogeogr.* 35: 1533-1550.
- Hoberg EP. 2010. Invasive processes, mosaics and the structure of helminth parasite faunas. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* 29 (2): 255-272.
- Hoste H, Kerboeuf D y Parodi AL. 1988. *Trichostrongylus colubriformis*: Effects on villi and crypts along the whole small intestine in infected rabbits. *Experimental Parasitology* 67, 39-46.

- Hoste H, Torres- Acosta JR y Aguilar-Caballero AJ. 2008. Parasite interactions in goats: is immunoregulation involved in the control of gastrointestinal nematodes. *Parasite Immunol.* 30: 79-88.
- Hoste H, Sotiraki S, Yan Landau S, Jackson F y Beveridge I. 2010. Goat–Nematode interactions: think differently. *Trends in parasitology* 26 (8):376-381.
- Hrabok JT, Oksanen A, Nieminen M, Rydzik A, Ugglá A y Waller PJ. 2006. Reindeer as hosts for nematode parasites of sheep and cattle. *Veterinary Parasitology* 136, 297-306.
- Hugot JP, Baujard P y Morand S. 2001. Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. *Nematodology* 3:199-208.
- Huntley JF, Patterson M, Mackellar A, Jackson F, Stevenson LM, Coop RL. 1995. A comparison of the mast cell and eosinophil responses of sheep and goats to gastrointestinal nematode infections. *Research in Veterinary Science* 58: 5-10.
- Jallow OA, McGregor BA, Anderson N, Holmes JH. 1994. Intake of Trichostrongylid larvae by goats and sheep grazing together. *Australian Veterinary Journal.* 71: 361-364.
- Kimberly VW, George PO y Vincent O. 2014. Mixed-host aggregations and helminth parasite sharing in an East African wildlife–livestock system. *Veterinary Parasitology* 205: 224–232.
- Klimpel S, Förster M, y Schmahl G. 2007. Parasites of two abundant sympatric rodent species in relation to host phylogeny and ecology. *Parasitology Research* 100(4): 867–75.
- Konstans W, David IG, Nicholas JC, Alexis R, Serge M y Hamish IM. 2018. Global spread of helminth parasites at the human–domestic animal–wildlife interface. *Global Change Biology* 24(7): 3254-3265.
- Krebs CJ. 1999. *Ecological Methodology*, 2nd ed. Addison. Wesley Longman, Menlo Park, New Jersey. 620 pp.

- Kumsa B, y Wossene A. 2006. Abomasal nematodes of small ruminants of Ogaden region, eastern Ethiopia: prevalence, worm burden and species composition. *Revue de Médecine Vétérinaire* 157, 27-32.
- Kuhnen, VV, Graipel ME, y Pinto CJC. 2012. Differences in richness and composition of gastrointestinal parasites of small rodents (Cricetidae, Rodentia) in a continental and insular area of the Atlantic Forest in Santa Catarina state, Brazil. *Braz. Journal of Biology* 72 (3): 563-567.
- Lamothe R, Falcón J, García L, y Fernández 2005. A new Dicrocoeliid (Digenea: Dicrocoeliinae) parasite of rodents from Tlaxcala, Mexico. *Journal of Parasitology* 91: 1410-1412.
- Lattés S, Ferté H, Delaunay P, Depaquit J, Vassallo M, Vittier M, Kokcha S, Coulibaly E y Marty P. 2011. *Trichostrongylus colubriformis* nematode infections in humans, France. *Emerging Infectious Diseases* 17, 1301-1302
- Lello J, Boag B, Fenton A, Stevenson IR y Hudson PG. 2004. Competition and mutualism among the gut helminths of a mammalian host. *Nature* 428.
- Le Jambre LWM. 1976. Royal A comparison of worm burdens in grazing Merino sheep and Angora goats. *Australian Veterinary Journal* 52: 181-183.
- Luque, J. L. 2008. Parásitos: ¿componentes ocultos de la biodiversidad? *Biologist* 6:5-7.
- Lozano GA. 1991. Optimal foraging theory: a possible role for parasites. *Oikos*.60: 391-395.
- Mackerras MJ. 1958. Catalogue of Australian mammals and their recorded internal parasites. Part II. Eutheria. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales* 83: 126–143.
- Martínez-Salazar EA, Flores-Rodríguez V, Rosas-Valdez R y Falcón-Ordaz J. 2016. Helminth parasites of some rodents (Cricetidae, Heteromyidae, and Sciuridae) from Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:1203–1211

