



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO
DE MORELOS**

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN**

**INFECCIÓN DE PARÁSITOS HELMINTOS Y COCCIDIOS
INTESTINALES EN EL ZACATUCHE (*Romerolagus diazi*): EFECTOS
DE LA ESTACIONALIDAD CLIMÁTICA Y LA ABUNDANCIA DEL
HOSPEDERO**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE
LA BIODIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN**

PRESENTA:

ZURI SAMUEL VERA GARCÍA

DIRECTOR: DR. JOSÉ ANTONIO GUERRERO ENRÍQUEZ

CODIRECTOR: PH. D. FRANCISCO AGUSTÍN JIMÉNEZ



CUERNAVACA, MORELOS

DICIEMBRE, 2019

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) y al programa de Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación (MBIByC) del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC), por haberme permitido concluir este proceso de mi formación académica

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme brindado su apoyo por medio de la beca de posgrado durante los dos años que cursé mis estudios de maestría.

A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) por haber financiado parte del proyecto del cual se derivó mi trabajo de tesis.

A mi director de tesis, el Dr. José Antonio Guerrero Enríquez por haberme brindado su apoyo, su orientación y sobre todo su amistad a lo largo de todo este tiempo.

A mi codirector de tesis, el Ph. D. Francisco Agustín Jiménez, por haberme guiado y asesorado en el estudio de los parásitos aún en la distancia.

Al comité revisor de la tesis: Dra. Carolina Valdespino Quevedo, Dr. Juan Manuel Caspeta Mandujano, Dr. Francisco Xavier Gonzáles Cózatl y Dra. Areli Rizo Aguilar, por todas sus observaciones y comentarios que sirvieron para enriquecer este proyecto.

Al M. en C. Luis García Prieto, encargado de la Colección Nacional de Helminetos de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNHE-UNAM), por haberme permitido consultar y examinar algunos ejemplares de helmintos del zacatuche depositados en dicha colección.

A la Dra. Rosa Cerros Tlatilpa por haberme facilitado el equipo de laboratorio necesario para la realización de parte de mi proyecto y por su amistad, y a mi amiga Jimena Hernández por haberme apoyado en la utilización de dicho equipo y haber hecho esos momentos más amenos.

A mis amigos y compañeros Juan Manuel Uriostegui Velarde, Liliana Fuentes Vargas y Sergio Albino Miranda quienes han estado conmigo desde el inicio de mi formación académica y a quienes he llegado a considerar como unos hermanos, gracias por todo su apoyo.

A Mariana Isabel Solorio Damián, por haberme apoyado en la mayor parte de mi proyecto y por haber sido mi amiga, mi compañera y mi colega durante toda esta etapa, te estaré por siempre agradecido.

Finalmente, quiero agradecer a mis padres Atanasia García Jaimes y Samuel Vera Velázquez, y a mis hermanos Erick Uriel Vera García y Alan Jesús Vera García, por todo su apoyo y amor incondicional y por siempre haber creído en mí, los amo infinitamente.

CONTENIDO

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
<i>Romerolagus diazi</i>	9
Estudios poblacionales de <i>R. diazi</i>	10
Endoparásitos intestinales de <i>R. diazi</i>	11
Helmintos intestinales del zacatuche	12
<i>Cittotaenia</i> sp.	12
<i>Dermatoxys romerolagi</i> (Bravo-Hollis, 1950)	13
<i>Dermatoxys veligera</i> (Rudolphi, 1819).....	13
<i>Leporidotaenia romerolagi</i> (Kamiya, Susuki y Villa, 1979)	13
<i>Paraheligmonella romerolagi</i> (Gibbons y Kumar, 1980)	14
<i>Passalurus nonanulatus</i> (Skinker, 1931)	14
<i>Teporingonema cerropeladoensis</i> (Harris, 1985).....	14
<i>Trichostrongylus calcaratus</i> (Ransom, 1911).....	15
<i>Trichuris leporis</i> (Frölich, 1789).....	15
Coccidios intestinales del zacatuche.....	15
<i>Eimeria perforans</i> (Leuckart, 1879)	16
<i>Eimeria coecicola</i> (Cheissin, 1947)	16
JUSTIFICACIÓN	17
HIPÓTESIS.....	17
OBJETIVOS.....	18
ÁREA DE ESTUDIO.....	18
Características físicas.....	19
Tipos de fauna	20

Tipos de vegetación	20
MATERIALES Y MÉTODOS	21
Recolección de muestras	21
Determinación de la abundancia relativa del zacatuche	22
Preparación de las muestras y búsqueda e identificación de parásitos	22
Análisis de los datos	24
Prevalencia de parásitos	24
Relación entre la prevalencia del parásito y la abundancia del hospedero	25
Relación entre la prevalencia del parásito y la estacionalidad.....	25
RESULTADOS	25
Recolección de muestras	25
Determinación de la abundancia relativa del zacatuche	26
Búsqueda e identificación de parásitos (huevos de helmintos y ooquistes de coccidios)	28
Prevalencia de parásitos	31
Relación entre la prevalencia del parásito y la abundancia del hospedero	34
Relación entre la prevalencia del parásito y la estacionalidad.....	37
DISCUSIÓN	37
Prevalencia de parásitos	39
Relación entre la prevalencia del parásito y la abundancia del hospedero	41
Relación entre la prevalencia del parásito y la estacionalidad.....	45
CONCLUSIÓN	48
LITERATURA CITADA	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro de la Sierra del Chichinautzin.....	19
Figura 2. Distribución de los 25 sitios de muestreo ubicados en la Sierra del Chichinautzin.....	26
Figura 3. Gráfica comparativa de las abundancias relativas de letrinas del zacatuche en los 25 sitios durante dos temporadas (lluvias y secas)..	28
Figura 4. Huevos de <i>Cittotaenia</i> sp. (a y b) y lo que parecieran ser cuatro tipos de huevos de helmintos reportados como Morfo 1 (c) y Morfo 2 (d), Morfo 3 (e) y Morfo 4 (f).....	29
Figura 5. Coccidios pertenecientes a <i>E. perforans</i> . Se observa un organismo esporulado en dos enfoques diferentes (a y b) y dos organismos sin esporular (d y c).....	30
Figura 6. Huevos de helmintos observados en la CNHE-IBUNAM. Se distinguen las especies <i>Trichostrongylus calcaratus</i> (a) y <i>Trichuris leporis</i> (b)....	31
Figura 7. Prevalencia de parásitos en general para toda el área de estudio durante la temporada de lluvias y la temporada de secas.....	34
Figura 8. IAR del zacatuche contra las prevalencias de <i>E. perforans</i> . y <i>Cittotaenia</i> sp. para cada una de las temporadas: a) <i>E. perforans</i> en lluvias, b) <i>Cittotaenia</i> sp en lluvias, c) <i>E. perforans</i> en secas y d) <i>Cittotaenia</i> sp. en secas.	36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Índice de abundancia relativa (IAR) del zacatuche en cada uno de los sitios muestreados correspondiente a la temporada de lluvias y de secas.	27
Tabla 2. Prevalencias de los parásitos intestinales encontrados en las muestras correspondientes a la temporada de lluvias.	32
Tabla 3. Prevalencias de los parásitos intestinales encontrados en las muestras correspondientes a la temporada de secas.	33
Tabla 4. Resultados obtenidos con el análisis de regresión Poisson. Se observan los grados de libertad (G. L.), el estadístico Wald y la probabilidad (P) obtenidas para cada parásito analizado durante cada temporada (lluvias y secas).	35

RESUMEN

El estudio de los parásitos en los organismos es de gran relevancia en la conservación biológica, ya que de ello depende gran parte del estado en que se encuentran las poblaciones de las especies que fungen como hospederos. Los parásitos son organismos que suelen afectar al hospedero, disminuyendo su estado de salud, lo cual puede provocar un desequilibrio en sus poblaciones. Los objetivos de este trabajo fueron identificar las especies de parásitos intestinales del zacatuche y estimar la prevalencia de dichos parásitos en la Sierra del Chichinautzin. Se recolectaron un total de 250 muestras fecales en 25 sitios durante dos temporadas, lluvias (junio–septiembre 2012) y secas (enero–abril 2013) y se determinó la abundancia relativa del zacatuche por medio del conteo de letrinas en cada sitio. Se identificaron parásitos intestinales de dos diferentes grupos, coccidios y helmintos. El análisis de prevalencia mostró que el parásito que infectó en mayor proporción al zacatuche fue el coccidio *Eimeria perforans* con una prevalencia de 47.2% para la temporada de lluvias y 35.2% para la temporada de secas, mientras que el helminto *Cittotaenia* sp. presentó una prevalencia de 36.8% para la temporada de lluvias y 26.4% para la temporada de secas. Por medio del modelo de Poisson, se observó que *Cittotaenia* sp. presentó una relación positiva con la abundancia relativa del zacatuche para las dos temporadas examinadas, mientras que *E. perforans* no presentó dicha relación. Con la prueba de U Mann-Whitney se determinó que ambas especies de parásitos no presentaron diferencias estacionales en sus prevalencias.

Palabras clave: coccidios, helmintos, prevalencia, abundancia relativa.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los parásitos y las enfermedades infecciosas en los organismos ha tomado gran relevancia en el tema de la conservación biológica, ya que de ello depende gran parte del estado de conservación en que se encuentran las poblaciones de las diferentes especies silvestres que fungen como hospederos (Altizer et al., 2007). Los parásitos son un grupo de organismos que suelen en la mayoría de los casos afectar al hospedero, disminuyendo su estado de salud e incluso alterando su conducta. Se ha observado que, en organismos que presentan un alto grado de parasitosis, disminuye su éxito reproductivo, se vuelven menos competitivos frente a otros individuos o se convierten en presas más vulnerables ante sus depredadores (Hart, 1990; Scott, 1988). Por tal motivo, las infecciones por parásitos pueden provocar efectos negativos sobre las poblaciones de especies que se encuentran amenazadas, a tal grado de llevarlas a la extinción (Smith et al., 2009).

Algunos trabajos han sugerido que las infecciones por parásitos disminuyen al reducirse las poblaciones del hospedero, por lo que las especies de hospederos que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, que tienen poblaciones pequeñas y áreas de distribución geográficas reducidas, presentarán un menor índice de parásitos (Anderson y May, 1979; Lyles y Dobson, 1993). Sin embargo, existen muchos parásitos generalistas, que al parasitar a diversas especies, afectan a aquellas que se encuentran en riesgo, causando grandes descensos en las poblaciones del hospedero (Holt et al., 2003). Por otra parte, se ha observado que debido a la pérdida del hábitat a causa de factores como el cambio de uso de

suelo, las poblaciones de muchas especies de animales tienden a concentrarse en áreas restringidas, lo que las hace más propensas al intercambio de parásitos entre sus individuos, volviéndose una amenaza para las especies de hospederos cuyas poblaciones son muy bajas (Holmes, 1996).

Los parásitos son un grupo de organismos muy diversos, que se pueden categorizar en dos grupos en función de su tamaño, microparásitos (virus, bacterias y protozoarios) y macroparásitos (helmintos y artrópodos). Los microparásitos pueden multiplicarse directamente dentro de sus hospederos; en cambio, los macroparásitos presentan ciclos de vida mucho más complejos (Anderson, 2009). Los ciclos de vida de los macroparásitos pueden ser de dos tipos, directos (monoxenos) o indirectos (heteroxenos), en donde los parásitos de ciclo de vida directo son aquellos que no necesitan la presencia de un hospedero intermediario, ya que pueden llevar a cabo todo su desarrollo dentro de un sólo hospedero. Los parásitos de ciclos de vida indirectos necesitan un hospedero intermediario para poder completar su ciclo de vida (Saredi, 2002).

En la naturaleza, la presencia de muchas especies de parásitos depende de diversos factores, como el clima, la temperatura, la humedad, el tipo de suelo, el grado de oxigenación y la intensidad de la luz, cruciales para la supervivencia de huevos, larvas, ooquistes y quistes. Estos se ven beneficiados principalmente por temperaturas moderadas y altos niveles de humedad (Dybing et al., 2013). Sin embargo, uno de los aspectos más importantes para la presencia de muchos parásitos de ciclos de vida indirectos, es la presencia de hospederos intermediarios, ya que la abundancia de los hospederos intermediarios determina

en gran parte el grado de infección en los hospederos definitivos (Stunkard, 1934; Stunkard, 1939; Jacobson et al. 1978; Alzaga et al., 2009)

Dentro de las especies de mamíferos, los lagomorfos ha sido uno de los grupos en los que más estudios se han realizado sobre sus parásitos, debido a la importancia económica que representan en la cunicultura (Szkucik et al., 2014). Las especies de lagomorfos que más han sido estudiadas son *Oryctolagus cuniculus*, *Sylvilagus floridanus* y *S. cunicularius*, en las que se han reportado como sus principales parásitos intestinales a especies de helmintos pertenecientes al género *Cittotaenia* (*C. pectinata*, *C. ctenoides*, *C. denticulatta* y *C. variabilis*) y a las especies de coccidios, *Eimeria perforans*, *E. coecicola* y *E. intestinalis* (Erickson, 1947; Levine e Ivens, 1972; Jacobson et al., 1978; Foronda et al., 2005; Oncel et al., 2010; Razavi et al., 2011; Duszynski y Couch, 2013)

Romerolagus diazi

R. diazi, conocido comúnmente como zacatuche, teporingo o conejo de los volcanes, es una especie de lagomorfo que se ha enfrentado a una gran problemática en torno a su conservación, ya que durante mucho tiempo ha sido amenazado por diversos factores, principalmente por actividades antropogénicas como la cacería furtiva, los incendios forestales y la fragmentación de su hábitat (Cervantes y González, 1996; Uriostegui-Velarde et al., 2018).

El zacatuche es una especie endémica del Eje Neovolcánico Transversal (ENT), de distribución restringida y especialista de hábitats caracterizados por la presencia de pastizales subalpinos amacollados asociados a bosque de pino-aile y

a algunas comunidades de bosque de oyamel, en altitudes que van de los 2,800 a 4,250 msnm, lo que lo convierte en una especie más vulnerable a diversos factores de riesgo (Arana y Ayala, 2002; Cervantes et al., 1990; Hoth y Granados, 1987). Actualmente esta especie está considerada en peligro de extinción en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

Estudios poblacionales de *R. diazi*

Parte de los esfuerzos realizados para la conservación del zacatuche se han enfocado en generar información sobre el estado de sus poblaciones. Para esto, se han realizado algunos estudios sobre las abundancias y densidades de *R. diazi* en su área de distribución.

