

**INFLUENCIA DEL SEXO, EDAD, TALLA Y
ESTACIONALIDAD DE *Peromyscus yucatanicus*
(Rodentia: Cricetidae) EN LA INTERACCIÓN CON
SUS ECTOPARÁSITOS EN EL NORTE DE
YUCATÁN, MÉXICO.**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS EN MANEJO DE
RECURSOS NATURALES TROPICALES**

POR

**Licenciada en biología
Fanny Concepción Quijano Zapata**

Asesores:

**Dr. Enrique Reyes Novelo
Dr. Hugo Ruiz Piña**

Mérida, Yucatán, México octubre de 2016

DECLARACIÓN

El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente.

El presente trabajo de tesis se realizó con el patrocinio del proyecto “Monitoreo, vigilancia e intervención de patógenos zoonóticos y ETVs en un área rural del estado de Yucatán” financiado por el PROMEP con clave de registro SISTPROY CIRB-2013-0007 bajo la dirección del Dr. Enrique Reyes Novelo y el Dr. Hugo A. Ruiz Piña en el Laboratorio de Zoonosis y otras Enfermedades Transmitidas por Vector del Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi” de la Universidad Autónoma de Yucatán.

DEDICATORIA

Primeramente dedico este trabajo a mi madre Leticia Zapata por su constante apoyo y motivación para cumplir con mis objetivos, gracias por estar siempre para mí,
te amo mamá.

A mi padre Jesús Quijano por facilitarme la oportunidad de recibir una educación con la cual me he formado como persona y profesional.

A mis hermanos Wilma y Carlos, ustedes sentaron las bases de superación en mí. Por su apoyo, cariño, compañía y por las sobrinas que han dado.

A mis sobrinas Dafne, Natalia, Camila y Sofia por ser una motivación constante, por acompañarme en este proceso y hacerlo divertido, las quiero muchísimo.

A mi novio Jesús Sepulveda, por acompañándome en los buenos y malos momentos, por tu apoyo incondicional, te has convertido en uno de mis pilares, te amo.

AGRADECIMIENTOS

Primero, agradecerle sinceramente a mi asesor el Dr. Enrique Reyes-Novelo por sus conocimientos, paciencia, motivación, consejos y orientaciones en lo académico y en lo personal que me ha brindado durante todos estos años que hemos trabajado juntos. Muchas gracias.

A mi asesor el Dr. Hugo Ruiz-Piña, por asesorarme para el desarrollo de la tesis y por sus consejos. Muchas gracias.

Al Dr. Juan Morales-Malacara por su apoyo con la identificación de las especies de ectoparásitos, por recibirme y facilitarme el uso de las instalaciones del laboratorio en la UMDI de Querétaro durante mi estancia, pero sobretodo gracias por todas sus atenciones.

A la Universidad Autónoma de Yucatán, en especial a la Unidad de Posgrado Institucional del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, por haber sido mi casa de estudio por segunda vez.

Al Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi por permitirme el uso de sus instalaciones para la realización de esta investigación.

Al mis tutores Dra. Silvia Hernández Betancourt, Dr. Jorge Navarro Alberto, Dr. Iván Rodríguez Vivaz por sus valiosos comentarios realizados a este documento.

Al proyecto “Monitoreo, vigilancia e intervención de patógenos zoonóticos y ETVs en un área rural del estado de Yucatán” financiado por el PROMEP con clave de registro SISTPROY CIRB-2013-0007.

Al CONACYT por el otorgamiento de la beca 627161 para estudiar mi posgrado.

A todas aquellas personas del “Equipo de trabajo Molas2” por el apoyo en campo y en laboratorio, en especial a Alan Cuxim.

A todos mis compañeros y amigos de maestría, quienes estuvieron conmigo a lo largo de este viaje.

RESUMEN

En los últimos años se ha incrementado el interés por describir la diversidad de ectoparásitos asociadas a ratones, sin embargo, el enfoque ecológico para entender la dinámica parásito-hospedero aún no ha sido abordado. El presente estudio tiene como objetivo dar a conocer la riqueza de ectoparásitos, estimar índices de infestación y determinar si existe una relación entre el sexo, la edad, la talla y/o la estacionalidad de la población de *Peromyscus yucatanicus* con la abundancia de sus ectoparásitos. El estudio se realizó en vegetación secundaria de selva baja caducifolia de los alrededores de la comisaria de Molas, Mérida, Yucatán. Se realizaron muestreos mensuales en cinco cuadrantes adyacentes (40m x 90m, 50 trampas Sherman c/u a 10m de equidistancia) de marzo de 2014 a marzo de 2015, se aplicó la técnica de captura-recaptura y cada individuo se marcó por ectomización de falanges. La remoción de ectoparásitos de cada individuo se realizó mediante anestesia con éter, los ratones fueron pesados, medidos y se determinaron sexo y edad. Los ectoparásitos colectados se montaron e identificaron con el empleo de claves taxonómicas especializadas para cada grupo de artrópodo. Mediante modelos de regresión binomial negativa se evaluó la asociación entre el sexo, edad, talla del hospedero y temporada climática, con la abundancia de ectoparásitos. En total se capturaron 78 individuos (228 recapturas) de *Peromyscus yucatanicus* y la abundancia de la población aumentó en la temporada de lluvias. Se identificaron cinco especies de ectoparásitos de las cuales el ácaro *Prolistophorus* sp. es una nueva especie que debe ser descrita, el ácaro *Androlaelaps (Eubrachylaelaps) jamesoni* es un nuevo registro para *P. yucatanicus*. Los índices de infestación para el total de ectoparásitos fueron mayores en la temporada de lluvias, sin embargo cada especie presentó índices de infestación particulares. La abundancia de los ácaros *Prolistophorus* sp. y *Androlaelaps (Haemolaelaps) fahrenheitzi* estuvieron asociados a la edad del hospedero, siendo mayor en los adultos. En conclusión, los resultados de este trabajo muestran que en la población de *P.yucatanicus* estudiada, la edad de los ratones es el factor que determina la abundancia de sus ectoparásitos.

Palabras clave: abundancia de ectoparásitos, roedor, acaros, garrapata, pulga.

SUMMARY

In recent years there has been an increasing interest in describing the ectoparasite diversity associated to mice, however, the ecological approach to understand the dynamics of host-parasite remains to be addressed. The objective of the present study is to describe the ectoparasite richness, estimate the rates of infestation, and determine if the abundance of ectoparasites is related to sex, age, size and / or seasonality of *Peromyscus yucatanicus*. The study was conducted in secondary deciduous forest vegetation, in the rural town of Molas, Merida, Yucatan. Samples were collected monthly in five adjacent quadrants (40m x 90m, each with 50 Sherman traps 10m equidistance) from March 2014 to March 2015, the technique of capture-recapture was applied marking each individual by phalanges ectomization. Removing ectoparasites of each individual was performed using ether vapors as an anesthetic. Each mouse was weighed, measured and sex and age determined. The collected ectoparasites were mounted and identified with the use of specialized taxonomic keys for each group of arthropod. Using negative binomial regression models the association between sex, age, size and season host with the abundance of ectoparasites was evaluated. In total 78 individuals of *Peromyscus yucatanicus* were captured (228 recaptures) with an increased in abundance in the rainy season. Five species of ectoparasites were identified, the mite *Prolistophorus* sp. is a new species and should be described, the mite *Androlaelaps (Eubrachylaelaps) jamesoni* is a new record for *P. yucatanicus*. Infestation indices for the total ectoparasite composition were higher in the rainy season, however each species had a particular infestation rate. The abundance of mites *Prolistophorus* sp. and *Androlaelaps (Haemolaelaps) fahrenheitzi* were associated with the age of the host, being higher in adults. In conclusion, the results of this study shows that, for the studied *P. yucatanicus* population, the age of mice is the main factor that determines the abundance of its ectoparasites.

Keywords: ectoparasites, rodent, mites, tick, flea.

ÍNDICE

DECLARACIÓN.....	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
RESUMEN.....	IV
SUMMARY.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 ORIGEN DEL PARASITISMO Y LOS PRINCIPALES GRUPOS DE ARTRÓPODOS ECTOPARÁSITOS.....	2
2.2 RELACIÓN PARÁSITO-HOSPEDERO.....	4
2.3 CARACTERÍSTICAS DE <i>Peromyscus yucatanicus</i> Y ESTUDIOS SOBRE SUS ECTOPARÁSITOS.....	6
HIPÓTESIS.....	9
OBJETIVO GENERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	10
REFERENCIAS.....	11
ARTÍCULO.....	15
Influencia del sexo, edad, talla y estacionalidad de <i>Peromyscus yucatanicus</i> (Rodentia: Cricetidae) en la interacción con sus ectoparásitos.....	15
Resumen.....	16
Abstract.....	16
Materiales y métodos.....	18
Área de estudio.....	18
Captura de <i>Peromyscus yucatanicus</i>	19
Colecta e identificación de ectoparásitos.....	20
Análisis de datos.....	20
Resultados.....	21
Población de <i>Peromyscus yucatanicus</i>	21
Ectoparásitos e índices de infestación.....	22