- Morand S, Bouamer S and Pierre Hugot J. 2006. Nematodes. En: Micromammals and Macroparasites From Evolutionary Ecology to Management. Morand S, Krasnov BR, Poulin R (Eds.) Editorial. Springer. pp. 69.
- Morgan E, Milner E, Torgerson P, y Medley G. 2004. Ruminating on complexity: macroparasites of wildlife and livestock. *TRENDS in Ecology and Evolution* 19 (4).
- Morgan E, Lundervold M, Medley GF, Shaikenov BS, Torgerson PR y Milner-Gulland EJ. 2006. Assessing risks of disease transmission between wildlife and livestock: The Saiga antelope as a case study. *Biological Conservation* 131: 244–254.
- Musongong GA, Chiejina SN, Fakae BB y Ikeme MM. 2004. The responses of a tropical breed of domestic rabbit, *Oryctolagus cuniculus*, to experimental infection with *Trichostrongylus colubriformis*. *Journal Helminthology* 78: 249–257.
- Nilsson O. 1971. Inter-relationship of endo-parasites in wild cervids (*Capreolus capreolus* L and *Alces alces* L) and domestic ruminants in Sweden. *Acta Veterinaria Scandinavica* 12, 36-&.
- Pérez-Ponce de León G. y García-Prieto L. 2001. Diversidad de helmintos parásitos de vertebrados silvestres de México. *Biodiversitas* 6: 7–11.
- Petney TN y Andrews RH. 1998. Multiparasite communities in animals and humans: frequency, structure and pathogenic significance. *International Journal for Parasitology* 28: 377–393.
- Polley L. 2005. Navigating parasite webs and parasite flow: emerging and re-emerging parasitic zoonoses of wildlife origin *International Journal for Parasitology* 35: 1279-1294.
- Pomroy WE. 1986. Comparison of faecal strongylate egg counts of goats and sheep on the same pasture. *New Zealand Veterinary Journal* 34: 36-37.
- Provenza F. 2003. Behavioural mechanisms influencing use of plants with secondary metabolites by herbivores. Proceedings of the satellite symposium: “Secondary compounds and browse utilization”, “Matching herbivore nutrition to ecosystems

- biodiversity” VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores. Proceedings of an International Symposium held in Merida, Mexico, 19-24th UADY publisher pp 1–11.
- Reid FA.1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford
- Reid FA.2006. Mammals of North America. Peterson field guides.
- Rosa R, Pugliese A, Villani A y Rizzoli A. 2003. Individual-based vs. deterministic models for macroparasites: host cycles and extinction. *Theoretical Population Biology* 63: 295–307.
- Sulai M y Cabaret J. 1998. Limited role of lagomorphs (*Oryctolagus cuniculus* and *Lepus capensis*) in the dispersion of parasite nematodes of ruminants. *Veterinary Parasitology* 77: 301–304.
- Stankiewicz M, McMurtry LW, Hadas E, Heath DD y Cowan PE. 1996. *Trichostrongylus olubriiformis*, *T. vitrinus* and *T. retortaeformis* infection in New Zealand possums. *New Zealand Veterinary Journal* 44: 201-202.
- Stein A, Irvine RJ, Ropstad E, Halvorsen O, Langvatn R y Albon SD. 2002. The impact of gastrointestinal nematodes on wild reindeer: experimental and cross-sectional studies. *Journal of Animal Ecology* 71: 937–945.
- Stott P. 2003. Use of space by sympatric European hares (*Lepus europaeus*) and European rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Australia. *Mammalian Biology* 68: 317–327.
- Stott P, O’Callaghan M, Phillips P y Verbyla A. 2009. The experimental establishment of ruminant nematodes in European hares (*Lepus europaeus*). *Veterinary Parasitology* 159: 82–85.
- Tai MHH, O’Handley R, Hemmatzadeh F, Jenkins DJ y Stott P. 2013. Ovine nematodes in wild lagomorphs in Australia and first record of *Trichostrongylus rugatus* in free living lagomorphs. *Veterinary Parasitology* 197: 370–373.
- Torres A y Hoste H. 2008. Alternative or improved methods to limit gastrointestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Ruminant Research* 77, 159-173