Velázquez (1994) realizó un estudio del tamaño poblacional del zacatuche en el volcán Pelado, por medio del conteo de excretas y registros visuales de los conejos. En este trabajo, estimó una población promedio de 6,488 zacatuches para el área de estudio, con densidades de 0.5 conejos/ha a 1.22 conejos/ha. Mientras que en 1996, se estimó la abundancia relativa del zacatuche por medio del conteo de letrinas en la misma zona, en donde se reportó 0.1 a 1.2 letrinas/m² (Velázquez, 1996).

Rangel-Cordero (1996) reportó un promedio de 0.25 letrinas/m² para el Iztaccihuatl. Mientras que Ponce-Garcia et al. (2011), usando el método de conteo de excretas, obtuvieron densidades del zacatuche que fueron desde 0.83 conejos/ha hasta 1.69 conejos/ha dentro del Parque Nacional Izta-Popo, siendo más altas las densidades en los sitios con asociación pino-zacatonal.

Guerrero y Rizo-Aguilar (2006) realizaron un estudio dentro del Corredor Biológico Chichinautzin (COBIOCH), en donde reportaron abundancias relativas de hasta 0.12 letrinas/m². En años posteriores, Rizo-Aguilar et al. (2014) determinaron la relación entre la abundancia del zacatuche por medio del número de letrinas y la estructura de la vegetación en la Sierra del Chichinautzin, en donde encontraron abundancias de hasta 300 letrinas en cuadrantes de 0.25 hectáreas, siendo los sitios con mayor abundancia, aquellos que presentaban una mayor cobertura de pastos con presencia de pastos más altos.

En otro estudio realizado sobre las densidades del zacatuche dentro del COBIOCH, se reportó una densidad de 4.2 conejos/ha. Sin embargo, la densidad para este estudio se estimó por medio de avistamientos de los individuos en recorridos de transectos y no por el conteo de excretas (Rizo-Aguilar et al., 2016).

En 2017, como parte de un proyecto de tesis de maestría, se estimó la densidad del zacatuche con datos obtenidos dentro de la Fracción I del COBIOCH durante los años del 2011 al 2016. Los resultados mostraron la densidad más alta en el año 2011 con 1.5 individuos/hectárea, la cual fue en decremento, presentando una densidad de 0.7 individuos/hectárea como la más alta para el año 2017 (Brito, 2017).

Endoparásitos intestinales de *R. diazi*

Se sabe muy poco sobre la relación parásito-hospedero entre el zacatuche y las especies de parásitos que lo infectan, la información existente se limita solo a descripciones taxonómicas de las especies de parásitos encontradas en este

conejo, y se obtuvo gracias a los estudios realizados por Bravo (1950), Durrell y Mallinson (1968), Kamiya et al. (1979), Gibbons y Kumar (1980), De Poorter y Van der Loo (1981) y Harris (1985), quienes lograron identificar algunas especies de helmintos y coccidios como los principales endoparásitos intestinales de *R. diazi*. Por lo tanto, resulta de gran importancia obtener información reciente de la dinámica parásito-hospedero en las poblaciones del zacatuche, las cuales se encuentran cada vez más concentradas a causa de la fragmentación de sus hábitats, pudiendo ser una causa de mayor riesgo de infecciones entre individuos.

Helmintos intestinales del zacatuche

Los helmintos son organismos muy abundantes en la naturaleza los cuales se encuentran representados por cuatro *phyla* (Platyhelminthes, Acanthocephala, Nematoda y Annelida). Son organismos metazoarios, macroparásitos que presentan un aspecto vermiforme (Pérez-Ponce de León y García-Prieto, 2001). Entre las especies de helmintos intestinales identificadas en el zacatuche se encuentran: *Cittotaenia* sp., *Dermatoxys romerolagi*, *D. veligera*, *Leporidotaenia romerolagi*, *Paraheligmonella romerolagi*, *Passalurus nonanulatus*, *Teporingonema cerropeladoensis*, *Trichostrongylus calcaratus* y *Trichuris leporis* (García-Prieto et al., 2012).

***Cittotaenia* sp.**

Es un género de parásitos pertenecientes al Orden Cestoda. Estos parásitos son gusanos que se encuentran segmentados en proglotides y en cada uno de ellos se presentan un conjunto de glándulas femeninas. Los poros genitales son

unilaterales y siempre se encuentran al lado derecho del estróbilo. Los testículos se distribuyen a lo largo de la proglotide, y el ovario está localizado en la línea media (Lyman, 1902).

***Dermatoxys romerolagi* (Bravo-Hollis, 1950)**

Una de las principales características de esta especie, es la presencia de papilas bucales y alas cervicales. Los machos miden entre 9.29 a 10.39 mm de largo por 0.42 a 0.48 mm de ancho. Las hembras son de mayor tamaño con una longitud de 17.48 a 17.87 mm de largo por 0.63 a 0.81 mm de ancho. Sus huevos presentan una cascara gruesa y miden de 0.135 a 0.148 mm de largo por 0.07 de ancho (Bravo-Hollis, 1950).

***Dermatoxys veligera* (Rudolphi, 1819)**

Esta especie de parásito presenta el cuerpo recto, el cual termina en gancho en los machos. Los machos de este parásito miden entre 9.38 y 9.59 mm de largo por 0.363 a 0.372 mm de ancho. Las hembras tienen una longitud de 15.75 a 16.47 mm y un ancho de 0.584 a 0.619 mm. Los huevos presentan cascara gruesa y tienen un largo de 0.123 de largo por 0.061 mm de ancho.

***Leporidotaenia romerolagi* (Kamiya, Susuki y Villa, 1979)**

Esta especie se caracteriza por presentar un tegumento espinoso, un atrio genital sobresaliente, un saco muscular del cirro, así como por la presencia de un musculo retractor asociado al saco del cirro. El saco vaginal se encuentra en la

parte posterior en relación con el orificio del macho. Este parásito presenta ocurrencia solo en hospederos de la familia leporidae (Haukisalmi, 2009).

***Paraheligionella romerolagi* (Gibbons y Kumar, 1980)**

En esta especie los machos poseen una bursa en forma de campana y un cono genital largo y bulboso. Tanto el macho como la hembra poseen un synlophe en la mitad del cuerpo compuesto por 14 crestas, de las cuales 2 son laterales, 5 dorsales y 7 ventrales. Las crestas laterales se encuentran hipertrofiadas mientras que las crestas dorsales y ventrales se encuentran reducidas (Digiani et al., 2008).

***Passalurus nonanulatus* (Skinker, 1931)**

Este es un parásito que se encuentra en el tubo digestivo de lagomorfos. Los machos miden entre 4.3 y 4.9 mm de largo por 0.23 a 0.28 mm de ancho; mientras que las hembras miden entre 8.3 y 8.4 mm de largo por 0.4 a 0.5 mm de ancho, siendo mucho más grandes que los machos. Los huevos de este parásito miden entre 0.115 a 0.123 mm de largo por 0.049 a 0.063 mm de ancho (Bravo-Hollis, 1950).

***Teporingonema cerropeladoensis* (Harris, 1985)**

Esta especie de parásito presenta un cuerpo elongado y delgado. El synlophe se compone de 48 a 50 crestas longitudinales, todas de igual tamaño. En los machos las crestas se extienden desde la parte media del esófago hasta la bursa y en las hembras hasta la parte posterior del ano. Las crestas son frecuentemente discontinuas. La cabeza esta truncada con un grueso borde muscular. Entre este

borde, en la porción anterior de la cavidad bucal, se encuentra un anillo con un conjunto de 52 largos dientes. Las raíces de los dientes aparentemente son bífidas. La abertura de la boca es hexagonal y está compuesta por seis estructuras papilares idénticas. Cada una de estas estructuras aparentemente corresponde a un engrosamiento longitudinal del borde cefálico (Harris, 1985).

***Trichostrongylus calcaratus* (Ransom, 1911)**

Esta especie de helminto se encuentra en el intestino delgado de lagomorfos. El macho presenta un tamaño de 4.5 mm de largo y se caracteriza por la presencia de una bursa copuladora en el extremo posterior, mientras que la hembra es de mayor tamaño con 5.8 a 7 mm de largo. Los huevos tienen una medida de 60 a 70 micras de largo por 30 a 36 micras de ancho (Quiroz, 2005).

***Trichuris leporis* (Frölich, 1789)**

Esta es una especie que se encuentra en el ciego y el intestino grueso de conejos y en algunas especies de roedores. El macho mide entre 19 y 22 mm de largo, la bolsa de la espícula presenta un abultamiento en la parte posterior y se encuentra cubierta por pequeñas espinas en la parte más distal. La hembra mide entre 17 y 20 mm de largo y los huevos tienen un tamaño de 25 por 29 micras (Quiroz, 2005)

Coccidios intestinales del zacatuche

Los coccidios son un grupo complejo y muy diverso de protozoos. En general, estos parásitos invaden el tracto intestinal de muchos organismos, sin embargo, también se pueden encontrar en otros órganos, como el hígado y el riñón. En los

conejos, las infecciones por coccidios (Coccidiosis; Cole y Friend, 1999), particularmente por especies del género *Eimeria*, llegan a causar una mortalidad significativa, afectando principalmente a los organismos juveniles, aunque también se puede infectar individuos adultos los cuales se pueden convertir en portadores de la enfermedad y en fuentes de infección para otros individuos (Oncel et al., 2011). Las especies de coccidios intestinales del zacatuche que se encuentran reportadas en la literatura son *E. perforans* y *E. coecicola* (Durrell y Mallinson, 1968; De Poorter y Van der Loo, 1981).

***Eimeria perforans* (Leuckart, 1879)**

El ooquiste es transparente y con una forma ovoide o elipsoide. El tamaño va de 13 a 18 micras de largo por 8 a 12 micras de ancho. La pared es delgada y está compuesta por una membrana externa muy fina y una interna de mayor grosor, con un micrópilo ubicado en un extremo. Cada ooquiste posee en su interior cuatro esporoquistes (Al-Quraishy, 2012)

***Eimeria coecicola* (Cheissin, 1947)**

Los ooquistes de *E. coecicola* presentan una forma ovalada con un tamaño que va de 30 a 33 micras de largo por 22 a 28 micras de ancho. Poseen una pared de color amarillo o marrón en la cual se encuentra situado un micrópilo y en el interior presentan unos esporoquistes de forma ovalada, los cuales miden entre 15 a 19 micras de largo por 7 a 8 micras de ancho (Pakandl, 1989).

JUSTIFICACIÓN

En los últimos años se ha generado información sobre el estado de conservación en que se encuentran las poblaciones del zacatuche en la Sierra del Chichinautzin (Zambrano-Salgado, 2009; Rizo-Aguilar et al., 2014; Rizo-Aguilar et al., 2016; Brito-González, 2017). También se ha estudiado la relación que tienen con sus principales depredadores (Uriostegui-Velarde et al., 2015). Sin embargo, se sabe poco sobre la relación parásito-hospedero entre el zacatuche y sus parásitos intestinales. Por tal motivo, este trabajo tiene como propósito complementar la información ya generada con la finalidad de tener más bases para implementar mejores estrategias para su conservación al saber más sobre parte de la dinámica parásito-hospedero en las poblaciones de *R. diazi* en la Sierra del Chichinautzin.

HIPÓTESIS

Se ha observado que poblaciones de animales que se encuentran concentradas en determinadas áreas a causa de la reducción y fragmentación de sus hábitats, presentan una mayor infección de parásitos debido a una mayor interacción entre sus individuos (Holmes, 1996). También se tiene reportado, que altos índices de humedad benefician el desarrollo de muchas especies de parásitos gastrointestinales (Dybing et al., 2013). Por tal motivo, se espera que para este estudio, en las zonas donde las poblaciones concentradas del zacatuche sean más abundantes, se presente un mayor índice de prevalencia de parásitos. Además, se espera que estas prevalencias sean más altas durante la temporada de lluvias.

OBJETIVOS

- Estimar la abundancia relativa de diferentes poblaciones del zacatuche en la Sierra del Chichinautzin.
- Identificar las especies de parásitos intestinales (helminetos y coccidios) del zacatuche, por medio de un análisis coproparasitoscópico.
- Estimar la prevalencia de parásitos helmintos y coccidios encontrados en excretas de *R. diazi* colectadas en la Sierra del Chichinautzin.
- Determinar la relación entre la prevalencia de los parásitos y la abundancia relativa de las poblaciones del zacatuche, así como la existencia de variación estacional durante dos temporadas (lluvias y secas).

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la Sierra del Chichinautzin entre la zona sur de la Ciudad de México y la zona norte del estado de Morelos (Figura 1), en donde se tienen registros de poblaciones de *R. diazi* (Guerrero y Rizo-Aguilar, 2006).