Relación de los ectoparásitos con <i>Peromyscus yucatanicus</i>	23
Discusión	25
Población de <i>Peromyscus yucatanicus</i>	25
Ectoparásitos, prevalencia e índices de parasitismo	25
Relación ectoparásito-hospedero	28
Agradecimientos	30
Referencias	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Abundancia de <i>Peromyscus yucatanicus</i> de marzo-2014 a marzo-2015 en Molas, Yucatán.....	22
--	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de hospederos parasitados (H), número de ectoparásitos (No.), prevalencia (P), intensidad media (IM) y abundancia media (AM) de cada especie de ectoparásito de <i>Peromyscus yucatanicus</i> Molas, Yucatán, México. IC=Intervalo de confianza bootstrap.....	23
Cuadro 2. Número de hospederos parasitados (H), número de ectoparásitos (No.), prevalencia (P), Intensidad media (IM) y abundancia media (AM) de los ectoparásitos de <i>Peromyscus yucatanicus</i> por temporada de Molas, Yucatán, México. IC=Intervalo de confianza bootstrap.....	24
Cuadro 3. Resumen de las variables significativas en el modelo de regresión binomial negativa sobre el efecto del sexo, edad, talla y temporada de captura de <i>Peromyscus yucatanicus</i> en la abundancia de los ácaros <i>Prolistrophorus</i> sp. y <i>Androlaelaps (H.) fahrenheitzi</i>	24

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

En años recientes se ha incrementado el estudio de las interacciones entre los ectoparásitos y sus hospederos debido a que se está reconociendo el papel de los parásitos como reguladores de las poblaciones y la estructuración de las comunidades de sus hospederos, lo mismo que su función en la transmisión de patógenos (Morand y Deter, 2009; Rodríguez et al., 2013).

Alrededor del mundo se ha documentado que los niveles de parasitismo pueden variar entre individuos de la misma especie y esta variación se ha asociado principalmente con las características intrínsecas sexo, talla y edad del hospedero y extrínsecas como la estacionalidad anual generando varias teorías sobre la interacción parasito-hospedero, sin embargo, algunos estudios confirman estas teorías y otros no (Anderson y May, 1978; Lafferty, 1997; Soliman et al., 2001; Krasnov et al., 2006; Poulin, 2013; Dallas y Presley 2014).

Con relación al estudio de la ecología de los ectoparásitos y sus hospederos, en México se han realizado trabajos sobre ectoparásitos de fauna silvestre de los cuales los roedores son el grupo de mamíferos con más registros, sin embargo, la gran mayoría han sido de carácter estrictamente faunístico (Whitaker y Morales-Malacara, 2005).

En Yucatán, los roedores representan el segundo grupo de mamíferos con mayor diversidad, pero son pocos los estudios que han abordado algunos aspectos sobre la relación con sus ectoparásitos como prevalencia, intensidad y abundancia media del parasitismo (Quintero et al., 2001; Quijano-Zapata, 2013; Baas-Cruz, 2014). Por esto, el presente trabajo pretende explorar la relación entre el ratón venado *Peromyscus yucatanicus* y sus ectoparásitos, como modelo de estudio para probar la siguiente hipótesis: los machos adultos de *P. yucatanicus* con mayor talla, presentarán altos niveles de infestación por ectoparásitos y dicha infestación será mayor en la temporada seca en los individuos que componen la población.

Este pequeño roedor es endémico de la Provincia biótica de la Península de Yucatán y frecuente en el ambiente doméstico, peridoméstico y silvestre en las zonas rurales; también es reservorio de algunos patógenos zoonóticos por lo que el conocimiento de la interacción con sus ectoparásitos es la base para comprender los ciclos de transmisión de enfermedades y, por ende, tener las herramientas necesarias para controlar o prevenir brotes zoonóticos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN DEL PARASITISMO Y LOS PRINCIPALES GRUPOS DE ARTRÓPODOS ECTOPARÁSITOS

Los parásitos se consideran una de las principales fuerzas ecológicas y evolutivas que moldean las poblaciones locales. Sin embargo debido a la poca evidencia fósil, los investigadores han sido forzados a especular acerca del origen y ruta del parasitismo y, como resultado de esto se han propuesto varias teorías. Waage (1979) propuso dos vías para la evolución del parasitismo en artrópodos: 1) la asociación estrecha y frecuente con los hospederos precede a adaptaciones para la alimentación parasítica; 2) las adaptaciones para la alimentación parasítica precede a la asociación con el hospedero eventual. Ambas vías suponen un alto contacto con los hospederos por tanto la abundancia de los artrópodos viviendo en madrigueras o nidos de vertebrados debió haber jugado un papel relevante en las interacciones de estos dos grupos de animales; es razonable entonces, esperar que la alimentación parasítica haya evolucionado numerosas veces a través de esta ruta (Dowling, 2015).

Esto ha sido postulado para algunos ácaros Dermanyssoides, porque muchas especies se encuentran comúnmente viviendo en el ambiente de la madriguera o nidos, y también ha sido una explicación común para la evolución de los ácaros de plumas y pelos (Fain y Hyland, 1985; Proctor, 2003). La foresis también ha sido atribuida para proveer una vía hacia el parasitismo, varios grupos de ácaros utilizan otros organismos para transportarse de un hábitat o fuente de alimento a otro, y esta exposición constante a un hospedero potencial puede haber proveído los medios necesarios a algunas especies para hacer el cambio al parasitismo (OConnor, 1982).

La otra ruta conocida como pre-adaptación, implica que las características para la alimentación parasítica ya estaban presentes, y los organismos solo necesitaban ser puestos en contacto con un hospedero potencial. Los ácaros Dermanyssoides en general están muy bien pre-adaptados al parasitismo. Los quelíceros, aún en las formas depredadoras de vida libre más primitiva, pueden alimentarse efectivamente de secreciones, escamas, costras e incluso hasta desgarrar la piel de jóvenes vertebrados para alcanzar la sangre. Los quelíceros

de los acaros dermanisidos de vida libre están más generalizados que aquellos otros mesostigmados depredadores, lo que les puede estar proveyendo la ventaja necesaria para invadir el nicho parasítico. Esta hipótesis coincide con Evans (1955, citado en Dowling, 2015) ya que considera que todos los grupos parasíticos surgieron de ancestros depredadores, basado en su propia creencia que los Dermanyssoides depredadores son capaces de alimentarse de un hospedero y utilizar la sangre como alimento, pero no son parásitos precisamente por la falta de contacto.

En las pulgas se han expuesto los mismo escenarios para el origen del parasitismo, conocidas como “adaptación al parasitismo” y “pre-adaptación al parasitismo”, la primera menciona que la pérdida de alas, la habilidad para saltar y la compresión lateral del cuerpo evolucionó como una adaptación de parasitismo, sin embargo ha sido desestimada ya que la morfología de los fósiles de pulgas sugiere que en el Eoceno tardío, cuando los órdenes de mamíferos modernos empezaron a aparecer, las pulgas ya tenían su aspecto característico y la especialización morfológica al parasitismo. Por lo que Medvedev (2005, citado por Krasnov, 2008) desafió lo antes mencionado (i.e. las características de las pulgas resultaron de la transición al parasitismo) proponiendo el segundo escenario de “pre adaptación al parasitismo” (i.e. algunas de las características de las pulgas estaban preadaptadas y facilitaron la transición al parasitismo); él teorizaba que la pérdida de alas, la habilidad para saltar y la compresión lateral del cuerpo de las pulgas estaban todas asociadas con su vida en condiciones espacialmente restringidas (e.g. madriguera del hospedero) más que con el parasitismo *per se*, mientras otras características (como partes bucales succionadoras, la parte frontal de quilla del cuerpo, peines y cerdas) son adaptaciones relacionadas al parasitismo. Además, sugirió que el origen de las pulgas fue en el jurásico temprano y el apogeo de la evolución de las pulgas parece comenzar más tarde, en el Eoceno, porque la diversificación de las pulgas probablemente evolucionó como una respuesta a la diversificación de los mamíferos (Krasnov, 2008).

2.2 RELACIÓN PARÁSITO-HOSPEDERO

El parasitismo es una forma de vida exitosa y ampliamente extendida en la naturaleza, representa del 30% al 50% de la biodiversidad global de las especies animales (Poulin y Morand, 2004). Esta asociación es heterotípica negativa, es decir, los parásitos se aprovechan de sus hospederos para adquirir recursos para su sobrevivencia de forma temporal o permanente, externa o interna. Por lo tanto, el parásito depende metabólicamente y evolutivamente del hospedero; en este contacto, el parásito provoca efectos patógenos o modifica la homeostasis del hospedero (Martínez y Cordero, 1999).

Existen evidencias que indican que los parásitos fueron originalmente organismos de vida libre que lograron contacto sistemático exitoso con el hospedero (Sánchez, 2000), por lo que a lo largo del tiempo la interacción parasitaria se ha hecho muy diversa y compleja, con lo cual han surgido varias categorías, una de las cuales incluye a los ectoparásitos que se alimentan externamente mediante la inserción de sus partes bucales en la piel del hospedero, viviendo parte o toda su vida asociados al hábitat creado por la piel y anexos del cuerpo del hospedero (Marshall, 1981).

A lo largo del tiempo se han realizado diversos estudios en los que se ha evidenciado, principalmente de forma experimental y correlacional, el impacto que los parásitos pueden tener en las historias de vida y dinámica poblacional de los hospederos (Sheldon y Verhulst, 1996). Los parásitos en general pueden tener un gran impacto en las cadenas tróficas, demografía y variabilidad genética de las poblaciones de hospederos y las interacciones competitivas entre especies. Su potencial invasivo y estas modificaciones al final pueden ser favorables o desfavorables para la biodiversidad (Thomas et al., 1998; Hudson et al., 2006).