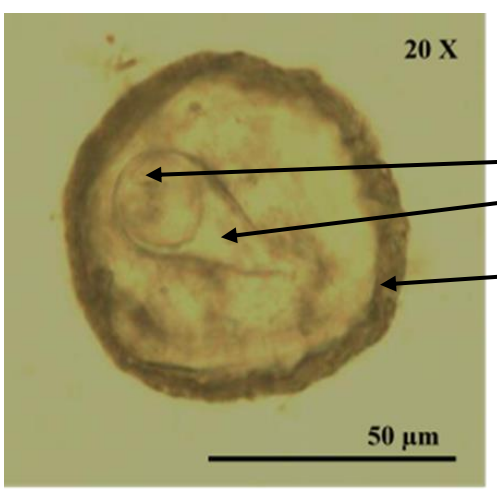

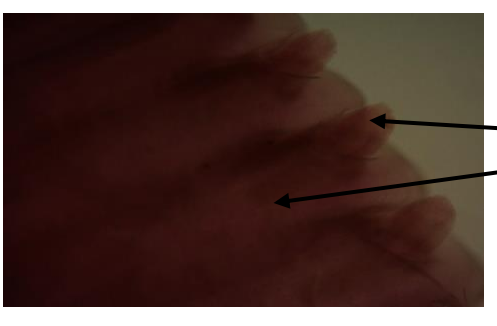
- Usai F, innovati R, rocchi V, tancampiano L. 2012. *Lepus corsicanus* gastrointestinal helminths: first report. *Helminthologia* 49, 71-77.
- Vagenas D, Jackson F, Russel AJF, Merchant M, Wright IA y Bishop SC. 2002 Genetic control of resistance to gastrointestinal parasites in crossbred cashmere-producing goats: responses to selection, genetic parameters and relationships with production traits. *Animal Science*. 74, 199–208.
- Vázquez JP. 2005. Carga de Parásitos y su Relación con el Estado Fisiológico del Conejo Endémico de México *Sylvilagus cunicularius*. Tesis de Maestría en Neuroetología, Universidad Veracruzana.
- Werner A, Aguilera X, Vega F, Alcaino H, Zulantay I, Apt P, Gonzalez V, Retamal C, Rodriguez J y Sandoval J. 1993. Prevalence of fascioliasis in humans, horses, pigs, and wild rabbits in 3 Chilean provinces. *Boletin De La Oficina Sanitaria Panamericana* 115(5): 405-14.

11. ANEXO I

Cestoda

Familia: Anoplocephalidae

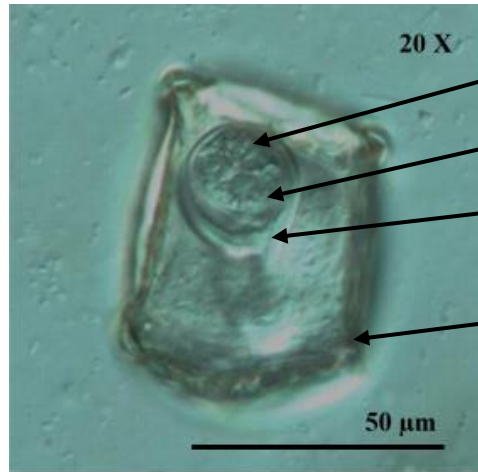
Subfamilia: Anoplocephalinae

Género: <i>Cittotaenia</i> sp.		
<p>Huevo: Forma circular donde se observa la oncosfera envuelta con el aparato piriforme, protegido por capas lipídicas.</p> <p>Tamaño: 74.60 μm X 74.54 μm</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● Oncosfera ● Aparato piriforme ● Capas lipídicas
<p>Escólex: Su escólex no tiene corona de ganchos ni róstelo.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● Escólex ● Ventosa
<p>Proglótido-cirro:</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● Cirro ● Proglótido
Hospedero: <i>Sylvilagus</i> sp.		