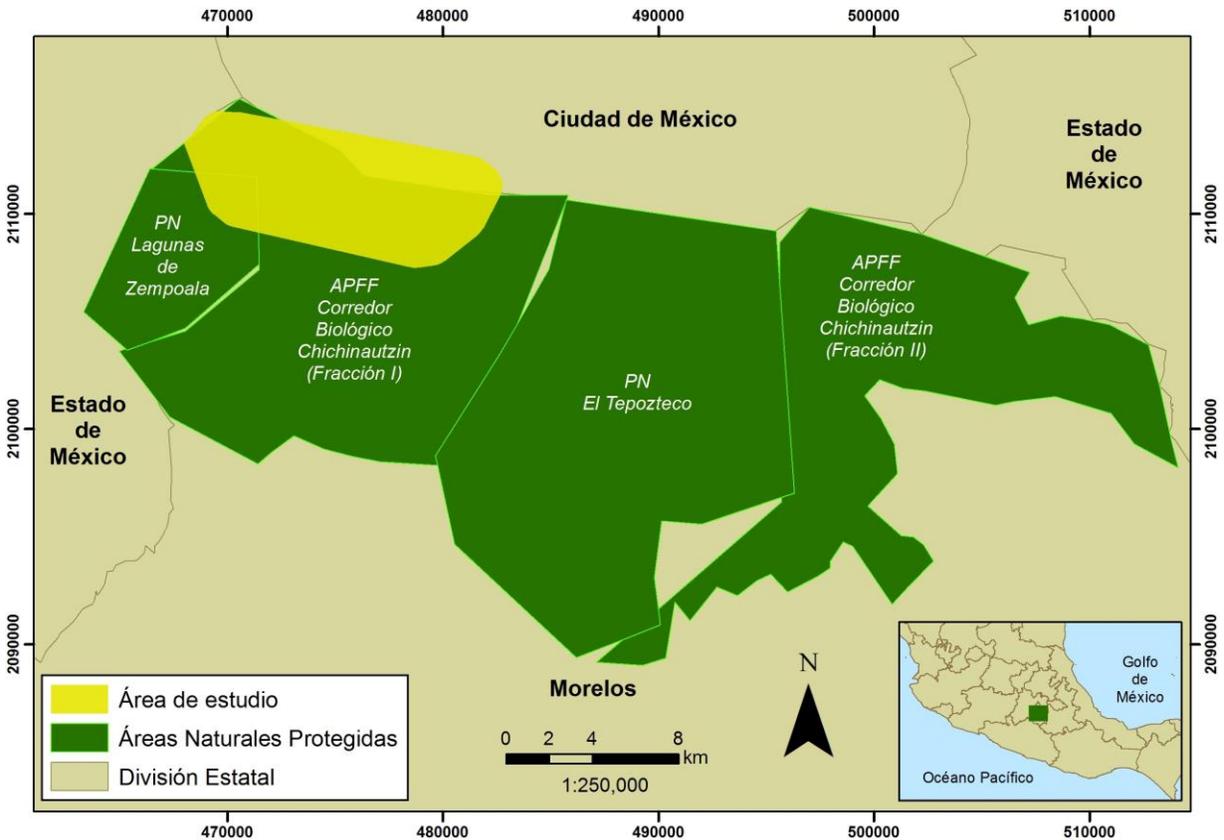


Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro de la Sierra del Chichinautzin.

Características físicas

El clima predominante en la Sierra del Chichinautzin es Semifrío C(w2)(w)(b') con una temperatura media anual que va de entre 5 y 12 °C, presentando una marcada temporada húmeda con precipitaciones medias anuales de 1,200 mm, que inician a mediados de mayo y terminan en la primera quincena de octubre; y una temporada seca el resto del año. La zona se encuentra a una altura que va de los 2,900 a los 3,200 msnm y forma parte del ENT, en donde convergen biotas de

origen neártico y neotropical, por lo que en esta zona se pueden encontrar un gran número de endemismos (Contreras-MacBeth y Urbina, 1995; Contreras-MacBeath et al., 2004).

Tipos de fauna

En la zona se distribuyen diversas especies de peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos, de las cuales muchas son endémicas o se encuentran bajo algún estado de riesgo, un ejemplo es la víbora de cascabel (*Crotalus transversus*), la cual es endémica del ENT, también se pueden encontrar algunas especies de aves como el gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*), la codorniz montezuma (*Cyrtonyx montezumae*), el chupaflor violeta (*Atthis heloisa*) y el halcón fajado (*Falco femoralis*), los cuales están con la categoría de riesgo de amenazados (NOM-059-SEMARNAT-2010). Entre los mamíferos destacables, por su distribución restringida, se encuentran el ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*), endémico del ENT, la musaraña (*Sorex oreopolus*), y el zacatuche (*R. diazi*), el cual además de ser endémico, se encuentra en peligro de extinción (Contreras- MacBeath et al., 2004).

Tipos de vegetación

En esta región se presentan diferentes tipos de vegetación. El bosque de pino se encuentra a una altura que va de los 2,800 a los 3,400 msnm, representado por especies como *Pinus montezumae*, *P. leiophylla*, *P. teocote*, *P. pseudostrobus* y *P. patula*. El bosque de oyamel se ubica entre los 2,500 msnm y los 3,200 msnm, representado por *Abies religiosa*. El bosque de encino se distribuye entre los 2,500

msnm y los 2,800 msnm, con especies como *Quercus rugosa* y *Q. laurina*, *Q. centralis*, *Q. crassipes*, *Q. lanceolata*, *Q. obtusa* y *Q. robusta*. También se encuentran grandes áreas de pastizales del tipo subalpino, representados por gramíneas, principalmente del género *Muhlenbergia* (Bonilla-Barbosa y Viana, 1997; Silva et al., 1999; Contreras- MacBeath et al., 2004.)

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras

Debido al estado de protección en el que se encuentra el zacatuche, no fue posible llevar a cabo un análisis directo de estómagos e intestinos para la identificación de los parásitos intestinales, por lo que se realizó por medio del análisis de excretas del zacatuche.

Se recolectaron excretas frescas en 25 diferentes sitios, ya que gracias a trabajos previos se tienen ubicados más de 100 sitios considerados como hábitats disponibles del zacatuche debido a las características que presentan. Cabe mencionar que en muchos de estos sitios se tienen registros de excretas de zacatuche de los cuales la abundancia relativa varía de 0.0004 letrinas/m² a 0.12 letrinas/m² (Guerrero y Rizo-Aguilar, 2006; Zambrano-Salgado, 2009). En cada sitio se recolectaron 5 muestras o grupos de excretas frescas, considerando como una muestra al conjunto de excretas frescas que tuvieran el mismo tamaño y tonalidad, ya que las excretas entre individuos no son completamente uniformes

(Aranda, 2012), además de que cada muestra se colectó a una distancia mínima de 20 metros, procurando que correspondieran a diferentes individuos. Los muestreos se llevaron a cabo durante dos temporadas, la temporada de lluvias (junio–septiembre del 2012) y la temporada de secas (enero–abril del 2013).

Determinación de la abundancia relativa del zacatuche

En cada uno de los 25 sitios de muestreo se llevó a cabo el conteo de letrinas en un cuadrante de 25 x 25 m, tomando en cuenta que se considera una letrina al conjunto de más de 30 excretas. Esto se hizo con la finalidad de determinar el índice de abundancia relativa (IAR) del zacatuche en los diferentes sitios de muestreo. El IAR se estimó para cada sitio dividiendo el total de letrinas entre el área muestreada (letrinas/m²). El método de conteo de letrinas ha sido utilizado en trabajos anteriores y es un buen estimador de la abundancia relativa del zacatuche, ya que nos brinda información comparable sobre las diferencias en las abundancias de los conejos representadas por la cantidad de letrinas en los diferentes sitios (Velázquez, 1994; Rizo-Aguilar et al., 2015). Para determinar si hubo diferencias en las abundancias relativas del zacatuche durante las dos temporadas examinadas (lluvias y secas), se llevó a cabo una prueba de U Mann-Whitney con los IAR del zacatuche obtenidas en los diferentes sitios muestreados.

Preparación de las muestras y búsqueda e identificación de parásitos

Una vez colectadas las muestras, fueron llevadas al laboratorio en donde se procesaron para la búsqueda e identificación de los parásitos intestinales (huevos de helmintos y ooquistes de coccidios) presentes en las excretas.

Para la preparación de las muestras se utilizó el método de flotación de Sheather en el cual se usa una solución de azúcar saturada (solución de Sheather). Este método tiene como finalidad la concentración de los huevos de parásitos y los ooquistes de coccidios debido a su menor densidad con respecto al medio (Dennis et al., 1954).

La solución de Sheather se preparó diluyendo 454 gr de azúcar por cada 355 ml de agua destilada, la dilución se realizó a calor constante evitando que la preparación llegara al punto de ebullición con la finalidad de evitar la formación de burbujas. Posteriormente la solución se dejó enfriar y se guardó en un recipiente manteniéndose bien sellado.

Cada una de las muestras colectadas (grupos de excretas) fue disuelta en agua destilada utilizando vasos de precipitado y abatelenguas, y posteriormente filtrada con la ayuda de un embudo y usando tela de filtro, para colocar una porción de la excreta diluida en el tubo de ensayo, evitando que se filtraran otros tipos de residuos como materia vegetal o de otro tipo.

El resto del tubo fue llenado hasta el tope con la solución de Sheather de manera que quedara una especie de botón en la boca del tubo, en donde se colocó un cubreobjetos para posteriormente ser centrifugado con la finalidad de que los huevos de helmintos y los coccidios quedarán suspendidos en la solución y se adhirieran al cubreobjetos colocado en la parte superior del tubo.

Una vez centrifugada la muestra, el cubreobjetos fue retirado del tubo y colocado sobre un portaobjetos para llevar a cabo el análisis microscópico. La identificación

de los parásitos presentes se llevó a cabo por medio de la utilización de claves taxonómicas, además de que se realizaron observaciones en microscopio de hembras grávidas de helmintos adultos depositados en la Colección Nacional de Helmintos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (CNHE-IBUNAM). La identificación se realizó nivel de especie o de género de acuerdo con la dificultad para identificar algunos de los organismos por medio de la presencia de huevos.

Análisis de los datos

Con los datos obtenidos de las observaciones de organismos parasitarios en las muestras revisadas y del IAR del zacatuche en el área de muestreo, se realizaron los siguientes análisis.

Prevalencia de parásitos

Porcentaje de hospederos infectados por una especie particular de parásito (Margolis et al., 1982), se expresa por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Prevalencia} = \left(\frac{\text{Número de hospederos o muestras infectadas por un parásito en particular}}{\text{Número total de hospederos o muestras examinadas}} \right) \times 100$$

Este análisis se realizó para cada uno de los sitios muestreados así como para el total de las muestras colectadas en el área de estudio durante cada temporada (lluvias y secas).

Relación entre la prevalencia del parásito y la abundancia del hospedero

Las diferencias de la prevalencia de los parásitos (coccidios y helmintos) entre las temporadas climáticas del año (lluvias y secas) y los IAR de los zacatuches, fueron evaluados por modelos de regresión logística, de Poisson o Binomial, los cuales se seleccionaron de acuerdo a la distribución que presentaron los datos. En este análisis la proporción de los huéspedes infectados (prevalencia) fue la variable dependiente, y el IAR de los zacatuches el factor explicativo (Verbeke y Molenberghs, 1997).

Relación entre la prevalencia del parásito y la estacionalidad

Para determinar si hubo variación estacional entre las prevalencias de los parásitos durante las dos temporadas analizadas (lluvias y secas), se utilizó una prueba de U Mann-Whitney con las prevalencias obtenidas para *Cittotaenia* sp. y *E. perforans*.

RESULTADOS

Recolección de muestras

Durante el periodo correspondiente a este estudio, se lograron coleccionar un total de 250 muestras en 25 sitios donde se encontró la presencia de poblaciones de zacatuche (Figura 2), 125 muestras corresponden a la temporada de lluvias y 125 a la temporada de secas.

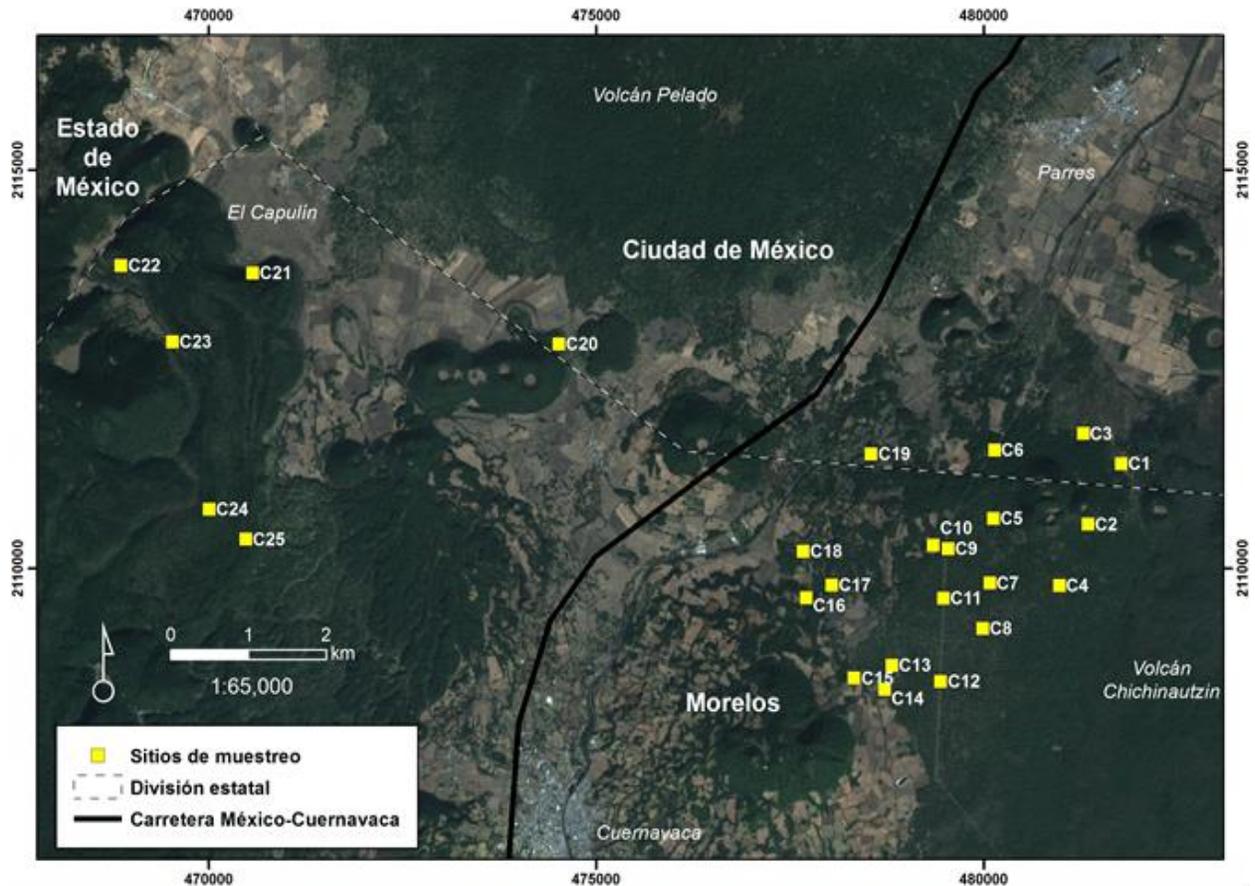


Figura 2. Distribución de los 25 sitios de muestreo ubicados en la Sierra del Chichinautzin.