En la relación parásito-hospedero existe inequidad en el grado de infestación, es decir, que esta interacción está caracterizada por la variabilidad (entre individuos y especies de hospederos) y la asimetría de la infestación, lo que permitirá la regulación y la estabilidad de la población del hospedero. Por ejemplo, el sexo del hospedero puede incrementar el riesgo de infestación y el impacto individual de la supervivencia y la reproducción (Bush y Clayton, 2006; Krasnov et al., 2006).

En algunas especies de mamíferos, los machos suelen ser de mayor talla que las hembras por lo que son más susceptibles a ser parasitados y aumenta su mortalidad, a diferencia de los machos de otras especies con menos dimorfismo (Bush y Clayton, 2006). Estas diferencias se atribuyen a menudo a los efectos inmunosupresores de los andrógenos como la testosterona ya que debilita el sistema inmune, causando una disminución cuantificable en la salud, a medida que aumenta la testosterona, la inmunidad mediada por las células T disminuye, lo que hace al animal más susceptible a la infestación y también a enfermedades (Duffy et al., 2000).

También en los machos de mamíferos se ha detectado por lo general que la mayor parte del gasto energético se asigna para el crecimiento en lugar de a la defensa inmune, haciendo que los machos sean más susceptibles a los parásitos que las hembras de la misma especie de menor tamaño; adicionalmente, debido a su tamaño, los machos pueden ser simplemente objetivos más grandes para los ectoparásitos que las hembras (Duffy et al., 2000; Perez-Orella y Schulte-Hostedde, 2005).

La edad es uno de los parámetros importantes en la dinámica hospedero-parásito y se ha relacionado con las diferencias en el nivel de infestación, la mortalidad inducida por parásitos y consecuente la distribución de los parásitos entre los individuos (Anderson y Gordon, 1982). Hawlena et al. (2006) mencionan que la edad del hospedero podría ser uno de los factores clave que afectan a esta dinámica, ya que durante la ontogénesis, un organismo a menudo pasa por cambios significativos en morfología, fisiología, ecología y comportamiento. Estos cambios pueden deberse a la exposición a infestación por parásitos, la capacidad en la resistencia y la susceptibilidad a los parásitos; por ejemplo, cuando éstos son reclutados más rápido de lo que mueren, se espera que la infestación aumente con la edad del hospedero, porque los adultos han tenido un tiempo de vida más largo por lo tanto pueden acumular más parásitos que los juveniles. Por el contrario, si los parásitos mueren antes de ser reclutados, el nivel de infestación puede disminuir con la edad del hospedero. Estas diferencias en la infestación pueden causar mortalidad dependiendo de la intensidad en juveniles y adultos (Anderson y May, 1978; Sol et al., 2003).

Por otra parte, los ectoparásitos son sensibles a los factores abióticos, por lo tanto podrían tener una influencia importante en la presión parasítica en sus hospederos (Carrillo et al., 2007). Diferentes estudios experimentales y de campo han mostrado que el ambiente en el cual el hospedero y el parásito interactúan puede afectar sustancialmente la fuerza de la interacción y la especificidad de selección de hospederos por los ectoparásitos, modificándose de esta forma la interacción (Wolinska y King, 2009). En estudios con garrapatas se ha observado que la precipitación y la temperatura por sí solas o en conjunto tienen un efecto significativo en sus poblaciones mientras que en otros estudios no se ha observado algún efecto (Moyer et al., 2002; Subak, 2003; Carrillo et al., 2007). En el actual escenario de cambio climático es probable que los factores abióticos tengan un efecto mayor sobre la distribución y abundancia de parásitos (Sutherst, 2001).

2.3 CARACTERÍSTICAS DE *Peromyscus yucatanicus* Y ESTUDIOS SOBRE SUS ECTOPARÁSITOS

Los miembros del género *Peromyscus* constituyen uno de los grupos de mamíferos más numeroso y rico en especies en Norte y Centroamérica incluido México, las diferentes especies han colonizado una amplia gama de hábitats incluidos los humedales a nivel del mar, playas, bosques, desiertos, y elevaciones de hasta 4,000 metros, las especies más estudiadas son *P. maniculatus* y *P. leucopus* (Álvarez-Castañeda y González-Ruiz, 2008; Kenney-Hunt et al., 2014). Sobre el estudio de roedores del género *Peromyscus* y sus ectoparásitos en México, existen reportes de al menos una especie de ectoparásito para aproximadamente 23 especies del género dentro de las cuales se encuentra *P. yucatanicus* (Whitaker y Morales-Malacara, 2005).

El ratón venado, como coloquialmente se le conoce a *P. yucatanicus*, es de tamaño medio, endémico de la Provincia de la Península de Yucatán, se distribuye a lo largo del área selvática semidecidua a semiperenne de la Península de Yucatán (Young y Knox, 1983). Se pensaba que sólo alcanzaba el norte y centro de Campeche y Quintana Roo, sin embargo, ha habido registro de su presencia en la selva de Guatemala (Zarza et al., 2003) y Belice (Bersot,

2003). Este roedor se reproduce durante todo el año, las hembras gestantes o lactantes se presentan en abril, julio, agosto, noviembre y diciembre; los juveniles se han capturado en los meses de marzo, julio, agosto, noviembre y diciembre; el periodo de gestación tiene una duración aproximada de 31 a 33 días y comúnmente paren tres crías por camada, presenta altas densidades en las selvas bajas del norte de Yucatán, y al norte del estado de Quintana Roo en la selva mediana (Young y Knox, 1983; Címé-Pool et al., 2007; Hernández-Betancourt et al., 2012; Mac-Swiney et al., 2012).

En Yucatán, *P. yucatanicus* es la especie silvestre mejor adaptada a los diferentes hábitats de la región, incluso puede adaptarse a sistemas menos conservados como son selvas secundarias, milpas y pastizales por lo que puede llegar a ser una plaga en plantíos de maíz (Birney et al., 1974; Címé-Pool et al., 2007). Las especies que generalmente conforman la comunidad de roedores de la región además de *P. yucatanicus* son *Heteromys gaumeri*, *Ototylomys phyllotis*, *Oryzomys couesi*, *Sigmodon hispidus*, *Peromyscus leucopus* y *Mus musculus* (Címé-Pool et al., 2007; 2010; Hernández-Betancourt et al., 2010).

La gran mayoría de los estudios sobre ectoparásitos realizados en Yucatán se enfocan a los grupos entomológicos más importantes desde el punto de vista veterinario y económico (Rodríguez-Vivas y Domínguez-Alpizar, 1998), por lo que los estudios de pequeños roedores se han realizado esporádicamente. Sólo cuatro estudios reportan alguna especie de ectoparásito para *P. yucatanicus*; uno de los primeros los realizó Loomis en el año de 1969 en “Chiggers (Acarina, Trombiculidae) from vertebrates of the Yucatan Peninsula, Mexico” impulsado por el Museo de Historia Natural de la Universidad de Kansas que inició un programa para inspeccionar la fauna de vertebrados de la región. Este trabajo reportó una especie de la familia Leeuwenhoekiidae: *Odontacarus chiapanensis*, y ocho especies de la familia Trombiculidae: *Odontacarus tubercularis*, *Cordiseta mexicana*, *Eutrombicula alfreddugesi*, *Hoffmannia suriana*, *Parasecia gurneyi*, *Pseudoschoengastia brennani* y *Speleocola secunda*.

En el año de 1990 Hoffmann, publicó “Los trombiculidos de México (Acarina: Trombiculidae)”; la autora realizó un exhaustivo trabajo en el que tratan aspectos taxonómicos de las larvas de trombiculidos y proporciona claves de identificación y diagnosis de 163 especies encontradas en 727 especies de vertebrados (21 anfibios, 143 reptiles, 154 aves y 409 mamíferos), el orden Rodentia es el que tiene la mayor cantidad de especies de hospederos examinados, sin embargo, en este libro solamente se actualizan varios de los registros para *P. yucatanicus* realizados por Loomis (1969).

Uno de los trabajos publicados recientemente de ectoparásitos se titula “Fleas (Siphonaptera) of the Yucatan, Peninsula (Campeche, Quintana Roo and Yucatán), Mexico”, realizado por Eckerlin (2005). Este autor realizó una revisión de la diversidad de pulgas de la península e incluyó nuevos registros para *P. yucatanicus*, las pulgas *Polygenis odiosus* y *Polygenis sp.* de la familia Rhopalopsyllidae.

Dentro de los trabajos más recientes aún no publicados se encuentra la tesis de Quijano-Zapata (2013) titulada “Ectoparásitos de roedores de una localidad rural de Yucatán, México” en donde se reporta la riqueza e índices de parasitismo (prevalencia, intensidad y abundancia media) de cinco nuevos registros de ectoparásitos para *P. yucatanicus*, los ácaros *Prolistrophorus sp.*, *Psoroptes sp.*, *Eucheyletia sp.*, *Androlaelaps fahrenheitsi*, de las familias Listrophoridae, Psoroptidae, Trombiculidae, Laelapidae respectivamente y dos ácaros más que no fueron identificados de las familias Laelapidae y Dermanyssidae; también reporta la garrapata *Amblyomma parvum* de la familia Ixodidae.