Género: *Moniezia sp.*

Huevo: De forma polimórfica (más o menos cuadrada o rectangular) con cubierta o capa gruesa, dentro de esta se observa ligeramente el aparato piriforme que envuelve a la oncosfera con ganchos.

Tamaño: 67.41 μm X 62.26 μm

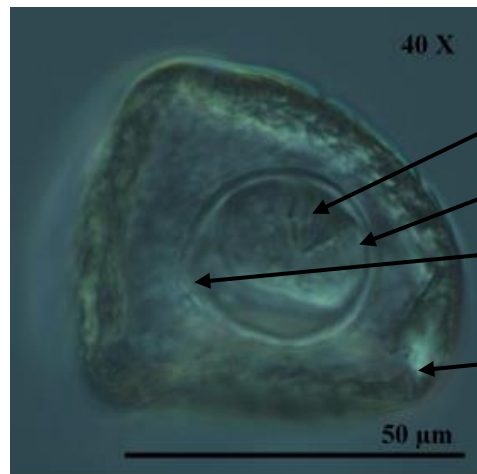


- Ganchos
- Oncosfera
- Aparato piriforme
- Capas gruesas

Hospedero: *Bos taurus*

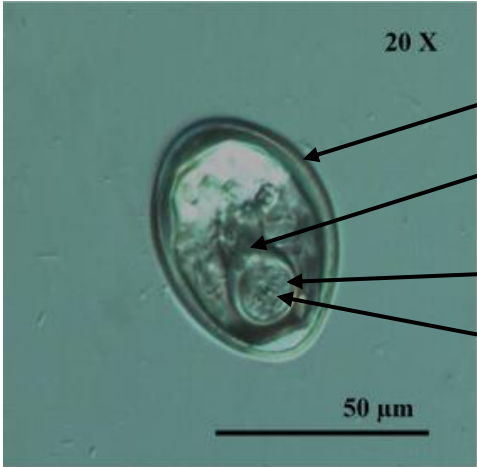
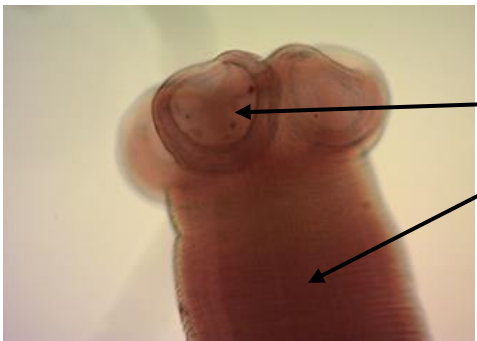
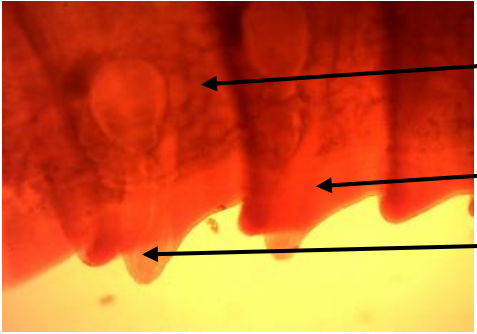
Huevo: Más o menos de forma triangular polimórfica con la presencia de una oncosfera con ganchos envuelta por el aparato piriforme, con una capa lipídica gruesa.

Tamaño: 56.98 μm X 55.26 μm



- Ganchos
- Oncosfera
- Aparato piriforme
- Capas gruesas

Hospedero: *Ovies aries* y *Capra ircus*

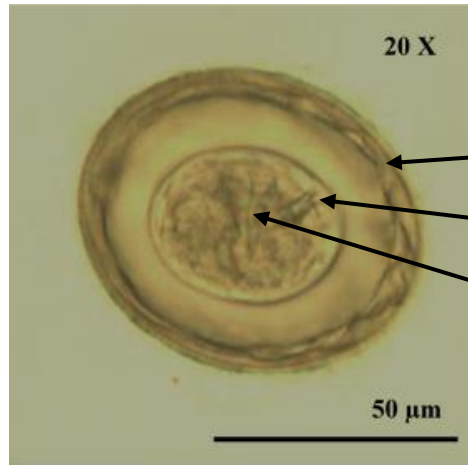
Género: Sin definir		
<p>Huevo: de forma ovoide y muestra capa lipídica que protege la oncosfera con pequeños ganchos envuelta del aparato piriforme.</p> <p>Tamaño: 54.73 μm X 41.96 μm</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● Capa lipídica ● Aparato piriforme ● Oncosfera ● Ganchos
<p>Escolex: se muestra las ventosas del escolex</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● Ventosa ● Cuello del escólex
<p>Proglótido-cirro: se observan algunos proglótidos donde sobresale el cirro y se aprecian algunas estructuras reproductivas dentro de los mismos.</p>		<ul style="list-style-type: none"> ● Órganos reproductivos ● Proglótido ● Cirro
Hospedero: <i>N. alstoni</i> , <i>P. difficilis</i> y <i>M. mexicanus</i>		