Determinación de la abundancia relativa del zacatuche

En estos mismos sitios en donde se colectaron las muestras, se calcularon las abundancias relativas del zacatuche correspondientes a cada una de las temporadas (Tabla 1, Figura 3). La prueba de U Mann-Whitney mostró que no hubo diferencias significativas en los IAR del zacatuche entre la temporada de lluvias y secas ($U=269$, $P=0.4$).

Tabla 1. Índice de abundancia relativa (IAR) del zacatuche en cada uno de los sitios muestreados correspondiente a la temporada de lluvias y de secas.

Sitio	Lluvias		Secas	
	No de letrinas	IAR (letrinas/m ²)	No de letrinas	IAR (letrinas/m ²)
C1	36	1.44	8	0.32
C2	4	0.16	7	0.28
C3	8	0.32	4	0.16
C4	37	1.48	16	0.64
C5	1	0.04	5	0.2
C6	13	0.52	10	0.4
C7	19	0.76	16	0.64
C8	53	2.12	44	1.76
C9	31	1.24	37	1.48
C10	7	0.28	2	0.08
C11	17	0.68	14	0.56
C12	32	1.28	25	1
C13	63	2.52	74	2.96
C14	45	1.8	42	1.68
C15	28	1.12	11	0.44
C16	38	1.52	25	1
C17	2	0.08	3	0.12
C18	3	0.12	5	0.2
C19	16	0.64	15	0.6
C20	16	0.64	21	0.84
C21	6	0.24	2	0.08
C22	54	2.16	57	2.28
C23	1	0.04	3	0.12
C24	18	0.72	12	0.48
C25	8	0.32	3	0.12

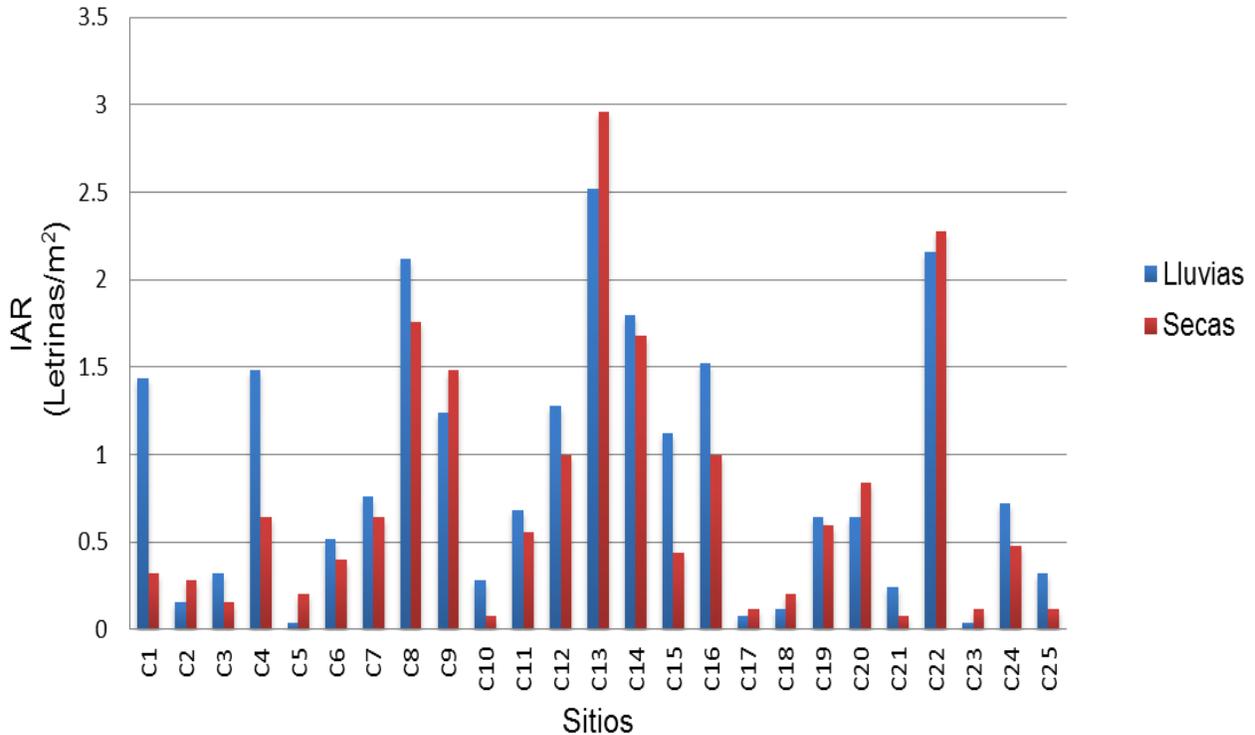


Figura 3. Gráfica comparativa de las abundancias relativas de letrinas del zacatuche en los 25 sitios durante dos temporadas (lluvias y secas).

Búsqueda e identificación de parásitos (huevos de helmintos y ooquistes de coccidios)

En las muestras colectadas se encontraron huevos de céstodo los cuales fueron identificados como *Cittotaenia* sp, ya que en la literatura se reporta que los huevos miden entre 50 a 90 μm (Wiggins et al., 1980), mientras los huevos del cestodo *L. romerolagi*, miden entre 20 a 26 μm (Kamiya, et al., 1979), por lo que el tamaño de los huevos encontrados en las muestras revisadas coincide con el tamaño de los huevos de *Cittotaenia* sp. reportados por Wiggins, et al., (1980) en la especie de conejo *S. floridanus*. También fueron encontrados otros posibles

huevos de helmintos los cuales no se pudieron identificar por lo que se registraron como Morfo 1, Morfo 2, Morfo 3 y Morfo 4 (Figura 4).

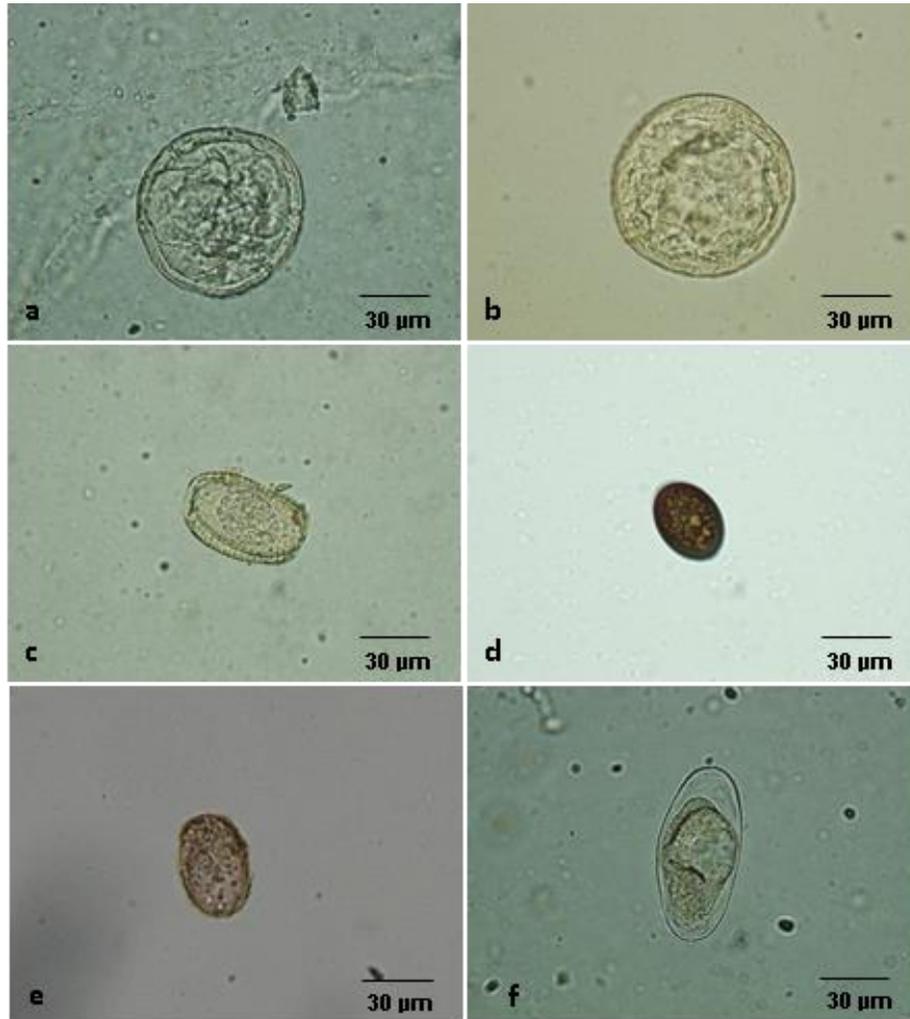


Figura 4. Huevos de *Cittotaenia* sp. (a y b) y lo que parecieran ser cuatro tipos de huevos de helmintos reportados como Morfo 1 (c) y Morfo 2 (d), Morfo 3 (e) y Morfo 4 (f).

Para el caso de los coccidios, se encontraron organismos esporulados y organismos sin esporular (Figura 5). Sin embargo, debido al tamaño y a la forma que presentan, parece tratarse de la misma especie, la cual fue identificada como *E. perforans*, de acuerdo a las características morfológicas que presenta, como la forma elipsoide y el tamaño (Martínez et al.,1970).

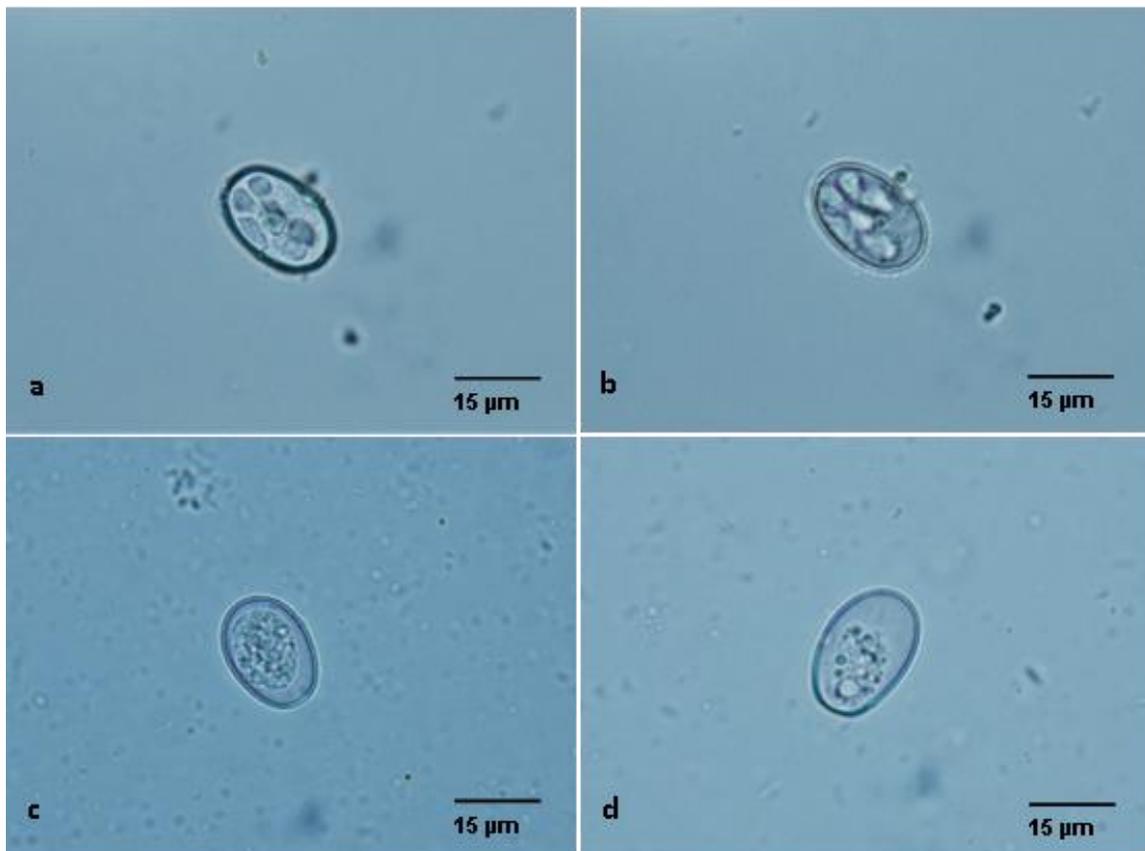


Figura 5. Coccidios pertenecientes a *E. perforans*. Se observa un organismo esporulado en dos enfoques diferentes (a y b) y dos organismos sin esporular (d y c).

Para apoyarnos en la identificación de los huevos de helmintos presentes en las muestras, se realizaron algunas visitas a la CNHE-IBUNAM, en donde se revisaron muestras permanentes de *L. romerolagi*; sin embargo, no se pudieron observar huevos de este céstodo. También se llevó a cabo el aclaramiento de hembras grávidas de dos especies de nemátodos, *Trichostrongylus calcaratus* y *Trichuris leporis*, con la finalidad de observar y fotografiar los huevos dentro del parásito tal y como se muestra en la Figura 6. Sin embargo, ninguna de las especies de parásitos observadas en la CNHE-IBUNAM fue identificada en el zacatuche para este estudio.