Posteriormente en el año 2014, se realiza la tesis por Baas-Cruz titulada “Infestación temporal por *Polygenis odiosus* (siphonaptera: rhopalopsyllidae)” sobre *Peromyscus yucatanicus* (rodentia: muridae) en una selva baja caducifolia del norte de Yucatán”, siendo el primer estudio sobre la dinámica de la relación de este roedor con sus ectoparásitos.

HIPÓTESIS

Dado que el ectoparasitismo en algunas especies de mamíferos está correlacionado con el sexo, la talla y la edad, los cuales son características intrínsecas del hospedero y diversos trabajos han mostrado que dicha relación puede estar condicionada por cambios estacionales, el presente estudio pretende probar la siguiente hipótesis:

Los machos adultos de *P. yucatanicus* con mayor talla, presentarán altos niveles de infestación por ectoparásitos y dicha infestación aumentará en el período de seca en la población.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación entre el sexo, talla, edad y la variación temporal de *Peromyscus yucatanicus* con los índices de infestación por ectoparásitos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Describir la fluctuación estacional de la población de *P. yucatanicus* en cuanto a sexo, talla y edad.
- Estimar los índices generales de infestación por ectoparásitos: prevalencia, intensidad promedio, abundancia promedio y abundancia parasitaria total sobre la población de *P. yucatanicus* considerando su variación temporal.
- Determinar la asociación entre las características del hospedero y los índices de infestación por ectoparásitos.

REFERENCIAS

- Álvarez-Castañeda, S.T., y N. González-Ruiz. 2008.** Análisis preliminar de las relaciones filogenéticas entre los grupos de especies del género *Peromyscus*. En Lorenzo, C., E. Espinoza y J. Ortega (Eds.). Avances en el Estudio de los Mamíferos de México. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México D.F.
- Anderson, R. M., y D. M. Gordon. 1982.** Processes influencing the distribution of parasite numbers within host populations with special emphasis on parasite-induced host mortalities. *Parasitology*. 85(02): 373-398.
- Anderson, R. M., y R. M. May. 1978.** Regulation and stability of host-parasite population interactions: I. Regulatory processes. *J Anim Ecol*. 219-247.
- Baas-Cruz, E. 2014.** Infestación temporal por *Polygenis odiosus* (Siphonaptera: Rhopalopsyllidae) sobre *Peromyscus yucatanicus* (Rodentia: Muridae) en una selva baja caducifolia del norte de Yucatán. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. pp. 44.
- Bersot, V. 2003.** Small mammal inventory in the Shipstern Nature Reserve (Corozal District, Belize, Central America), a preliminary assessment. *Re Suisse de Zool*. 110: 207-246.
- Birney,rod E. C., J. B. Bowles, R. M. Timm, y S. L. Williams. 1974.** Mammalian distribution records in Yucatan and Quintana Roo, with comments on reproduction, structure, and status of Peninsula populations. *Occasional Papers, Bell Museum Natural History*. 13:1-25.
- Bush, S. E., y D. H. Clayton. 2006.** The role of body size in host specificity: reciprocal transfer experiments with feather lice. *Evolution*. 60(10):2158-2167.
- Carrillo, C. M., F. Valera, A. Barbosa, y E. Moreno. 2007.** Thriving in an arid environment: high prevalence of avian lice in low humidity conditions. *Ecoscience*. 14(2): 241-249.
- Cimé-Pool, J., S. F. Hernández-Betancourt, y J. Chablé-Santos. 2007.** Comunidad de pequeños roedores en una milpa tradicional del centro de Yucatán, México. *Rev Mex Masto. Nueva Época*. 11(1): 57-68.
- Dallas, T., y S. J. Presley. 2014.** Relative importance of host environment, transmission potential and host phylogeny to the structure of parasite metacommunities. *Oikos*. 123(7): 866-874.
- Dowling, A. 2015.** The evolution of parasitism and host associations in mites. En: Morand, S., B. R. Krasnov, T. Littlewood, y D. T. J. Littlewood (Eds.). *Parasite Diversity and Diversification*. Cambridge University Press.

- Duffy, D. L., G. E. Bentley, D. L. Drazen, y G. F. Ball. 2000.** Effects of testosterone on cell-mediated and humoral immunity in non-breeding adult European starlings. *Behav. Ecol.* 11(6): 654-662.
- Eckerlin, R. 2005.** Fleas (Siphonaptera) of the Yucatan Peninsula (Campeche, Quintana Roo, and Yucatán), Mexico. *Caribb. J. Sci.* 41(1): 152–157.
- Fain, A., y K.W. Hyland. 1985.** Evolution of astigmatid mites on mammals. En: Kim, K.C. (ed.). *Coevolution of Parasitic Arthropods and Mammals.* Wiley-Interscience. New York.
- Hawlena, H., Z. Abramsky, y B. R. Krasnov. 2006.** Ectoparasites and age-dependent survival in a desert rodent. *Oecologia.* 148(1): 30-39.
- Hernández-Betancourt, S., C. Sélem-Salas, A. Cimé-Pool, y J. Chablé. 2010.** Diversidad de pequeños roedores de la Península de Yucatán. *Bioagrocencias.* 2(3):28-31
- Hernández-Betancourt S., J. Cimé-Pool, S. Medina-Peralta y C. Durán-Miranda. 2012.** Parámetros poblacionales del ratón yucateco *Peromyscus yucatanicus* de una selva baja caducifolia del norte de Yucatán, México. En: Cervantes F. y C. Ballesteros-Barrera (Eds). *Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres Mexicanos.* Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. D.F. México.
- Hoffman, A. 1990.** Los Trombiculidos de México (Acarina: Trombiculidae). Instituto de Biología. Universidad Autónoma de México. D.F. México.
- Hudson, P. J., A. P. Dobson, y K. D. Lafferty. 2006.** Is a healthy ecosystem one that is rich in parasitesbush? *Trends Ecol Evol.* 21(7): 381-385.
- Kenney-Hunt, J., A. Lewandowski, T. C. Glenn, J. L. Glenn, O. V. Tsyusko, R. J, O'Neill, y M. R. Felder. 2014.** A genetic map of *Peromyscus* with chromosomal assignment of linkage groups (a *Peromyscus* genetic map). *Mamm Genome.* 25(3-4):160-179.
- Krasnov, B. R. 2008.** Functional and evolutionary ecology of fleas: a model for ecological parasitology. Cambridge University Press.
- Krasnov, pau B. R., M. Stanko, D. Miklisova, y S. Morand. 2006.** Host specificity, parasite community size and the relation between abundance and its variance. *Evol Ecol.* 20: 75–91.
- Lafferty, K.D. 1997.** Environmental parasitology: what can parasites tell us about human impacts on the enviroment?. *Parasitol Today.* 13:251 – 255.
- Loomis, R. 1969.** Chiggers (Acarina, Trombiculidae) from vertebrates of the Yucatan Peninsula, Mexico. University of Kansas, Museum of Natural History. 50:1-22.
- Mac-Swiney, Ma. C., S. Hernández-Betancourt, J. Panti-May, y J. Pech-Canché. 2012.** Ecología poblacional del ratón yucateco *Peromyscus yucatanicus* (Rodentia: Cricetidae) en las selvas de Quintana Roo, México. En: Cervantes F. y C. Ballesteros-Barrera (Eds).

Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres Mexicanos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México.

Marshall, A. G. 1981. The ecology of ectoparasitic insects. New York Academic Press..

Martínez-Fernández, A.R. y M. Cordero Del Campillo. 1999. El parasitismo y otras asociaciones biológicas. Parásitos y hospedadores. En: Cordero M., F. Rojo y A. R. Martínez (Eds). Parasitología Veterinaria. McGraw-Hill Interamericana. España.

Morand S. y J. Deter. 2009. Parasitism and regulation of the host population. Thomas, F., J. Guégan, y F. Renaud (Eds). Ecol Evol Parasit. OXFORD. Gran Bretaña.

Moyer, B. R., D. M. Drown, y D. H. Clayton. 2002. Low humidity reduces ectoparasite pressure: implications for host life history evolution. Oikos. 97(2): 223-228.

OConnor, B. M. 1982. Evolutionary ecology of astigmatid mites. Annu Rev Entomol. 27: 385-409.

Perez-Orella, C., y A. I. Schulte-Hostedde. 2005. Effects of sex and body size on ectoparasite loads in the northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus*). Can J Zool. 83(10): 1381-1385.

Poulin, R. 2013. Explaining variability in parasite aggregation levels among host samples. Parasitology. 140(04): 541-546.

Poulin, R., y S. Morand 2004. Parasite biodiversity. Smithsonian Institution. Washington, DC.

Proctor, H. C. 2003. Feather mites (Acari: Astigmata): ecology, behavior, and evolution. Annu Rev Entomol. 48:185-209.

Quijano-Zapata, F. 2013. Ectoparásitos de roedores de una localidad rural de Yucatán, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.

Quintero, M. M. T., M. Vargas, B. S. Hernández, P. García, y N. J. Otero. 2001. Ectoparasitic mites on *Heteromys gaumeri* in the south of Yucatan, Mexico. En: Acarology: Proceedings of the 10th International Congress. (pp. 583-585). CSIRO Publishing.