Familia: Hymenolepididae

Género: *Hymenolepis sp.*

Huevo: De forma esférica y posee una oncosfera ovalada con pares de ganchos, protegida por una cubierta lipídica. No presenta aparato piriforme.

Tamaño: 70.93 μm X 60.39 μm



● Capas lipídicas

● Oncosfera

● Ganchos

Hospedero: *N. alstoni* y *R. fulvescens*

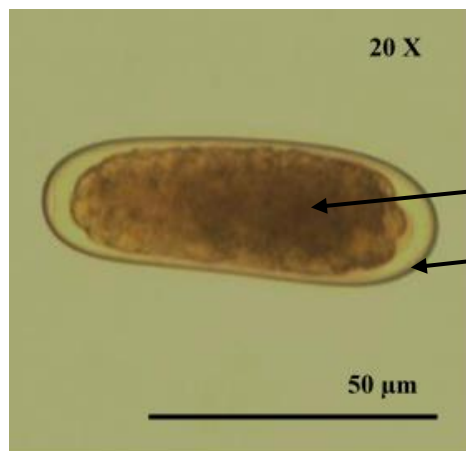
Nematoda

Familia: Oxyuridae

Género: *Passalurus sp.*

Huevo: forma ovoide y alargada con presencia de morula y una capa o cascara lisa.

Tamaño: 69.77 μm X 18.86 μm



● Morula

● Cáscara lisa

Hospedero: *Sylvilagus sp.*

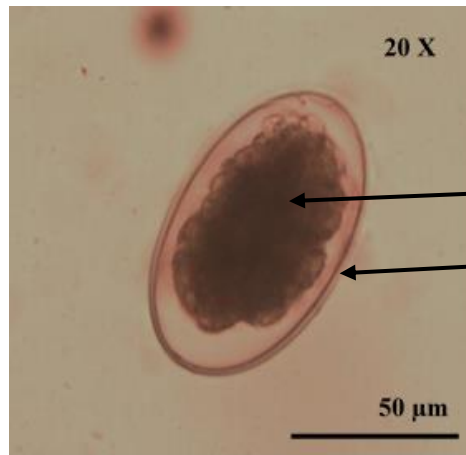
Familia: Haemonchidae

Subfamilia: Haemonchinae

Género: *Haemonchus* sp.

Huevo: de forma elíptica con mórula en desarrollo.

Tamaño: 90.16 μm X 55.26 μm



● Mórula

● Cáscara lisa

Hospedero: *B taurus* sp. y *C. ircus* sp.

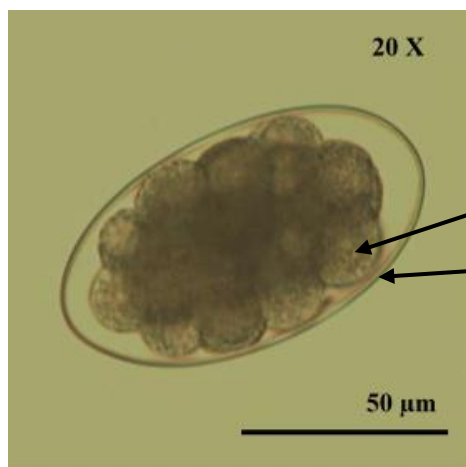
Familia: Mollineidae

Subfamilia: Nematodirinae

Género: *Nematodirus* sp.

Huevo: de forma ovoide con blastómeros completamente visibles que conforman la mórula.