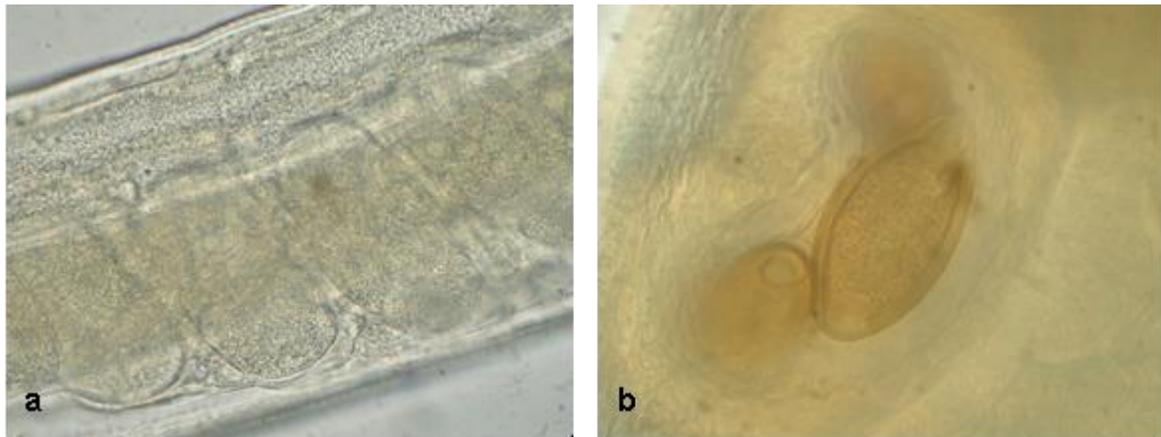


Figura 6. Huevos de helmintos observados en la CNHE-IBUNAM. Se distinguen las especies *Trichostrongylus calcaratus* (a) y *Trichuris leporis* (b).

Prevalencia de parásitos

Con el análisis de prevalencias que se llevó a cabo para cada sitio durante las dos temporadas, se obtuvieron los valores que se muestran en las Tablas 2 y 3. Al

realizar el análisis de prevalencia por temporada, se puede observar que para la temporada de lluvias el coccidio *E. perforans* fue el parásito de mayor prevalencia con 47.2%, mientras que el céstodo *Cittotaenia* sp. fue el segundo de mayor importancia con una prevalencia de 36.8%; para la temporada de secas el orden de importancia en las prevalencias fue muy parecido, ya que *E. perforans* volvió a ser el parásito de mayor importancia con una prevalencia de 35.2% seguido de *Cittotaenia* sp. con una prevalencia de 26.4% (Figura 7).

Tabla 2. Prevalencias de los parásitos intestinales encontrados en las muestras correspondientes a la temporada de lluvias.

Sitio	Prevalencias (%)					
	<i>E. perforans</i>	<i>Cittotaenia</i> sp.	Morfo 1	Morfo 2	Morfo 3	Morfo 4
C1	40	40	0	0	0	0
C2	80	60	0	0	0	0
C3	40	20	0	0	0	0
C4	0	20	0	0	0	0
C5	0	20	20	0	0	0
C6	60	40	0	0	0	0
C7	60	0	60	20	0	0
C8	60	40	0	0	0	0
C9	20	20	0	0	0	0
C10	60	40	0	0	0	0
C11	40	40	0	0	0	0
C12	40	60	0	0	0	0
C13	40	60	0	0	0	0
C14	80	60	0	0	0	0
C15	80	80	0	0	0	0
C16	40	40	0	0	0	0
C17	20	0	0	0	0	0
C18	20	20	0	0	20	0
C19	20	40	0	0	0	0
C20	80	20	0	0	0	0

C21	60	20	0	0	0	20
C22	40	60	0	0	0	0
C23	80	40	0	0	0	0
C24	60	40	0	0	0	0
C25	60	40	0	0	0	0

Tabla 3. Prevalencias de los parásitos intestinales encontrados en las muestras correspondientes a la temporada de secas.

Sitio	Prevalencias (%)					
	<i>E. perforans</i>	<i>Cittotaenia</i> sp.	Morfo 1	Morfo 2	Morfo 3	Morfo 4
C1	40	20	0	0	0	0
C2	40	60	0	20	0	0
C3	60	40	0	0	0	0
C4	40	20	0	0	0	0
C5	80	60	0	0	0	0
C6	60	0	0	0	0	0
C7	60	20	0	0	0	0
C8	20	40	0	0	20	0
C9	20	20	0	0	0	0
C10	0	40	0	0	0	0
C11	60	40	0	0	0	0
C12	80	40	0	0	0	0
C13	60	40	0	0	0	0
C14	0	20	0	0	0	0
C15	60	40	0	0	0	0
C16	20	40	0	0	0	0
C17	40	0	0	0	0	0
C18	0	20	0	0	0	0
C19	0	0	0	0	0	0
C20	20	40	0	0	0	0
C21	40	0	0	0	0	0
C22	20	20	0	0	0	0
C23	20	20	0	0	0	0
C24	0	0	0	0	0	0
C25	40	20	0	0	0	0

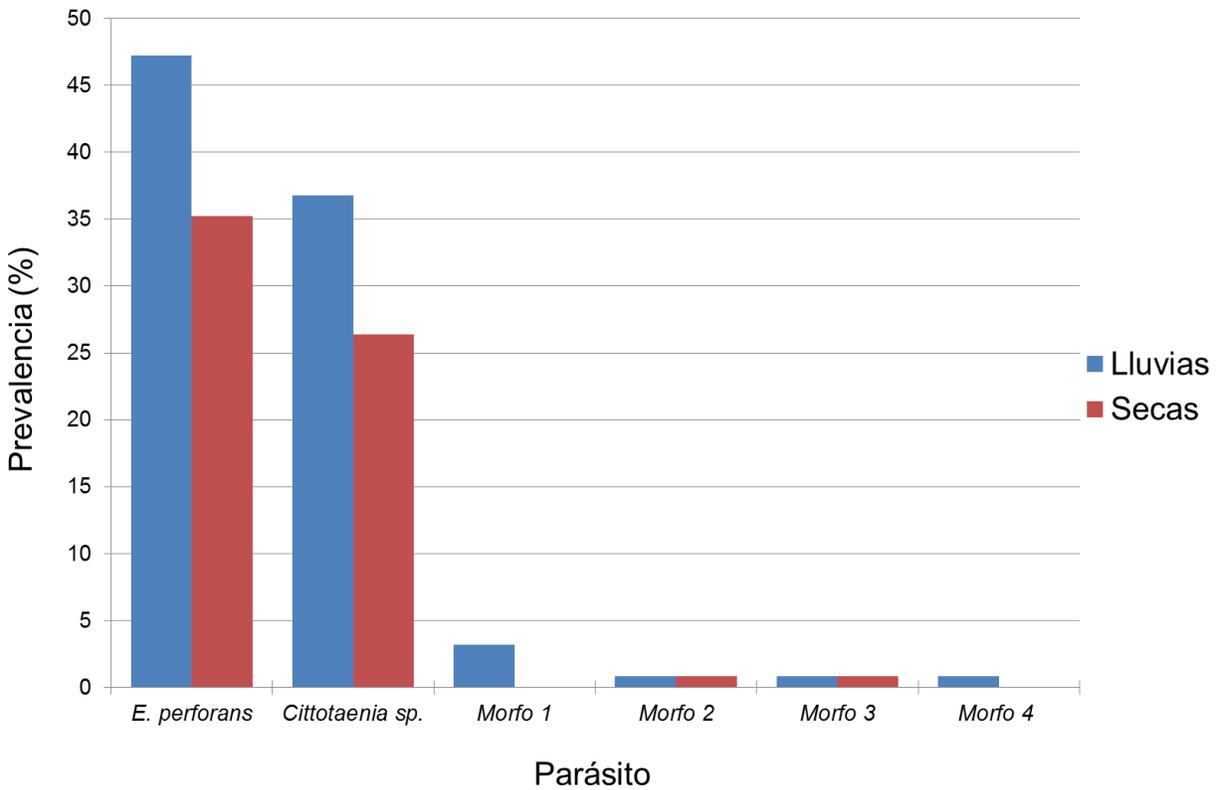


Figura 7. Prevalencia de parásitos en general para toda el área de estudio durante la temporada de lluvias y la temporada de secas.

Relación entre la prevalencia del parásito y la abundancia del hospedero

El análisis de relación entre la prevalencia de los parásitos con el IAR del zacatuche solo se llevó a cabo con las prevalencias obtenidas para *E. perforans* y *Cittotaenia sp.*, debido a que fueron los dos únicos parásitos que se pudieron identificar, además de que las prevalencias del resto de los morfos encontrados y no identificados fueron muy bajas.

Esta relación fue evaluada por un modelo de regresión, para lo cual se llevó a cabo una inspección gráfica de los datos con la finalidad de determinar el modelo de regresión de acuerdo con su distribución. Al graficar los datos de prevalencia obtenidos para *E. perforans* y *Cittotaenia* sp. durante la temporada de lluvias y la temporada de secas, se observó que presentan una distribución Poisson; por lo tanto, el modelo utilizado fue una regresión Poisson. Los resultados obtenidos muestran que la relación entre la prevalencia de *E. perforans* y los IAR del zacatuche no es significativa, tanto para la temporada de lluvias ($P>0.05$) como la temporada de secas ($P>0.05$); mientras que la relación entre la prevalencia de *Cittotaenia* sp. resultó ser significativa para ambas temporadas (lluvias, $P<0.05$; secas $P<0.05$), los resultados se muestran en la Tabla 4. Lo anterior se puede corroborar al graficar los IAR del zacatuche contra las prevalencias de los parásitos obtenidos para cada uno de los 25 sitios durante la temporada de lluvias y la temporada de secas (Figura 8).

Tabla 4. Resultados obtenidos con el análisis de regresión Poisson. Se observan los grados de libertad (G. L.), el estadístico Wald y la probabilidad (P) obtenidas para cada parásito analizado durante cada temporada (lluvias y secas).

Temporada	Parásito	G. L.	Wald	P
Lluvias	<i>E. perforans</i>	1	0.27	0.60
	<i>Cittotaenia</i> sp.	1	52.31	0.00
Secas	<i>E. perforans</i>	1	2.07	0.15
	<i>Cittotaenia</i> sp.	1	5.28	0.02

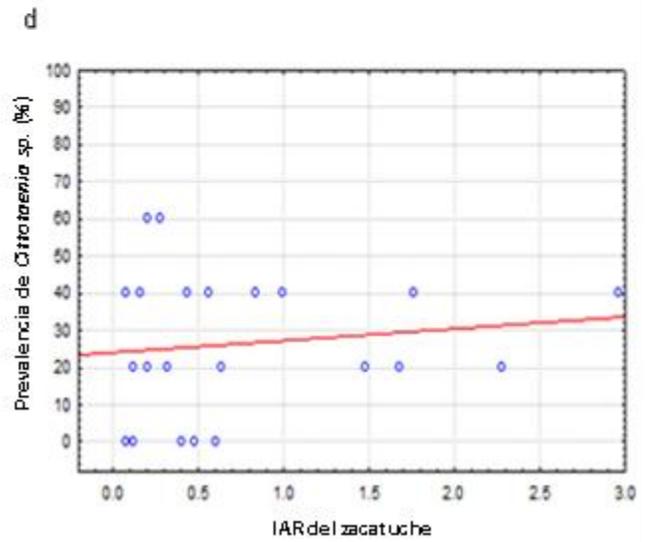
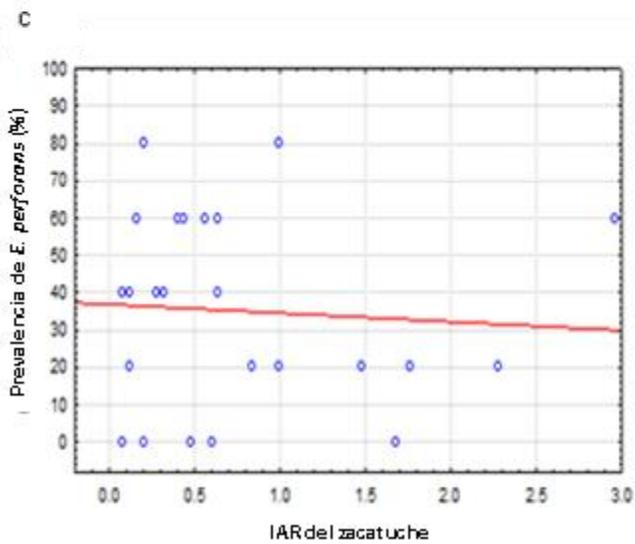
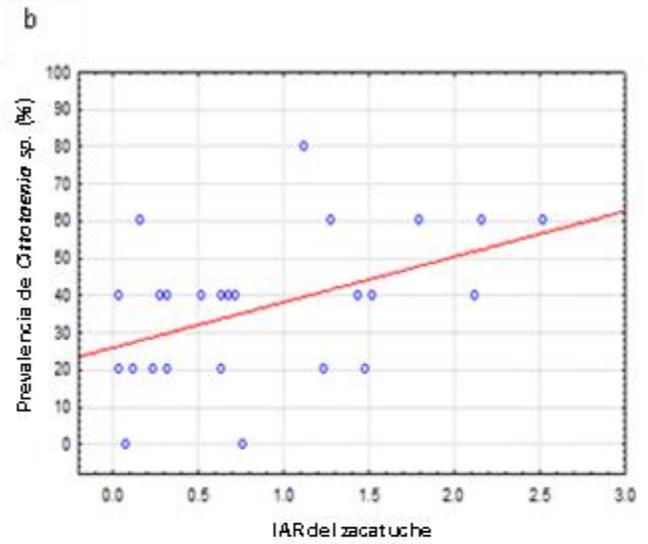
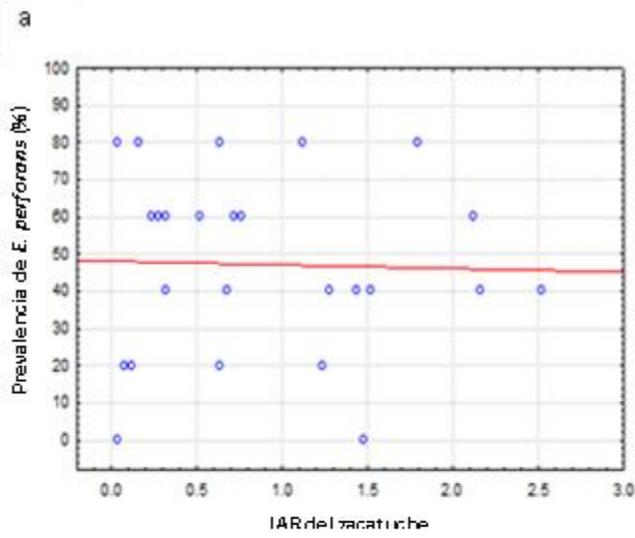


Figura 8. IAR del zacatuche contra las prevalencias de *E. perforans*. y *Cittotaenia* sp. para cada una de las temporadas: a) *E. perforans* en lluvias, b) *Cittotaenia* sp. en lluvias, c) *E. perforans* en secas y d) *Cittotaenia* sp. en secas.