Rodríguez, D. J. G., J. L. Olivares, Y. Sánchez Castilleja, Y. Alemán, y J. Arece. 2013. Cambios climáticos y su efecto sobre algunos grupos de parásitos. Rev Salud Anim. 35(3): 145-150.

Rodríguez-Vivas R. y J. Domínguez-Alpizar. 1998. Grupos entomológicos de importancia veterinaria en Yucatán, México. Rev Biomed. 9:26-37.

Sánchez C. 2000. Origen y Evolución del Parasitismo. Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza. En: Sociedad de Cooperación de Artes gráficas. Zaragoza, España.

Sheldon, B. C., y S. Verhulst. 1996. Ecological immunology: costly parasite defences and trade-offs in evolutionary ecology. *Trends Ecol Evol.* 11(8): 317-321.

Sol, D., R. Jovani, y J. Torres. 2003. Parasite mediated mortality and host immune response explain age-related differences in blood parasitism in birds. *Oecologia.* 135(4): 542-547.

Soliman, S., A. S. Marzouk, A. J. Main, y A. A. Montasser. 2001. Effect of sex, size, and age of commensal rat hosts on the infestation parameters of their ectoparasites in a rural area of Egypt. *J Parasitol.* 87(6): 1308-1316.

Thomas, F., F. Renaud, T. De Meeûs, y R. Poulin. 1998. Manipulation of host behaviour by parasites: ecosystem engineering in the intertidal zone? *Proc R Soc Lond B Biol Sci.* 265(1401): 1091-1096.

Subak, S. 2003. Effects of climate on variability in Lyme disease incidence in the northeastern United States. *Am J Epidemiol.* 157(6): 531-538.

Sutherst, R. W. 2001. The vulnerability of animal and human health to parasites under global change. *Int J Parasitol.* 31(9): 933-948.

Waage, J. K. 1979. The evolution of insect/vertebrate associations. *Biol J Linn Soc.* 12(3): 187-224.

Whitaker, J., y J. Morales-Malacara. 2005. Ectoparasites and other associates (ectodytes) of mammals of Mexico. *Contribuciones Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa.* Instituto de Biología e Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

Wolinska, J., y K. C. King. 2009. Environment can alter selection in host-parasite interactions. *Trends in parasitol.* 25(5): 236-244.

Young, C.J. y K. Jones. 1983. *Peromyscus yucatanicus*. *Mammalian.* 196:1-3.

Zarza, H., R., A. Medellín, y S. Pérez. 2003. First record of the Yucatan deer mouse, *Peromyscus yucatanicus* (Rodentia: Muridae) from Guatemala. *Southwest Nat.* 48:310-312.

ARTÍCULO

Quijano-Zapata et al.: Interacción de *Peromyscus yucatanicus* y sus ectoparásitos.

Journal of Medical Entomology
Arthropod/Host Interaction

F. Quijano-Zapata
Centro de investigaciones regionales
“Dr. Hideyo Noguchi”.
Universidad Autónoma de Yucatán.
Por 59, Av. Itzáes 490, 97000, Mérida,
México.
Telefono: (044) 9999-072-135
E-mail: fannyquijanozapata@gmail.com

Influencia del sexo, edad, talla y estacionalidad de *Peromyscus yucatanicus* (Rodentia: Cricetidae) en la interacción con sus ectoparásitos

F. Quijano-Zapata, E. Reyes-Novelo y Hugo Ruiz-Piña

Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi” Universidad Autónoma de Yucatán. Av. Itzaes No.490 X 59A Centro, 97000, Mérida, Yucatán, México.

Este Artículo será enviado a la Revista The Journal of Medical Entomology

Resumen

Los hospederos y sus ectoparásitos tienen una relación ecológica mediada por varios mecanismos que causan diferentes patrones en la distribución y abundancia de los ectoparásitos entre los individuos. En el presente estudio, el objetivo fue explorar la asociación de factores intrínsecos y extrínsecos de los individuos de una población de *Peromyscus yucatanicus* Allen y Chapman (1897) con la abundancia de sus ectoparásitos. Se analizó la fluctuación poblacional de *P. yucatanicus* y se calcularon los índices clásicos de parasitismo. Mediante modelos de regresión binomial negativa se evaluó la asociación entre el sexo, edad, talla del hospedero y temporada climática, con la abundancia de ectoparásitos. En total se capturaron 78 individuos (228 recapturas) de *P. yucatanicus*. La abundancia de la población aumentó en la temporada de lluvias. Se identificaron cinco especies de ectoparásitos, la más abundante fue *Prolistophorus* sp. y los ácaros del género *Androlaelaps* presentaron altas prevalencias. La edad se encontró asociada con la abundancia de ectoparásitos para las especies *Prolistophorus* sp. y *A. (Haemolaelaps) fahrenheitzi*. Los resultados muestran que para algunas especies de ectoparásitos la selección entre hospederos no es un proceso azaroso.

Palabras clave: abundancia de ectoparásitos, roedor, ácaros, garrapata, pulga.

Abstract

The hosts and their ectoparasites have an ecological relationship mediated by several mechanisms that cause different patterns in the distribution and abundance of ectoparasites among individuals. The aim of the present study was to explore the association of some intrinsic and extrinsic factors of the *Peromyscus yucatanicus* Allen and Chapman (1897) population with the abundance of its ectoparasites. Mice population fluctuation was analyzed and the classical parasitism indexes were calculated. Using negative binomial regression models the association between sex, age, size and season host with the abundance of ectoparasites was evaluated. In total 78 individuals of *P. yucatanicus* were captured (228 recaptures) with an increased in abundance in the rainy season. Five species of ectoparasites were identified, *Prolistophorus* sp. was the most abundant and the genus mites *Androlaelaps* had the high prevalences. Mice age was found associated with the abundance of them

ectoparasites *Prolistrophorus* sp. and *A. (Haemolaelaps) fahrenheiti*. The results showed that for some species of ectoparasites discrimination between hosts is not a random process.

Existen evidencias que los parásitos son capaces de discriminar entre hospederos mediante distintos mecanismos y que la susceptibilidad entre individuos puede estar asociada al sexo, edad, tamaño corporal y cambios estacionales entre otros como el comportamiento y la dieta. Por esto, muchos investigadores se han enfocado en comprender cuál de los factores mencionados tienen un efecto en la abundancia de los parásitos, y si se cumplen las teorías generales que se han generado acerca de la relación parásito-hospedero, como que los machos adultos o aquellos con mayor talla corporal tienden a tener infestaciones significativamente más altas en comparación con el resto de la población, o también que los cambios estacionales influyen en la interacción (Poulin 1996; Schalk y Forbes 1997; Krasnov et al. 2002; Wilson et al. 2002; Weber et al. 2015).

Como resultado se ha observado que en ciertas especies se cumple o no con las teorías estipuladas. Por ejemplo Hillegas et al. (2008) observaron que los machos adultos y subadultos de las ardillas *Xerus inauris* se encontraban más parasitados por pulgas, garrapatas y piojos que las hembras adultas pero no fue el caso en los juveniles, también evaluaron la abundancia de endoparásitos en donde las hembras adultas tenían cargas mayores que los machos adultos, pero no hubo diferencia entre subadultos y juveniles. Por su parte Perez-Orella y Schulte-Hostedde (2005) encontraron que las hembras de la ardilla voladora (*Glaucomys sabrinus*) presentaban menos carga parasitaria por pulgas y ácaros que los machos y no hubo diferencia en la carga entre machos pequeños y grandes. Finalmente Krasnov et al. (2005) evaluó si el sexo, la estacionalidad anual o la talla según el sexo se encontraba relacionado con los niveles de parasitismo por pulgas en nueve especies de roedores, observó que existen diferencias en la infestación por pulgas según el sexo respecto a las temporadas; los machos de *Gerbillus a. allenbyi* se encontraban más parasitados en el verano y para los machos de otras cuatro especies (*G. dasyurus*, *G. henleyi*, *G. nanus*, *Meriones crassus*) durante el invierno al igual que las hembras de *Acomys russatus*. Estas diferencias no sólo se dieron en la infestación sino también en la riqueza y ensamble de las

pulgas, los machos de *G. a. allenbyi*, *G. dasyurus*, *G. henleyi* y *M. Crassus* estuvieron parasitados por ensambles más ricos que las hembras, mientras que para *A. russatus* fue lo contrario. Por consiguiente, la interacción entre parásitos y sus hospederos es complicada y se involucran muchos factores dependiendo de los organismos en estudio.

El presente trabajo pretende explorar la relación entre el ratón venado *Peromyscus yucatanicus* y sus ectoparásitos, como modelo de estudio para probar la siguiente hipótesis: los machos adultos de *P. yucatanicus* con mayor talla, presentarán altos niveles de infestación por ectoparásitos y dicha infestación será mayor en la temporada seca.