Tamaño: 117.32 μm X 59.94 μm



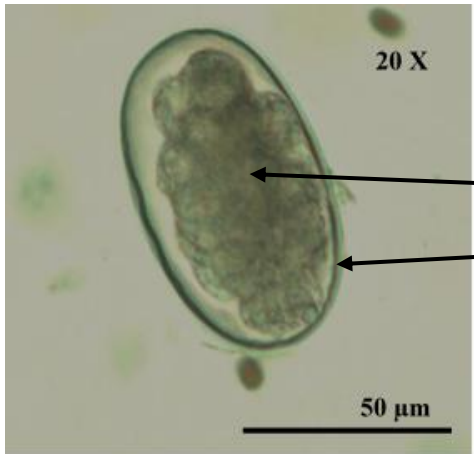
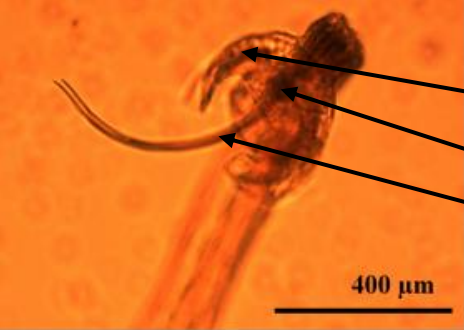
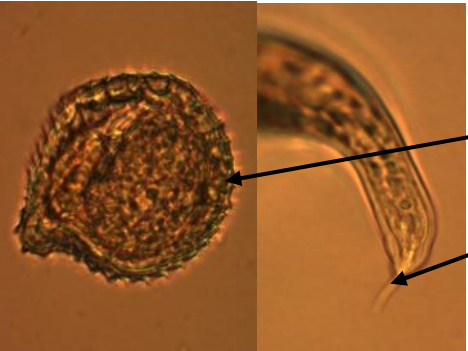
● Blastómero

● Cáscara lisa

Hospedero: *C. ircus*

Familia: Helligmonellidae

Subfamilia: Nippostrongylineae

Género: Sin definir		
<p>Huevo: de forma elíptica y presenta una mórula en desarrollo.</p> <p>Tamaño: 70.93 μm X 60.39 μm</p>		<ul style="list-style-type: none">• Mórula• Cáscara
<p>Macho adulto: presenta bursas simétricas con cono genital no hipertrofiado, presenta espículas simples con alas (longitud de 660 μm).</p>		<ul style="list-style-type: none">• Bursas• Cono genital• Espículas
<p>Hembra adulta: Sinlofe con 30 a 32 espinas de misma forma y tamaño. Mediciones anatómicas de esfínter 25 μm, vestíbulo 112 μm, vagina 25 μm, una longitud de 300 μm de la vulva a la punta de la cola. La cola termina con la presencia de una espina caudal.</p>		<ul style="list-style-type: none">• Espinas del sinlofe• Espina caudal
<p>Hospedero: <i>N. alstoni</i> y <i>P. difficilis</i></p>		

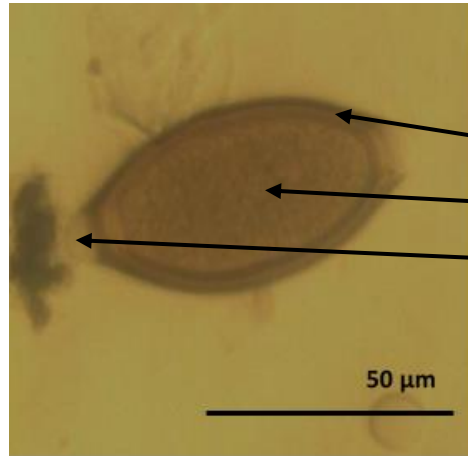
Familia: Trichuridae

Género: *Trichuris* sp.

***Trichuris* sp. (1)**

Huevo: de forma elíptica con dos tapones polares y presenta la mórula que posteriormente se convertirá n larva.