Relación entre la prevalencia del parásito y la estacionalidad

Los resultados obtenidos del análisis de estacionalidad de las prevalencias de los parásitos usando la prueba de U Mann-Whitney muestran que *E. perforans* obtuvo un valor de $U=230$ y una $P=0.11$, mientras que *Cittotaenia* sp. obtuvo un valor de $U=223.5$ y una $P=0.08$. Al presentar ambos parásitos valores de probabilidad mayores a 0.05, ninguno fue significativo y por lo tanto no presentan diferencias por temporada en sus prevalencias.

DISCUSIÓN

Para este trabajo se pudieron encontrar huevos de una especie de céstodo perteneciente a la familia Anoplocephalidae, los cuales se identificaron a nivel de género como *Cittotaenia* sp., de acuerdo a las características que presentan. Para el caso de los coccidios, se encontró un solo tipo de ooquiste identificado a nivel de especie como *E. perforans*. Estas dos especies ya se han reportado en la literatura como parásitos que infectan al zacatuche y a otras especies de conejos (Bravo, 1950; Durrell y Mallinson, 1968; Kamiya et al., 1979; Gibbons y Kumar, 1980; De Poorter y Van der Loo, 1981; Harris, 1985). Sin embargo, poco se sabe sobre las especies de parásitos presentes en *R. diazi*, solo se tiene el registro de algunas especies de parásitos intestinales encontrados en este conejo, principalmente helmintos (Bravo, 1950) y ooquistes del género *Eimeria* (De Poorter y Van der Loo, 1981).

Si bien la información sobre parásitos del zacatucho es muy escasa, se tiene información de una gran variedad de especies de parásitos que infectan a otros conejos, entre los cuales se encuentran dos especies de conejos que comparten el mismo hábitat con el zacatucho, *S. floridanus* y *S. cunicularius* (Duszynski y Couch, 2013).

Erickson (1947) llevó a cabo un estudio de los parásitos helmintos presentes en varias especies de conejos del género *Sylvilagus*. En su estudio examinó 97 individuos de *S. floridanus* los cuales fueron colectados al Sur de Minnesota. Al igual que en este trabajo para *R. diazi*, Erickson encontró que las especies de céstodos del género *Cittotaenia* son unos de los parásitos helmintos que se encuentran mayormente representados en *S. floridanus*.

Levine e Ivens en 1972 hicieron un estudio de revisión sobre las especies de coccidios encontradas en lagomorfos de los géneros *Oryctolagus*, *Sylvilagus* y *Lepus*. En su estudio encontraron que se tienen registradas varias especies de coccidios para *S. floridanus*, entre ellas *E. perforans* y *E. coecicola*, siendo *E. perforans* la especie de parásito intestinal que se encontró con mayor prevalencia en el zacatucho.

Por lo tanto, al ser *S. floridanus* una de las especies que se distribuyen en el mismo hábitat que el zacatucho, se puede inferir que podrían estar compartiendo las mismas especies de parásitos, lo cual explicaría la alta presencia de *Cittotaenia* sp. y *E. perforans* en *R. diazi*.

Prevalencia de parásitos

Las prevalencias obtenidas en este trabajo, señalan a *E. perforans* como el parásito intestinal con una mayor prevalencia en el zacatuche para las dos temporadas estudiadas (lluvias y secas), lo cual es congruente con lo reportado en otros estudios sobre parásitos intestinales de lagomorfos, en donde se han encontrado a especies de parásitos de *E. intestinalis*, *E. perforans* y *E. coecicola* como uno de los principales parásitos intestinales en otras especies de conejos, siendo *E. perforans* una especie que se encuentra en *R. diazi* y *O. cuniculus* (Oncel et al., 2011). El céstodo *Cittotaenia* sp. es el segundo parásito de mayor importancia en este trabajo, lo cual coincide con la información que se tiene en la literatura (Stiles, 1896), en donde se describe a varias especies de céstodos del género *Cittotaenia* (*C. pectinata*, *C. ctenoides*, *C. denticulatta* y *C. variabilis*) que parasitan especies de conejos y liebres (*S. cunicularius*, *S. floridanus*, *S. palustris*, *O. cuniculus* y *Lepus americanus*)

En 1975, Brittain y Voth realizaron un estudio en Colorado, Estados Unidos, sobre los parásitos de *Lepus californicus melanotis*, en el cual colectaron a 44 individuos de esta especie y por medio de necropsias corporales se examinaron diferentes partes del cuerpo, incluyendo la parte intestinal. Los resultados obtenidos en su estudio, mostraron la presencia de solo dos especies de parásitos intestinales en este lagomorfo, estas especies fueron *Eimeria* sp. la cual estuvo presente en el 100% de los individuos examinados y *Cittotaenia* sp. reportada en el 27% de los individuos. El registro de solo estas dos especies en la parte intestinal de *L. c.*

melanotis es muy parecido a los resultados obtenidos en este estudio, ya que solo se pudieron identificar estos dos parásitos en el zacatuche.

Jacobson et al. (1978) realizaron un estudio sobre las enfermedades y características fisiológicas de dos poblaciones de *S. floridanus* en dos zonas de Virginia (Radford y el Fuerte Picket), en donde determinaron la presencia de *Cittotaenia* spp. y *Eimeria* sp. como especies de parásitos que presenta una alta infestación en *S. floridanus*. Para el caso de *Cittotaenia* spp. presentó el 12% de infestación en Radford y el 100% en el fuerte Picket., mientras que *Eimeria* sp. presentó un 91% de infestación en Radford y un 97% de infestación en el Fuerte Picket. Si bien, Jacobson et al. (1978) solo se reportan a *Cittotaenia* sp. y *Eimeria* sp. a nivel de género, sus resultados muestran que las especies pertenecientes a estos dos grupos de parásitos son muy comunes en *S. floridanus*. Esto explicaría la alta prevalencia de *Cittotaenia* sp. y *E. perforans* en *R. diazi* para este estudio, al ser el zacatuche una especie que comparte el mismo hábitat con *S. floridanus*.

En el 2010, Razavi et al. reportaron a *E. perforans* como la especie de mayor importancia en *O. cuniculus*, con una prevalencia del 18.3% para la provincia de Fars en Irán; mientras que, en el 2013, Abdel-Azeem et al. identificaron a *E. perforans* como la segunda especie de mayor importancia para el mismo conejo, con una prevalencia del 60% en Arabia Saudita. Ambos estudios muestran a *E. perforans* como una especie con una alta prevalencia en el conejo europeo, al igual que lo encontrado en este estudio para el zacatuche.

Algo que resalta en el presente trabajo, es que a pesar de que se han descrito varias especies de parásitos helmintos intestinales que infectan al zacatuche, pudimos identificar una alta prevalencia de *Cittotaenia* sp. así como una notable ausencia del resto de los helmintos. Para el caso de los parásitos coccidios intestinales de los cuales solo se han reportado dos especies, pudimos observar una alta prevalencia de *E. perforans* y la total ausencia de *E. coecicola* la cual también se ha reportado para el zacatuche. Esta presencia o ausencia de algunas especies de parásitos en *R. diazi*, se podría explicar como un derivado de varios factores, como la competencia interespecífica entre las diferentes especies de parásitos por el hábitat y los nutrientes dentro del mismo hospedero (Tizard, 2009), la presencia o ausencia de hospederos intermediarios necesarios para el desarrollo de los parásitos de ciclo de vida indirecto (Stien et al., 2010), las condiciones intrínsecas del hospedero (edad, sexo, tamaño, sistema inmune), las características del hábitat del hospedero (temperatura, clima, vegetación), así como factores mismos de los parásitos, principalmente de su ciclos de vida (Clayton y Moore, 1997).

Relación entre la prevalencia del parásito y la abundancia del hospedero

Los resultados obtenidos en el presente trabajo sobre la relación entre la prevalencia de los parásitos y la abundancia del hospedero, sugieren que la prevalencia de *E. perforans* no presenta ninguna relación con la abundancia del hospedero para ninguna de las dos temporadas (lluvias y secas); es decir, el índice de infección de este parásito no está condicionado por la abundancia del zacatuche. Por otro lado, *Cittotaenia* sp. si presentó una relación positiva entre su

prevalencia y la abundancia del zacatuche, lo cual sugiere que probablemente esta sea una especie de parásito que dependa del tamaño poblacional de su hospedero.

Jacobson et al. (1978), encontraron que las diferencias en las abundancias de helmintos en *S. floridanus* en el sureste y suroeste de Virginia, estaban asociadas a una gran variedad de factores del hábitat como son la temperatura, la humedad, las condiciones del suelo y la presencia de hospederos intermediarios. En su trabajo mencionan que estos factores se vuelven condicionantes dependiendo de la especie de parásito. Esto último podría respaldar los resultados obtenidos para el zacatuche, ya que, al analizar su abundancia relativa como un factor determinante de la prevalencia de sus parásitos, solamente se encontró una relación positiva para *Cittotaenia* sp., el cual no fue el caso para *E. perforans*, siendo ambas dos especies de parásitos pertenecientes a grupos diferentes.

Arneberg et al. (1998) realizaron un estudio en el cual, utilizando datos de comunidades de nemátodos estrombilidos gastrointestinales de 19 especies de mamíferos, determinaron que existe una relación positiva entre las densidades de los hospederos y la abundancia, prevalencia e intensidad de los parásitos gastrointestinales. Los resultados obtenidos por Arneberg et al. (1998), difieren con lo reportado en el presente estudio para *E. perforans*, pero coinciden con los resultados obtenidos para *Cittotaenia* sp.

Alzaga et al. realizaron en 2009 un estudio en el cual analizaron la relación parásito-hospedero en *Lepus europeus*. En dicho estudio se usaron tres clases

de variables para tratar de explicar las prevalencias de las especies de parásitos helmintos y protozoarios (*Eimeria* spp.) encontrados en 64 liebres examinadas. Estas variables fueron: factores individuales del hospedero, factores poblacionales del hospedero y factores ambientales del hospedero. Los resultados obtenidos mostraron que los factores ambientales del hospedero tuvieron una alta influencia sobre las prevalencias de los parásitos de ciclo de vida directo, mientras que factores poblacionales como la abundancia del hospedero tuvieron una alta influencia sobre las especies de parásitos de ciclo de vida indirecto. Lo anterior podría deberse a que los parásitos de ciclos de vida directo posiblemente se ven beneficiados por las condiciones ambientales idóneas para el hospedero, mientras que los parásitos de ciclo de vida indirecto han desarrollado estrategias de transmisión capaces de evitar las restricciones abióticas del ambiente pero que aseguran la transmisión a hospederos intermediarios, por lo que una alta abundancia de hospederos se podría correlacionar con mayores posibilidades de que los hospederos intermediarios se infecten. Los resultados obtenidos en el estudio de Alzaga et al. (2009) coinciden con lo observado en este trabajo sobre la relación entre las prevalencias de *E. perforans* y *Cittotaenia* sp. y la abundancia del hospedero, tomando en cuenta los ciclos de vida que presenta cada uno.

La información existente sobre la relación parásito-hospedero, sugiere que las diferencias encontradas entre *E. perforans* y *Cittotaenia* sp. en relación con la abundancia del hospedero, podría deberse a que son dos especies de parásitos pertenecientes a diferentes grupos, lo cual hace que presenten diferentes características, principalmente en sus ciclos de vida, tal y como lo mencionan

Alzaga et al. (2009). *Cittotaenia* sp. al presentar un ciclo de vida indirecto, necesita de la presencia de hospederos intermediarios para llevar a cabo parte de su desarrollo para posteriormente infectar nuevamente al hospedero, en este caso zacatuches, por lo que se convierte en un parásito que depende de la presencia de más hospederos y por lo tanto de la abundancia de los mismos (Stunkard, 1934; Stunkard, 1939) Por otro lado, las especies de coccidios al ser organismos con ciclos de vida directo, que pueden completar su ciclo de vida dentro de un mismo individuo, podrían no estar dependiendo de la abundancia del hospedero (Pellérdy, 1974) .

Sin embargo, es importante mencionar que muchos de los trabajos realizados sobre la dinámica parásito-hospedero, sugieren que el grado de infección de los parásitos podría depender de varios factores, como factores individuales del hospedero (edad, sexo, tamaño del individuo, dieta y la capacidad de su sistema inmune), factores poblacionales tales como la abundancia del hospedero y los factores ambientales del hábitat, así como la presencia de hospederos intermediarios en el caso de los parásitos de ciclo de vida indirecto, y la competencia con otras especies de parásitos por el hábitat (Gibbs et al., 1977; Jacobson et al., 1978; Boggs et al., 1990; Arneberg et al., 1998; Foronda et al., 2005; Alzaga et al., 2009; Tizard, 2009). Comparando lo antes mencionado con los resultados obtenidos en este estudio, podemos inferir que *E. perforans* no presentó una relación entre sus prevalencias y el IAR de *R. diazi*, mientras que *Cittotaenia* sp. si presentó una relación positiva entre sus prevalencias y el IAR del zacatuche, debido a que son dos especies de parásitos con diferentes

características, los cuales dependen de diferentes factores como determinantes para su presencia. Uno de estos factores sería el ciclo de vida que presentan estas dos especies de parásitos del zacatuche, ya que *E. perforans* es un parásito de ciclo de vida directo, mientras que *Cittotaenia* sp. es una especie de parásito de ciclo de vida indirecto.

Relación entre la prevalencia del parásito y la estacionalidad

Al realizar el análisis para determinar la relación entre la estacionalidad y las prevalencias de *E. perforans* y *Cittotaenia* sp., se pudo concluir que para este trabajo, no se obtuvieron diferencias significativas en las prevalencias de ambos parásitos entre lluvias y secas.