Este roedor es una especie endémica de la Provincia de la Península de Yucatán común en las selvas subcaducifolias a subperennifolias y en vegetación secundaria es una de las especies más frecuentes (Young y Jones, 1983, Cimé-Pool et al. 2007a). Es fácil de capturar y manipular para la remoción de parásitos. Los estudios sobre *P. yucatanicus* han abordado su dinámica poblacional, ecología y su papel en la transmisión de zoonosis, también se conocen diferentes especies de sus ectoparásitos (Lackey, 1976; Whitaker y Morales, 2005; Cimé-Pool et al. 2007ab; Cimé-Pool et al. 2010; Hernández-Betancourt et al. 2012; Panti-May et al. 2012; Peniche-Lara et al. 2015). Sin embargo no se han realizado investigaciones para entender qué factores se encuentran asociados en la relación con sus ectoparásitos.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en selva baja caducifolia en regeneración (vegetación secundaria) en la localidad de Molas, Yucatán. El clima es de tipo Aw0 (i' gw''), cálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual de 25.9 °C, con una precipitación media anual de 1000 mm concentrada en más del 80% entre mayo y octubre (García, 1973). Ocurren dos temporadas durante el año, la lluviosa (mayo-octubre) y la seca (noviembre-abril). En la época seca invernal aparecen los “Nortes”, vientos fríos y húmedos del norte remanentes de tormentas invernales en Norteamérica; el mes más lluvioso es septiembre y el más seco es marzo o abril (Orellana et al., 2010). La vegetación dominante del estrato arbóreo en el área muestreada está conformado principalmente por árboles de la familia Polygonaceae

(*Gymnopodium floribundum* Rolfe), seguido por árboles de la familia Fabaceae (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit, *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Senna racemosa* (Mill.) H.S.Irwin & Barneby, *Havardia albicans* (Kunth) Britton & Rose, *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., el estrato herbáceo se constituye de bejucos leñosos y caducos y plantas menores a un metro principalmente de las familia Euphorbiaceae (*Ricinus communis* L., *Cnidoscolus multilobus* (Pax) I.M.Johnst) y Asteraceae (*Viguiera dentata* (Cav.) Spreng) (Flores y Espejel, 1994; Fernández-Concha et al. 2010).

Captura de *Peromyscus yucatanicus*

La población de *P. yucatanicus* se registró mediante la técnica de captura-marcaje-recaptura. Se realizaron 12 muestreos mensuales de marzo de 2014 a marzo de 2015, en los cuales se emplearon trampas Sherman cebadas con granos de avena mezclados con vainilla. En el sitio se establecieron cinco cuadrantes adyacentes de 40 m por 90 m, con una superficie de 3,600 m² cada uno. Se colocaron 50 estaciones de trampeo (10 filas y 5 columnas) a 10 m de equidistancia, cada cuadrante se muestreó una vez al mes. Las trampas se colocaban al atardecer y se revisaban a la mañana siguiente. El esfuerzo de captura fue 600 noches/trampa por cuadrante.

Los roedores capturados fueron identificados e inmediatamente se inició con la remoción de ectoparásitos (ver abajo), posteriormente se midió la longitud total del cuerpo y cola (mm), se pesaron con una báscula digital con precisión de 0.01 g y se determinaron sexo y edad.

En la población de *P. yucatanicus* se distinguieron dos clases de edad, adultos y juveniles de acuerdo a las características de desarrollo de los órganos sexuales y/o del pelaje: Las hembras adultas presentaron la vagina perforada o cerrada, el pelaje completo, glándulas mamarias prominentes lactantes o postlactantes; los machos adultos presentaron los testículos escrotados y los sacos epididimales bien desarrollados y el pelaje completo. Se consideraron hembras juveniles aquellas con la vagina cerrada y el pelaje incompleto, los machos juveniles aquellos donde los testículos están en posición inguinal o abdominal y pelaje incompleto (Lackey, 1976; Hernández-Betancourt et al. 2012). Cada individuo fue marcado por

ectomización de falanges. Todos los procedimientos se realizaron en el mismo sitio de estudio para después liberar a los individuos en el mismo punto en el que fueron capturados.

Colecta e identificación de ectoparásitos

Los ectoparásitos se colectaron una vez al mes en la primera captura de cada hospedero que se realizaba en cualquiera de los cinco cuadrantes, por lo tanto el tiempo entre cada colecta de ectoparásitos en un individuo recapturado fue mínimo de un mes. Para la remoción de los ectoparásitos cada roedor fue anestesiado con una torunda de algodón humedecido con éter dentro de una bolsa de plástico (Animal Care and Use Committee, 2006). Una vez dormido, se frotó el cuerpo con un algodón en contra de la dirección del crecimiento del pelo sobre una bandeja blanca para remover la mayor cantidad de ectoparásitos posibles. Las garrapatas fueron retiradas con pinza y todo el material removido se almacenó en la misma bolsa de plástico para su posterior examinación en el laboratorio del Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi” de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Los ectoparásitos se montaron de acuerdo a las técnicas de Wenzel y Tipton (1966) y Krantz, (1971), posteriormente fueron identificados a nivel de familia con ayuda de material bibliográfico específico; para grupo y familias de ácaros se empleó Krantz (1971). A nivel de género y especie se consultó Furman (1955; 1972), Strandtmann y Whartoon (1958), Fain y Lukoschus (1984). Las garrapatas se identificaron con las claves y descripciones de Durden y Keirans (1996). Las pulgas se identificaron a nivel de Familia con la clave dada por Linardi y Guimarães (2000) y de Acosta y Morrone (2003) y para especie con las descripciones y claves de Méndez (1990).

Análisis de datos

Se realizó una prueba de X^2 de homogeneidad para determinar diferencias en la proporción de sexos (Quinn y Keough, 2002). Se calculó la prevalencia, intensidad media y abundancia media para el total de ectoparásitos y para cada una de las especies más abundantes con el programa Quantitative parasitology 3.0 (Rozsa et al. 2013) de la siguiente manera: prevalencia= número de hospederos parasitados/número de hospederos examinados X 100;

intensidad media= Número de parásitos removidos de los hospederos/ Número total de hospederos infestados con ese parásito; abundancia media= Número de ectoparásitos removidos del hospedero/ Número total de hospederos examinados (Bush et al. 1997). Se incluyó el cálculo de intervalos de confianza por bootstrap (2000 repeticiones) al 95% para la prevalencia, intensidad y abundancia media (Rózsa et al., 2000).

Se utilizó el programa R versión 3.2.4 (R Core Team, 2016) mediante la plataforma R-studio (RStudio Team, 2015) para realizar una regresión binomial negativa con la función de enlace logit para determinar si las variables dicotómicas sexo, edad, temporada y la variable continua talla (longitud del cuerpo sin cola) tuvieron un efecto sobre la abundancia parasitaria. Se evaluó el ajuste de los modelos mediante una prueba de bondad de ajuste X^2 (Hilbe, 2011). En este modelo se incluyeron 250 capturas. Este análisis se realizó con el total de ectoparásitos y con las especies de ectoparásitos más abundantes.

Resultados

Población de *Peromyscus yucatanicus*

La comunidad en la que esta integrada *P. yucatanicus* estuvo conformada por cinco especies de pequeños roedores (*Ototylomys phillotis*, *Heteromys gaumeri*, *Sigmodon hispidus* y *reithrodontomys gracilis*). Se capturaron 78 individuos de *P. yucatanicus* con 228 recapturas. Su población se conformó por 56.4% (44) de machos y 43.6% (34) de hembras, esta diferencia no fue significativa ($\chi^2 = 1.28$, g.l.= 1, $p > 0.50$). Considerando capturas y recapturas, hubo una mayor abundancia de adultos con un 89.9% (275) en comparación con el 10.1% (31) de juveniles. En la temporada seca se realizó el 38.6% (118) de las capturas y en la temporada de lluvia 61.4% (188).

Los machos adultos en la temporada seca midieron 95.6 mm (4.9 DE) y en lluvias 98.5 mm (6.1 DE), los machos juveniles en la temporada seca midieron 83.2 mm (7.6 DE) y en lluvias 90.8 (5.5 DE); las hembras adultas en la temporada seca midieron 96.9 mm (5.5 DE) y en lluvias 94.9 (7.7 DE), las hembras juveniles en la temporada seca midieron 88.3 (5.7 DE) y en lluvias 89.2 mm (5.9 DE).

La abundancia de la población aumentó a principio de la temporada de lluvias en el mes de mayo de 2014 y se mantuvo alta hasta septiembre de 2014; en octubre del mismo año, el último mes de la temporada de lluvias para dar inicio a la temporada seca, se observó una disminución en la abundancia durante toda la temporada seca (Fig. 1).

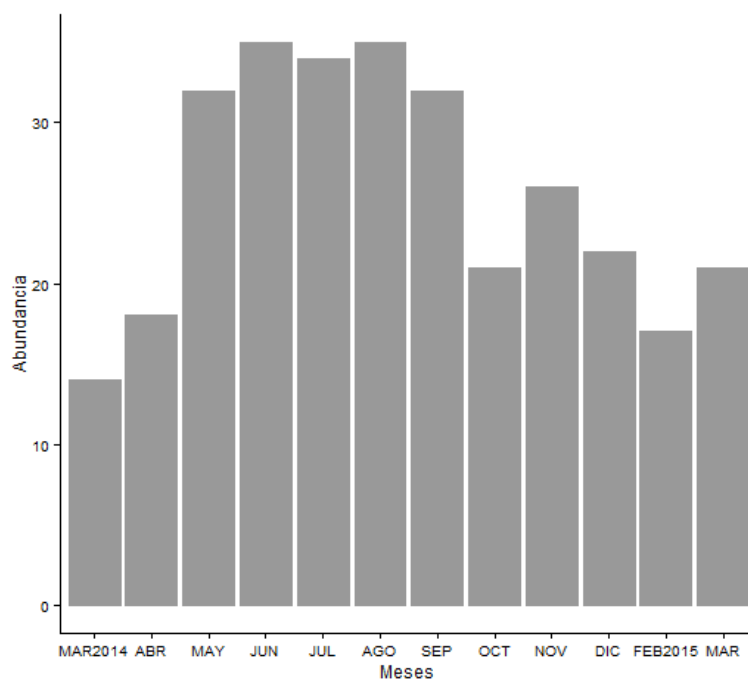


Figura 1. Abundancia de *Peromyscus yucatanicus* de marzo-2014 a marzo-2015 en Molas, Yucatán.