Tamaño: 87.22 μm X 45.44 μm



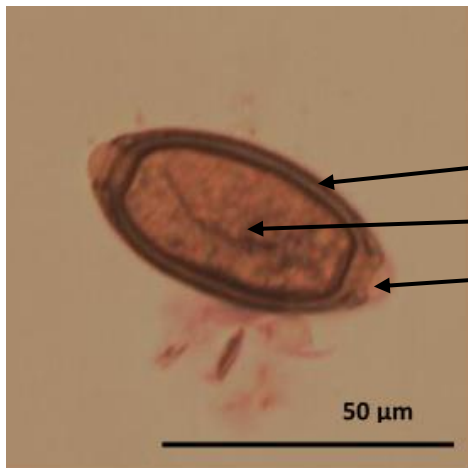
● Cáscara gruesa
● Mórula
● Tapón

Hospedero: *Ovies aries* y *Capra ircus*

***Trichuris* sp. (2)**

Huevo: de forma elíptica con dos tapones polares y presenta la mórula que posteriormente se convertirá n larva.

Tamaño: 57.81 μm X 26.87 μm



● Cáscara gruesa
● Mórula
● Tapón

Hospedero: *N. alstoni* y *P. difficilis*.

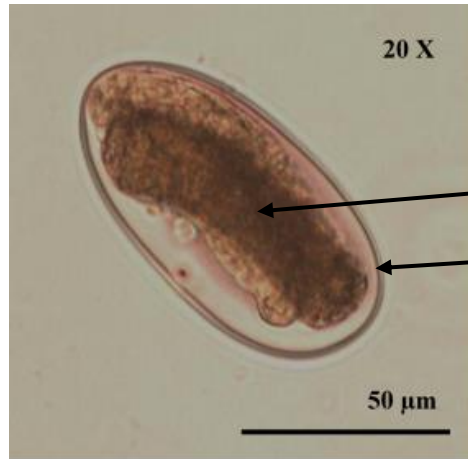
Familia: Trichostrongylidae

Subfamilia: Trichostrongylinae

Género: *Trichostrongylus sp.*

Huevo: de forma ovalada, un lado es más redondeado que el otro, con la presencia de una larva desarrollada y en algunos otros casos con mórula.

Tamaño: 87.22 μm X 45.44 μm



● Larva

● Cáscara lisa

Hospedero: *Ovies aries*, *Capra ircus* y *Sylvilagus sp.*

12. PUBLICACIONES



Diversidad parasitológica de helmintos en ganado doméstico, conejos y ratones que convergen en un área del volcán la Malinche

Javier Enmanuel Maldonado Hidalgo¹, Luisa Rodríguez-Martínez², Abel Edmundo Villa Mancera³ y Jorge Vázquez Pérez².

Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala¹; Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta, Universidad Autónoma de Tlaxcala²; Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla³.

Las parasitosis causadas por helmintos juegan un papel importante en los sistemas naturales y las prácticas de conservación de la fauna silvestre. Es por ello que el conocimiento de la riqueza de especies, distribución y factores que regulan su dinámica poblacional permite entender el papel de los parásitos en la dinámica de las poblaciones de la vida silvestre. Los sitios de forrajeo del ganado en áreas naturales podrían ser el escenario de transmisión de helmintos entre ambos grupos animales. En el Parque Nacional La Malinche la presencia de ganado en áreas naturales permite su interacción con otros herbívoros silvestres como conejos y ratones lo cual podría propiciar que el ganado y sus parásitos jueguen un papel de especies invasoras al transmitir sus parásitos a los animales silvestres. Por lo tanto, en este estudio se caracterizó la prevalencia y diversidad de la helmintofauna del ganado doméstico, conejos y ratones que convergen en un área del volcán la Malinche. El muestreo para la recolección de excretas (en ratones y conejos) y obtención de parásitos adultos (sólo en ratones) se realizó en dos sitios (con pastoreo y sin pastoreo). Los huevos de helmintos fueron localizados utilizando pruebas coproparasitológicas. Hasta el momento se han recolectado 223 muestras de ratones, 106 de conejos y 53 de ganado, donde se han encontrado 10 taxones en ganado, 5 en conejos y uno en ratones, además, se han colectado 4 taxones diferentes de parásitos adultos (gusanos) en ratones para su posterior identificación a nivel de especie. Los resultados de la prevalencia serán analizados y discutidos para determinar el papel de la presencia de ganado doméstico en el grado en que se comparten parásitos con animales silvestres.

Agradecimientos: Maestría en Ciencias Biológicas UATx; CA Ecología y Evolución UATLX-CA-227