Gibbs et al. en 1977 realizaron un estudio en el que examinaron los estómagos de 146 liebres de la especie *L. americanus* para determinar si existen cambios estacionales en la presencia del parásito nemátodo *Obeliscoides cuniculi*. En los resultados obtenidos encontraron que el 96.5% de las liebres examinadas se encontraban infectadas por *O. cuniculi* el cual presentó cambios estacionales en las infecciones, siendo más altas en primavera, empezando a disminuir en verano hasta llegar a su nivel más bajo, para posteriormente empezar a incrementarse gradualmente en otoño e invierno. Sus resultados sugieren que los cambios estacionales en las infecciones de *O. cuniculi*, están relacionados con su ciclo de vida, ya que al parecer buscan aprovechar las mejores condiciones del ambiente, como las altas temperaturas presentes en verano para sus estados de vida libre. Lo reportado para *O. cuniculi* en su estudio difiere con lo encontrado en este

trabajo para *Cittotaenia* sp. Sin embargo, a pesar de que ambas especies pertenecen al grupo de los helmintos, *Cittotaenia* sp. es un céstodo que presenta un ciclo de vida indirecto, dependiendo de la presencia de un hospedero intermediario (Stunkard, 1939) mientras que *O. cuniculi* es un nemátodo de ciclo de vida directo con estados de vida libre en los que depende de las condiciones ambientales (Alicata, 1932).

En 1978, Jacobson y colaboradores reportaron una influencia estacional sobre las abundancias de *Cittotaenia* spp. en *S. floridanus* en Virginia, la cual vincularon con la ocurrencia estacional de ácaros oribatidos que fungen como hospederos intermediarios. Los resultados presentados en su estudio difieren con lo reportado en este trabajo para *Cittotatenia* sp. Sin embargo, nosotros no analizamos la ocurrencia estacional de los ácaros oribatidos como hospederos intermediarios, pero se ha reportado que los bosques son hábitats propicios para la presencia de este grupo de ácaros, debido a que se ven beneficiados por la constante presencia de cobertura vegetal (Lindo y Winchester, 2007). Al ser la Sierra del Chichinautzin, una zona de bosques con presencia de cobertura vegetal durante todo el año, podría ser un lugar propicio para la constante presencia de especies de ácaros que fungen como hospederos intermediarios de *Cittotaenia* sp. Esto podría explicar el hecho de que *Cittotaenia* sp. no presentó diferencias estacionales durante todo el año.

En 1985, Waid et al. realizaron un estudio sobre los efectos estacionales y de las condiciones físicas sobre la comunidad de helmintos gastrointestinales del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en Texas. En dicho estudio encontraron 6

especies de nemátodos intestinales y dos especies de céstodos. El análisis sobre los efectos de la estacionalidad se llevó a cabo para las 3 especies de helmintos más comunes en *O. virginianus* en Texas, *Haemonchus contortus*, *Oesophagostomum venulosum* y *Gongylostrongylus pulchrum*. Sus resultados mostraron que la estacionalidad tuvo efectos significativos sobre las abundancias de *H. contortus*, *O. venulosum*, pero no sobre *G. pulchrum*. Ellos concluyen que la influencia sobre las abundancias de los parásitos podría deberse al conjunto de muchos otros factores además de la estacionalidad, como la edad, sexo y condición física, así como el tamaño poblacional del hospedero. Tomando en cuenta los resultados obtenidos para *R. diazi* con lo antes mencionado, se puede inferir que la ausente variación estacional en las prevalencias de *E. perforans* y *Cittotaenia* sp. podría explicarse por otra serie de factores no estudiados en nuestro trabajo.

En el estudio realizado por Boggs et al. (1990) sobre las especies de helmintos en *S. floridanus*, no se encontraron diferencias estacionales en las prevalencias del céstodo *C. pectinata*. En su estudio mencionan que la presencia de *C. pectinata* está determinada en gran parte por la presencia del hospedero intermediario. Sus resultados concuerdan con lo reportado en este trabajo para las prevalencias de *Cittotaenia* sp. en relación con la estacionalidad.

En el 2005, Foronda et al. determinaron las prevalencias de coccidios y helmintos en *O. cuniculus* en las Islas Canarias de la Península Ibérica, en el cual reportan que *Eimeria* spp. presentó diferencias estacionales significativas en sus prevalencias, mientras que los helmintos encontrados (*Taenia pisiformis*, *C.*

ctenoides, *Andrya cuniculi*, *Trichostrongylus retortaeformis* y *Passalurus ambiguus*) no presentaron diferencias estacionales en sus prevalencias. Al comparar sus resultados con los que se obtuvieron en este estudio, podemos observar que para el caso de *E. perforans*, difiere con lo que ellos reportan para *Eimeria* spp., mientras que para el caso de *Cittotaenia* sp., concuerda con sus resultados obtenidos para los helmintos.

Los estudios realizados sobre la infección de parásitos en relación con la estacionalidad, muestran que la variación estacional puede influir en el grado de infecciones de muchas especies de parásitos, pero no siempre es un determinante, ya que existe una gran variedad de factores que determinan la dinámica de las infecciones parasitarias tal y como se ha mencionado anteriormente. Los resultados obtenidos para el zacatuche sobre las prevalencias de *E. perforans* y de *Cittotaenia* sp. en relación a la estacionalidad, sugieren que puede ser otro factor o la suma de varios factores los que pudieran estar modelando la dinámica de las infecciones de estos parásitos intestinales en *R. diazi*.

CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir que el zacatuche es un conejo que presenta dos especies como sus principales parásitos intestinales para la Sierra del Chichinautzin. A pesar de que se encontraron algunos morfos con formas similares a huevos de helmintos, estos no pudieron ser identificados. Sin embargo, se observó que no tuvieron una presencia importante

en el zacatuche, ya que se encontraron con muy bajos índices de prevalencia. Por otro lado, las dos especies de parásitos que se encontraron en el zacatuche durante este trabajo fueron el coccidio *E. perforans* y el céstodo *Cittotaenia* sp. Estas dos especies de parásitos han sido identificadas en varias especies de conejos, por lo que, los resultados obtenidos concuerdan con todos los estudios realizados sobre la presencia de estos dos grupos de parásitos (helmintos y coccidios) en lagomorfos.

Para el caso de la relación entre la prevalencia de los parásitos y los IAR del zacatuche, se pudo observar que esta varió entre las dos especies analizadas; ya que el índice de infección de *E. perforans* no estuvo determinada por la abundancia del zacatuche en cada uno de los sitios muestreados, mientras que *Cittotaenia* sp. sí mostró relación con la abundancia del hospedero, sin embargo, existe mucha variación en los resultados reportados en muchos trabajos sobre la relación entre la prevalencia de los parásitos y la abundancia de los hospederos, lo cual lleva a concluir que son muchos los factores que podrían determinar el índice de infección de una determinada especie de parásito.

Al examinar la relación entre la prevalencia de los parásitos con la estacionalidad, no se observó una diferencia significativa en la prevalencia de *E. perforans* y *Cittotaenia* sp. durante las dos temporadas analizadas. Sin embargo, al observar los datos crudos obtenidos, se puede ver una ligera tendencia hacia una mayor prevalencia de ambos parásitos durante la temporada de lluvias.

Con los resultados obtenidos, se pudo concluir que uno de los factores que pudiera tener mayor peso en la dinámica de las infecciones parasitarias en *R. diazi*, está relacionado con el ciclo infeccioso de las especies de parásitos. En este caso, se encontraron dos especies de parásitos pertenecientes a diferentes grupos, *E. perforans* y *Cittotaenia* sp., ambos con ciclos de vida diferentes (directo e indirecto).

Por último, debido a que no existe información sobre la dinámica de los parásitos intestinales en el zacatuche, los resultados en este trabajo son de gran importancia, ya que se obtuvo información sobre las especies de parásitos que infectan a *R. diazi* en la Sierra del Chichinautzin. Esta información puede servir para generar estrategias enfocadas a la conservación en esta especie de conejo, ya que, con información sobre el ciclo infeccioso de estos parásitos, así como de la presencia de hospederos intermediarios, se podría llevar a cabo un control de las especies de parásitos que tienen una mayor incidencia en el zacatuche.

LITERATURA CITADA

Abdel-Baki, A. A. S. y Al-Quraishy, S. 2013. Prevalence of Coccidia (*Eimeria* spp.) Infection in Domestic Rabbits, *Oryctolagus cuniculus*, in Riyadh, Saudi Arabia. Pakistan Journal of Zoology, 45(5): 1329-1333.

Al-Quraishy, S. 2012. Exogenous and endogenous stages of *Eimeria perforans* naturally infected domestic rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) in Saudi Arabia: Light microscopic study. Saudi Journal of Biological Sciences, 19: 31–34.

- Alicata, J. E. 1932. Life history of the rabbit stomach worm, *Obeliscoides cuniculi*.
Journal of Agricultural Research, 44: 401-419.
- Altizer, S., Nunn C. L. y Lindenfors, P. 2007. Do Threatened Hosts Have Fewer Parasites? A Comparative Study in Primates. Journal of Animal Ecology, 76: 304-314.
- Alzaga, V., Tizzani, P., Acevedo, P., Ruiz-Fons, F., Vicente, J. y Gortázar, C. 2009. Deviance partitioning of host factors affecting parasitization in the European brown hare (*Lepus europaeus*). Naturwissenschaften, 96: 1157-68.
- Anderson, R. M. 2009. Epidemiology. En: Modern parasitology: a textbook of parasitology. Cox, F.E.G. (Ed.). Oxford: Blackwell Publishing Ltd. 2nd edn. Pp. 75-116.
- Anderson, R. M. y May, R. M. 1979. Population biology of infectious diseases: Part 1. Nature, 280: 361-367.
- Arana, C. y Ayala, A. 2002. "El Teporingo". FMVZ-UNAM. En: <http://www.fmvz.unam.mx/bibliwir/BvS1/roedores/teporingo/BvS1AcJPe00001.htm>
- Aranda, J. M. 2012. Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). México, D.F., México. Pp. 255.
- Arneberg, P., Skorping, A., Grenfell, B. y Read, A. F. 1998. Host densities as determinants of abundance in parasite communities. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 265: 1283-1289.

- Brito, D. 2017. Estimación de la densidad poblacional del conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*); variación interanual y efecto del hábitat. Tesis de Maestría, Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México.
- Boggs, J. F., McMurry, S. T., Leslie Jr., D. M., Engle, D. M. y Robert, L. L. 1990. Influence of habitat modification on the intestinal helminth community ecology of cottontail rabbit populations. *Journal of Wildlife Diseases*, 26(2): 157-169.
- Bonilla-Barbosa, J. R. y Viana, L. J. 1997. Parque Nacional Lagunas de Zempoala. Listados Florísticos de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 31.
- Bravo, H. M. 1950. Estudio de nemátodos parásitos de los Lepóridos del Distrito Federal. *Anales Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 21: 103-118.
- Brittain, P. C. y Voth, D. R. 1975. Parasites of the black-tailed jackrabbit in North Central, Colorado. *Journal of Wildlife Diseases*, 11: 269-271.
- Cervantes, F. y González, F. 1996. Los conejos y liebres silvestres de México. En: *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. Velázquez, A., Romero, F. y López-Paniagua, J. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México. Pp.17-25.
- Cervantes, F. A., Lorenzo, C. y Hoffmann, R. S. 1990 "*Romerolagus diazi*", *Mammalian Species*, 360: 1-7.

- Cheissin, E. M. 1947. New species of rabbit intestinal coccidium. Doklady Akademii Nauk SSSR, 55: 181-183.
- Clayton, D. H. y Moore, J. 1997. Host-parasite evolution. General principles and avian models. Oxford University Press, New York. Pp. 473.
- Cole, R. A. y Friend, M. 1999. Parasites and Parasitic Diseases. En: Field Manual of Wildlife Diseases: General Field Procedures and Diseases of Birds. Friend, M. y Franson, J. C.; U. S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. Washington, D.C. Pp. 207.
- Contreras-Mac Beath, T. y Urbina, T. F. (Eds). 1995. Historia natural del área de protección de flora y fauna silvestre Corredor Biológico Chichinautzin. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas. P. 35.
- Contreras-Mac Beath, T., Anzures, V. E., Solares, A. F., Martínez, J. I., Conde, L. J. y Boyas, J. C. 2004. Conservación. En: Contreras-Mac Beath, T., Jaramillo, M. F. y Boyas, J. C. (Coordinadores). La Diversidad Biológica en Morelos: Estudio del Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. Pp. 89-97.
- De Poorter, M. y Van der Loo, W. 1981. Observations on the paleolaginae species *Romerolagus diazi* in captivity. En: Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. Velázquez, A. Romero, F y López-Paniagua, J.

Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica.
México. Pp. 38-39.

Dennis, W. R., Stone, W. M. y Swanson, L. E. 1954. A Dew laboratory and field diagnostic test for fluke ova in feces. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 124: 47-50.

Digiani, M. C., Carreño, R. A., y Durette-Desset, M-C. 2008. A new species of *Parahelgmonella* (Nematoda, Heligmonellidae), parasite of *Sylvilagus floridanus* (Leporidae) from Costa Rica. *Revista mexicana de biodiversidad*, 79: 121-128.

Durrel, G. y Mallison, J. 1968. The volcano rabbit or teporingo (*Romerolagus diazi*). En: *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. Velázquez, A., Romero, F y López-Paniagua, J. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 38-39.

Duszynski, D. W. y Couch, L. 2013. *The Biology and Identification of the Coccidia (Apicomplexa) of Rabbits of the World*. Elsevier/Academic Press Inc. ISBN: 978-0-12-397899-8. Pp. 340.

Dybing, N., Fleming, P. y Adams, P. 2013. Environmental conditions predict helminth prevalence in red foxes in Western Australia. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 2:165-172.

Erickson, A. B. 1947. Helminth parasites of rabbits of the genus *Sylvilagus*. *The Journal of Wildlife Management*, 11: 255-263.