Ectoparásitos e índices de infestación

Se revisaron 250 individuos para la toma de ectoparásitos de los cuales solo 247 estuvieron parasitados. En total se colectaron 8051 ectoparásitos de diferentes estadíos correspondientes a cinco especies identificadas (Cuadro 1). La prevalencia, intensidad media y abundancia media para el total de ectoparásitos y para cada especie se presentan en el Cuadro 1. El ácaro *Prolistrophorus* sp. fue la especie más abundante seguida por *A. (E.) jamesoni* la cual presentó la prevalencia más alta pero la intensidad y abundancia media fueron menores a *Prolistrophorus* sp. Finalmente *A. (H.) fahrenheitzi*, *Ixodes* sp. y *P. odiosus* fueron las menos abundantes y con los índices de infestación mas bajos.

Cuadro 1. Número de hospederos parasitados (H), número de ectoparásitos (No.), prevalencia (P), intensidad media (IM) y abundancia media (AM) de cada especie de ectoparásito de *Peromyscus yucatanicus* Molas, Yucatán, México. IC=Intervalo de confianza bootstrap.

Especies de ectoparásitos	H	No.	P	IC (95%)	IM	IC (95%)	AM	IC (95%)
Subclase Acari								
Familia Listrophoridae								
<i>Prolistophorus</i> sp.	191	4082	76.4	70.7 - 81.5	21.37	17.9 - 26.3	16.3	13.3 - 20.2
Familia Laelapidae								
<i>Androlaelaps</i> (<i>Eubrachylaelaps</i>) <i>jamesoni</i>	224	3073 3008♀, 40♂, 17DN, 8PN	89.6	85.2 - 92.9	13.7	12.2 - 15.3	12.3	10.9 - 13.8
<i>Androlaelaps</i> (<i>Haemolaelaps</i>) <i>fahrenheitzi</i>	141	828 381♀, 94♂, 226DN, 127PN	56.4	50.2 - 62.5	5.87	4.64 - 8.44	3.31	2.58 - 4.94
Familia Ixodidae								
<i>Ixodes</i> sp.	10	17 3N, 14L	4.0	2-7	1.7	1.2-2.8	0.07	0.03-0.14
Clase Insecta								
Orden Siphonaptera								
Familia Rhopalopsyllidae								
<i>Polygenis odiosus</i>	42	51 24♀, 27♂	16.8	12.5 - 21.9	1.21	1.07 - 1.43	0.20	0.14- 0.27
Total de ectoparásitos		8051	98.8	96.6-99.7	32.6	29.2-37.1	32.2	28.7-36.6

DN: Deutoninfas; PN: Protoninfas; N: Ninfas; L: Larvas.

De acuerdo a las temporadas de muestreo, la abundancia y prevalencia del total de ectoparásitos fue mayor en la temporada de lluvia, y la intensidad y abundancia media fueron mayores en la temporada seca. Individualmente, las especies fueron más abundantes en la temporada de lluvia, pero la prevalencia, intensidad y abundancia media variaron para cada especie (Cuadro 2).

Relación de los ectoparásitos con *Peromyscus yucatanicus*

Los resultados de los modelos de regresión binomial negativa para los ácaros *Prolistophorus* sp. y *A. (H.) fahrenheitzi* demostraron que sólo la edad afecta significativamente a la abundancia de ectoparásitos (Cuadro 3). Para el total de ectoparásitos y *A. (E.) jamesoni* ninguna variable afectó significativamente la abundancia.

Cuadro 2. Número de hospederos parasitados (H), número de ectoparásitos (No.), prevalencia (P), Intensidad media (IM) y abundancia media (AM) de los ectoparásitos de *Peromyscus yucatanicus* por temporada de Molas, Yucatán, México. IC=Intervalo de confianza bootstrap.

Especies de ectoparásitos	<i>Peromyscus yucatanicus</i> seca n=96 lluvia n=154								
	H	Temporada	No.	P	IC (95%)	IM	IC (95%)	AM	IC (95%)
<i>Prolistophorus sp.</i>	71	seca	1871	74.0	64.2-82.1	26.4	19.5-35	19.5	14.6-27.7
	120	lluvia	2211	77.9	70.6-84.0	18.4	14.8-24.4	14.4	11.2-18.9
<i>Androlaelaps (E.) jamesoni</i>	83	seca	1082	86.5	78.4-92.4	13	10.6-16	11.3	9.2-14
	141	lluvia	1991	91.6	86.2-95.4	14.1	12.4-16.2	12.9	11.1-14.9
<i>Androlaelaps (H.) fahrenheitzi</i>	55	seca	363	57.3	46.8-67.1	6.6	4.18-14.4	3.78	2.33-8.21
	86	lluvia	465	55.8	47.7-63.7	5.41	4.35-7.27	3.02	2.34-4.26
<i>Polygenis odiosus</i>	18	seca	21	19.1	11.9-28.5	1.17	1-1.5	0.223	0.128-0.362
	24	lluvia	30	15.8	10.6-22.5	1.25	1.08-1.5	0.197	0.125-0.283
Total de ectoparásitos	94	seca	3349	97.9	93.1-99.6	35.6	29.9-44.8	34.9	28.7-43.3
	153	lluvia	4703	99.4	96.7-100	30.7	26.6-36.7	30.5	26.6-36.7

Cuadro 3. Resumen de las variables significativas en el modelo de regresión binomial negativa sobre el efecto del sexo, edad, talla y temporada de captura de *Peromyscus yucatanicus* en la abundancia de los ácaros *Prolistophorus sp.* y *Androlaelaps (H.) fahrenheitzi*.

Término	<i>Prolistophorus sp.</i>		<i>Androlaelaps (H.) fahrenheitzi</i>	
	Coefficiente (EE)	P	Coefficiente (EE)	P
Sexo (M)	-0.02543 (0.200)	0.899	0.18116 (0.227)	0.425
Edad (J)	-0.79654 (0.343)	0.020*	-0.91788 (0.405)	0.023*
Talla	0.00559 (0.015)	0.718	0.01793 (0.01751)	0.305
Temporada (S)	0.27165 (0.206)	0.187	0.22834 (0.23303)	0.327
Bondad de ajuste χ^2		4.7571	0.029*	4.1014

* $P < 0.05$. M=macho, J=juvenil, S=seca.

Discusión

Población de *Peromyscus yucatanicus*

Los resultados obtenidos de la abundancia de *P. yucatanicus* coinciden con un estudio realizado en la misma región y el mismo tipo de vegetación, donde *P. yucatanicus* aumentó su abundancia durante la temporada de lluvias; Barrera (2004) atribuyó este incremento al aumento de la disponibilidad de recursos provocado por las lluvias. La igualdad en la proporción de sexos y la desigualdad en la edad, es un común denominador en las poblaciones de *P. yucatanicus* en distintas localidades y tipos de vegetación (Cime-Pool et al., 2006; Cime-Pool et al., 2007b; Cime-Pool et al., 2010; Hernández-Betancourt et al., 2012), lo que indica que no hay una presión selectiva hacia uno de los sexos, sin embargo los machos son más frecuentes lo que es un punto aún que no ha sido esclarecido entre los estudios que se han realizado (Hernández-Betancourt et al. 2012); No obstante esto podría deberse a que *P. yucatanicus* es una especie que alcanza la madurez sexual en pocas semanas (Wolff y Sherman, 2007) y por tanto, sea menos probable observar individuos juveniles cuando se estudian sus poblaciones. La talla de los individuos machos y hembras adultos y juveniles son similares a lo reportado por Lackey (1976), confirmando que esta especie no presenta dimorfismo sexual. A pesar de que todos los individuos fueron de mayor tamaño en la temporada de lluvia excepto las hembras adultas en la temporada seca, la talla se mantuvo homogénea entre temporadas.