- Frölich, J. A. 1789. Beschreibungen einiger neuen Eingeweidewürmer. Naturforscher, 24: 101-162.
- Garcia-Prieto, L., Falcon-Ordaz, J. y Guzman-Cornejo, C. 2012. Helminth parasites of wild Mexican mammals: list of species, hosts and geographical distribution. Zootaxa, 3290: 1-92.
- Gibbons, L. M. y Kumar, V. 1980. *Boreostrogylus romerolagi* n. sp. (Nematoda, Heligmonellidae) from a Mexican volcano rabbit, *Romerolagus diazi*. Systematic Parasitology 1: 117-122.
- Gibbs, H. C., W. J. Crenshaw, y M. Mowatt. 1977. Seasonal changes in stomach worms (*Obeliscoides cuniculi*) in snowshoe hares in Maine. Journal of Wildlife Diseases, 13: 327-332.
- Guerrero, J. A. y Rizo-Aguilar, A. 2006. Estudio poblacional de *Romerolagus diazi*, en el área de protección de flora y fauna Corredor Biológico Chichinautzin. Informe técnico. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).
- Harris, E. A. 1985. Some helminths of the volcano rabbit *Romerolagus diazi*, including a description of the nematode *Teporingonema cerropeladoensis* gen. nov., sp. nov. (Trichostrongylidae: Libyostrongylinae). Journal of Natural History, 19: 1239-1248.
- Hart, B. L. 1990. Behavioural adaptations to pathogens and parasites: Five strategies. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 14: 273-94.

- Haukisalmi, V. 2009. A Taxonomic Revision Of The Genus *Anoplocephaloides* Baer, 1923 Sensu Rausch (1976), With The Description Of Four New Genera (Cestoda: Anoplocephalidae). *Zootaxa*, 2057: 1-31.
- Holmes, J. C. 1996. Parasites as threats to biodiversity in shrinking ecosystems. *Biodiversity and Conservation*, 5: 975-983.
- Holt, R., Dobson, A., Begon, M., Bowers, R. y Schaubert, E. 2003. Parasite establishment in host communities. *Ecology Letters*, 6: 837-842.
- Hoth, J. y Granados, H. 1987. A preliminary report on the breeding of the volcano rabbit *Romerolagus diazi* at the Chapultepec Zoo, México City. *International Zoo Yearbook*, 26: 261-265.
- Jacobson, H. A., Kirkpatrick, R. L. y McGinnis, B. S. 1978. Disease and physiologic characteristics of two cottontail populations in Virginia. *Wildlife Monograph No. 60*. Pp. 53.
- Kamiya, M., Suzuki, H. y Villa, R. B. 1979. A new anoplocephaline cestode, *Anoplocephaloides romerolagi* sp. nov., parasitic in the volcano rabbit, *Romerolagus diazi*. *Japanese Journal of Veterinary Research*, 27: 67.
- Leuckart, R. 1879. Die Parasiten des Menschen und die von ihnen herrührenden Krankheiten. Tomo I. Pp. 225.
- Levine, N. D. y Ivens, V. 1972. Coccidia of the leporidae. *Journal of Protozoology*, 9: 572-581.

- Lindo, Z. y Winchester, N. N. 2007. Oribatid mite communities and foliar litter decomposition in canopy suspended soils and forest floor habitats of western redcedar forests, Vancouver Island, Canada. *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 2957-2966.
- Lyles, A. M. y Dobson, A. P. 1993. Infectious disease and intensive management: population dynamics, threatened hosts, and their parasites. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 24: 315-326.
- Lyman, R. 1902. Studies on the Genus *Cittotaenia*. *Transactions of the American Microscopical Society*, 23: 173-190.
- Margolis, L. G., Esch, W., Holmes, J. C., Kuris, A. M. y Schaad, G. A. 1982. The use of ecological terms in parasitology (report of an Ad hoc Committee of American Society of Parasitologist). *Journal of Parasitology*, 68: 131-133.
- Martínez, F., Rodríguez, J. A., Cordero, M. y Aller, B. 1970. Validez y extensión de la especie *Eimeria perforans* (Leuckart, 1879) Sluiter y Swellengrebel, 1912 parásito intestinal del conejo. *Revista Ibérica de Parasitología*, 30: 299-230.
- Oncel, T., Gulegen, E., Senlik, B. y Bakirci, S. 2011. Intestinal Coccidiosis in Angora Rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) Caused by *Eimeria intestinalis*, *Eimeria perforans* and *Eimeria coecicola*. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 22(1): 27-29.
- Pakandl, M. 1989. Life cycle of *Eimeria coecicola* Cheissin, 1947. *Folia Parasitologica* 36(2): 97-105.

- Pellérdy L. 1974. Coccidia and Coccidiosis. Segunda Edición. Parey, Berlin. En:
Fayed, H. M., Shazly, M. A. y El-Monem, S. A. 2011. Life cycle of *Eimeria roussetti* sp. nov. (Alveolata: Apicomplexa: Eimeriidae) infecting the frugivorous bat, *Rousettus aegyptiacus* Geoffroy, 1810 (Mammalia: Chiroptera: Pteropodidae) in Egypt. Journal of American Science, 7: 292-305.
- Pérez-Ponce de León, G. y García-Prieto, L. 2001. Diversidad de helmintos parásitos de vertebrados silvestres de México. CONABIO. Biodiversitas, 37: 7-11.
- Ponce, G., Ávila. E., Bárcenas. L., Contreras. R., González, K. y Ramírez, N. 2011. Estimación de la densidad poblacional de *Romerolagus diazi* (Ferrari-Pérez, 1893), en dos comunidades de vegetación, en el parque nacional Izta-Popo, Amecameca, Estado de México. UNAM. México, D.F.
- Quiroz, R. H. 2005. Parasitología y enfermedades parasitarias de los animales domésticos. Ed. Limusa, S.A., México D.F. Pp. 868.
- Rangel-Cordero, H. 1996. Descripción y uso del hábitat de *Romerolagus diazi*: Efecto del fuego sobre zacatonal alpino del volcán Iztaccíhuatl, México. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Ransom, B. H. 1911. Two new species of parasitic nematodes. Proceedings of the United States National Museum, 41: 363-369.

- Razavi, S. M., Oryan, A., Rakhshandehroo, E., Moshiri, A. y Mootabi Alavi, A. 2010. *Eimeria* species in wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) in Fars province. Iran. Tropical Biomedicine, 27(3):470-475.
- Rizo-Aguilar, A., Guerrero, J. A., Hidalgo-Mihart, M. G. y González-Romero. A. 2015. Relationship between the abundance of the endangered volcano rabbit *Romerolagus diazi* and vegetation structure in the Sierra Chichinautzin mountain range, Mexico. Oryx, 49:360-365.
- Rizo-Aguilar, A., Delfín-Alfonso, C., González-Romero, A. y Guerrero, J. A. 2016. Distribution and density of the zacatuche rabbit (*Romerolagus diazi*) at the protected natural area “Corredor Biológico Chichinautzin”. Therya, 7: 333–342.
- Rudolphi, C. A. 1819. Entozoorum synopsis cui accedunt mantissa duplex et indices locupletissimi. August Rücker, Berolini. Pp. 811.
- Saredi, N. G. 2002. Manual práctico de parasitología médica. 1a. ed. Buenos Aires: Laboratorios Andrómaco. Pp. 11.
- Scoot, M. E. 1988. The Impact of Infection and Disease on Animal Populations: Implications for Conservation Biology. Conservation Biology, 2: 40-56.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo.

- Silva, L., Romero, F. J., Velázquez, A. y Almeida-Leñero, L. 1999. La vegetación de la región de montaña del sur de la Cuenca de México. En: Velázquez, A. y Romero, F. J. (Eds). Biodiversidad de la Región de Montaña del sur de la cuenca de México. Universidad Autónoma Metropolitana. Secretaria de Medio Ambiente Ciudad de México. México. 352 pp.
- Skinker, M. S. 1931. Three new parasitic nematode worms. Proceedings of the United States National Museum, 79: 1-9.
- Smith, K. F., Acevedo-Whitehouse, K. y Pederson, A. 2009. The role of infectious diseases in biological conservation. Animal Conservation, 12: 1-12.
- Stien, A., Voutilainen, L., Haukisalmi, V., Fuglei, E., Mørk, T., Yoccoz, N. G., Ims, R. A. y Henttonen, H. Intestinal parasites of the Arctic fox in relation to the abundance and distribution of intermediate hosts. Parasitology, 137: 149-157.
- Stiles, C. W. 1896. A revision of the adult tapeworms of hares and rabbits. Proceedings of the United States National Museum, 19: 145-235.
- Stunkard, H. W. 1934. Studies on the life history of anoplocephaline cestodes. Zeitschrift für Parasitenkunde, 6: 481-507.
- Stunkard, H. W. 1939. The life cycle of the rabbit cestode, *cittotaenia ctenoides*. Zeitschrift für Parasitenkunde, 10: 753-754.
- Szkucik, K., Pyz-Łukasik, R., Szczepaniak, K. O. y Paszkiewicz, W. 2014. Occurrence of gastrointestinal parasites in slaughter rabbits. Parasitology Research, 113: 59-64.

- Tizard, R. I. 2009 Inmunología Veterinaria. 8va edición. Barcelona, España. Elsevier editoriales. Pp. 574.
- Urióstegui-Velarde, J. M., Vera-García, Z. S., Ávila-Torresagatón, L. G., Rizo-Aguilar, A., Hidalgo-Mihart, M. G. y Guerrero, J. A. 2015. Importancia del conejo zacatucho (*Romerolagus diazi*) en la dieta del coyote (*Canis latrans*) y del lince (*Lynx rufus*). *Therya*, 6: 609-624.
- Urióstegui-Velarde, J. M., González-Romero, A., Pineda, E., Reyna-Hurtado, R., Rizo-Aguilar, A. y Guerrero, J. A. 2018. Configuration of the volcano rabbit (*Romerolagus diazi*) landscape in the Ajusco-Chichinautzin Mountain Range. *Journal of Mammalogy*, 99(1): 263-272.
- Velázquez, A. 1994. Distribution and population size of *Romerolagus diazi* on El Pelado volcano, México. *Journal of Mammalogy* 75:743-749.
- Velázquez, A. 1996. Geo-ecología del volcán Pelado, México: estudio integral enfocado hacia la conservación del conejo zacatucho. En: Ecología y conservación del conejo zacatucho y su hábitat. Velázquez, A., Romero, F. y López-Paniagua, J. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México. Pp. 102-118.
- Verbeke, G. y Molenberghs, G. 1997. Linear Mixed Models in Practice: A SAS Oriented Approach, Lecture Notes in Statistics 126. New York: Springer.

- Waid, D. D., Pence, D. B. y Warren, R. J. 1985. Effects of season and physical condition on the gastrointestinal helminth community of whitetailed deer from the Texas Edwards Plateau. *Journal of Wildlife Diseases*, 21: 264-273.
- Wiggins, J. P., Cosgrove, M. y Rothenbacher, H. 1980. Gastrointestinal Parasites of Eastern Cottontail Rabbits (*Sylvilagus floridanus*) in Central Pennssylvania. *Journal of Wildlife Diseases*, 16: 541-544.
- Zambrano-Salgado, V. 2009. Estudio poblacional del conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) en el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2007-2022

"1919-2019: en memoria del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Mor., a 14 de mayo de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Infeción de parásitos helmintos y coccidios intestinales en el zacatuche (*Romerolagus diazi*): efectos de la estacionalidad climática y la abundancia del hospedero**" del alumno **Zuri Samuel Vera García**, con número de matrícula **7920120308**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr. Juan Manuel Caspeta Mandujano



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



"1919-2019: en memoria del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Morelos, 29 de noviembre de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Infeción de parásitos helmintos y coccidios intestinales en el zacatuche (*Romerolagus diazi*): efectos de la estacionalidad climática y la abundancia del hospedero**" del alumno **Zuri Samuel Vera García**, con número de matrícula **7920120308**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dr. Francisco Xavier González Cózatl

Cuernavaca, Mor., a 15 de mayo de 2019

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Infeción de parásitos helmintos y coccidios intestinales en el zacatuche (*Romerolagus diazi*): efectos de la estacionalidad climática y la abundancia del hospedero**" del alumno **Zuri Samuel Vera García**, con número de matrícula **7920120308**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente



Dr. José Antonio Guerrero Enríquez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



Facultad de Ciencias
Químicas e Ingeniería

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS e INGENIERÍA

Programas educativos de calidad reconocidos por CIEES, CACEI y CONACYT
SGC certificado en la norma ISO 9001:2015

Secretaría de Investigación y Posgrado

“1919-2019: en memoria del General Emiliano Zapata Salazar”

Cuernavaca, Mor., a 14 de mayo de 2019

Comisión de Seguimiento Académico Maestría en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación Presente

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **“Infección de parásitos helmintos y coccidios intestinales en el zacatuche (*Romerolagus diazi*): efectos de la estacionalidad climática y la abundancia del hospedero”** del alumno **Zuri Samuel Vera García**, con número de matrícula **7920120308**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Dra. Areli Rizo Aguilar



**INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.
RED BIOLOGÍA Y CONSERVACIÓN DE VERTEBRADOS**



“2019, Año del Caudillo del Sur, Emiliano Zapata”

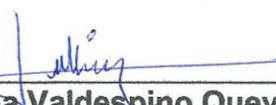
Fecha: 24 de mayo del 2019

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada **“Infección de parásitos helmintos y coccidios intestinales en el zacatuche (*Romerolagus diazi*): efectos de la estacionalidad climática y la abundancia del hospedero”** del alumno **Zuri Samuel Vera García**, con número de matrícula **7920120308**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente



Dra. Carolina Valdespino Quevedo



15 de Mayo, 2019

**Comisión de Seguimiento Académico
Maestría en Biología Integrativa de la
Biodiversidad y la Conservación
Presente**

Como integrante del jurado y después de haber evaluado la tesis titulada "**Infección de parásitos helmintos y coccidios intestinales en el zacatuche (*Romerolagus diazi*): efectos de la estacionalidad climática y la abundancia del hospedero**" del alumno **Zuri Samuel Vera García**, con número de matrícula **7920120308**, aspirante al grado de Maestro en Biología Integrativa de la Biodiversidad y la Conservación, considero que la tesis reúne los requisitos para ser presentada y defendida en el examen de grado. Por lo tanto emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente

Ph. D. Francisco Agustín Jiménez