Ectoparásitos, prevalencia e índices de parasitismo

Los ácaros *Prolistophorus* sp. se registraron previamente sobre *P. yucatanicus* en el año 2011 por Quijano-Zapata, al comparar los ejemplares con los del presente trabajo se observaron las mismas estructuras taxonómicas con las cuales se determinó que es una nueva especie que necesita ser descrita. El ácaro *A. (H.) fahrenheitzi* y la pulga *P. odiosus* se han registrado sobre *P. yucatanicus* (Smit, 1987 citado en Whitaker y Morales, 2005; Quijano-Zapata, 2011; Baas, 2014). En este estudio se corroboró la presencia de estas especies y se aumenta el acáro *A. jamesoni* como nuevo registro de hospedero. En México *A. jamesoni* solamente se había registrado en *P. mexicanus* y *Heteromys gaumeri* (Whitaker et al., 1993). Las garrapatas *Ixodes* sp. y *Amblyomma cajennense* en *P. yucatanicus* han sido reportadas

por Lawlor (1965), es probable que las garrapatas del género *Ixodes* colectadas en este estudio sean *Ixodes affinis*, pero debido a la falta de ejemplares adultos no es posible confirmarlo. Esta especie ha sido registrada en Yucatán sobre animales domésticos como perro (*Canis lupus familiaris*), gato (*Felis silvestris catus*), caballo (*Equus caballus*) y animales silvestres como venado (*Odocoileus virginianus*), Zopilote negro (*Coragyps atratus*) y coatí (*Nasua narica*) (Solís et al. 2015; Rodríguez-Vivas et al., 2016).

Los ácaros de pelo *Prolistophorus* sp. tienen la característica de mantener altas abundancias en sus hospederos (Eads et al., 1965; Estebanes- Gonzales et al., 2011), este género se sabe que es potencialmente muy rico, sin embargo se ha explorado muy poco (Sikora y Bochcov, 2012). En otras especies de cricetidos como *Sigmodon hispidus*, Durden et al. (2000) registraron una prevalencia de 37% y una intensidad media de 127 por *Prolistropohorus bakeri*. Estos ácaros pueden presentar valores de prevalencia variados pero una intensidad alta, probablemente debido a que son permanentes por lo que necesitan un alto contacto entre hospederos para poder colonizar otros individuos.

La familia Laelapidae fue la mejor representada con dos especies, *A. (E.) jamesoni* y *A. (H.) fahrenheitzi*, muchas de las especies de esta familia son parásitos de pequeños roedores (Furman, 1972). *A. (H.) fahrenheitzi*, tiene distribución mundial y muestra variados grados de dependencia en una gran diversidad de hospederos, incluso en el mismo género, por ejemplo en *Peromyscus gossypinus* presentó una prevalencia (5%) y una intensidad media (1.0) (Durden et al., 2000) mucho menor que *P. yucatanicus* que la observada en este estudio. Sobre *A. (E.) jamesoni* se conoce muy poco (Furman, 1955), sin embargo la mayoría de especies pertenecientes al mismo subgénero se encuentran comúnmente en roedores cricetidos.

Respecto a las fases de ninfas y larvas de garrapatas que se encontraron en este estudio, coincide con lo que generalmente se reporta en varios trabajos de ectoparásitos con pequeños roedores, las fases adultas son menos frecuentes. Por ejemplo, Oliver et al. (1987) no colectaron garrapatas adultas de *I. affinis*; en el condado de Bulloch colecton E.U. obtuvo 29 ejemplares de dicha especie sobre 57 *P. gossypinus*, con 0.09 ninfas y 0.51 larvas por

hospedero y en la Isla de Santa Catalina obtuvieron 6 ejemplares sobre 30 *Peromyscus gossypinus*, con 0.03 ninfas y 0.20 larvas por hospedero.

La pulga *Polygenis odiosus* ha mostrado tener bajos índices de infestación sobre *P. yucatanicus* (Méndez, 1990, Whiting et al., 2008), Eckerlin (2005) encontró varios individuos de *P. yucatanicus* capturados en la Península de Yucatán con un sólo ejemplar de *P. odiosus* y únicamente en un individuo se colectaron 6 hembras. En este caso la mayoría de los hospederos presentaron una pulga y solamente uno presentó cuatro.

En un estudio realizado en la cuenca baja de México, solamente un individuo de *Peromyscus difficilis* estuvo parasitado por *Polygenis vazquezi* con una prevalencia de 1.04 y una abundancia media de 0.014, (Fernandez et al., 2010). Aparentemente la baja abundancia de las pulgas del género *Polygenis* es común en roedores. En Brasil, Pinto et al. (2009) encontraron una abundancia media de 0.20 por la pulga *P. occidentalis* en *Rhipidomys mastacalis*.

Los bajos índices de infestación que presentan las pulgas se deben principalmente a que son parásitos que alternan por periodos en el cuerpo del hospedero y en las madrigueras, aunque Krasnov et al. (2004), muestran que para los desiertos del viejo continente la abundancia de las pulgas sobre el hospedero está positivamente correlacionada con la abundancia de pulgas en las madrigueras, es necesario estudiar este fenómeno en las especies tropicales del continente Americano para poder tener certeza de que las abundancias de estos ectoparásitos son bajas también en las madrigueras. Incluso se ha documentado que las pulgas son susceptibles a diferencias sutiles en el ambiente, la supervivencia de los estadios pre-imaginales de las pulgas es diferente a cambios de temperatura del aire tan pequeños como de 3 °C (Krasnov et al., 2001), esto probablemente este influyendo en las bajas abundancias.

La abundancia de los hospederos es un factor que afecta la distribución y abundancia de los parásitos (Arneberg et al., 1998). Se ha documentado que a mayor abundancia de hospederos también aumenta la prevalencia y abundancia de los parásitos, ya que se espera que la tasa de transmisión sea mayor a causa del aumento en la densidad (Anderson y May, 1978), esto fue lo que se observó con el total de ectoparásitos y cada una de las especies ya que su mayor

abundancia se dio en la temporada de lluvias al igual que el aumento en la abundancia de *P. yucatanicus*, también es posible observar lo mismo en la prevalencia para el total de ectoparásitos, *Prolistophorus* sp. y *A. (E.) jamesoni*; sin embargo, la intensidad y abundancia media presentan valores diferentes lo que indica que las especies tienen diferentes tipos de relación con el hospedero. Por ejemplo, en general y para *Prolistophorus* sp. en la temporada seca hay más parásitos por individuo, y los índices de *A. (H.) fahrenheitzi* fueron los más similares entre temporadas, los cambios numéricos en la abundancia de *P. yucatanicus* parece no afectar el parasitismo en esta especie.

Relación ectoparásito-hospedero

El parasitismo sesgado a los individuos adultos se ha documentado en varias especies de roedores y se han generado varias hipótesis para explicar esta relación (Behnke et al. 1999; Fichet-Calvet et al., 2003). Hawlena et al. (2006) observaron que la abundancia de las pulgas *Synosternus cleopatrae* fue significativamente mayor en los adultos pero al ajustar la abundancia a la superficie del cuerpo del hospedero, no encontraron diferencias relacionadas con la edad y argumentan que los patrones que encontraron sugieren que el efecto de edad en la dinámica de hospedero-parásito puede implicar diferentes procesos relacionados con el hospedero y parásitos, así como de la historia natural del parásito. Por lo consiguiente la relación de *Prolistophorus* sp. y *A. (H.) fahrenheitzi* con la edad puede estar asociada a características individuales de estas especies, por ejemplo *Prolistophorus* sp. por ser ácaros de pelo permanentes, la infestación es mayor en los adultos porque el tiempo de vida es más largo en comparación con los individuos juveniles, esta diferencia temporal probablemente permite que la población de ácaros tenga más periodos reproductivos y por lo tanto sea más abundante, esta hipótesis se conoce como reclutamiento de parásitos (Moore y Wilson, 2002; Fichet-Calvet et al. 2003).

En contraste, *A. (H.) fahrenheitzi* es una especie que se alimenta principalmente de sangre por medio de capilares de la superficie de la piel del hospedero, también es un ácaro permanente pero tiene mayor movilidad y puede sobrevivir fuera del hospedero por unos días hasta colonizar a otro (Dowling, 2015). La preferencia hacia los individuos adultos por esta especie, probablemente esté siendo favorecida por la inmunocompetencia de los adultos.

Los machos adultos en muchas especies de mamíferos se ven inmunocomprometidos por que los niveles de andrógenos específicamente la testosterona deprime el sistema inmune, las hembras también pueden presentar estrés hormonal por el embarazo y atención maternal ya que son energéticamente demandantes y puede incrementar su susceptibilidad, estos eventos se distribuyen a través del tiempo y por lo tanto puede ser menos estresante para el sistema inmunológico que el gasto de energía intensa por los machos (Festa-Bianchet 1989; Dowling, 2015). Schalk y Forbes, (1997), realizaron un análisis de varios trabajos publicados en donde se comparaba si los machos juveniles presentaban menos parásitos en comparación con los machos adultos y efectivamente encontraron que los machos juveniles tienen menos parásitos, lo cual apoya la hipótesis de que el estrés hormonal por reproducción que probablemente no ocurre en juveniles.

También es posible que los parásitos estén causando el patrón observado ya que, a diferencia de los endoparásitos los ectoparásitos pueden elegir a su hospedero mediante diferentes mecanismos (Wilson et al. 2002). Hawlena et al. (2007) en un estudio experimental donde la pulga *Xenopsylla conformis* podía decidir entre individuos juveniles y adultos del roedor *Meriones crassus*, observaron que los adultos eran más parasitados probablemente por que los juveniles tienen masas corporales más pequeñas, presumiblemente producen niveles más bajos de CO₂ y emiten menos calor o los olores más débiles para provocar fuertes respuestas en los pulgas.

Tomando en cuenta que la población de *P. yucatanicus* esta conformada principalmente por adultos, existe la posibilidad de que estos ectoparásitos infesten más a los adultos porque son más abundantes y simplemente tienen más contacto con ellos. Los individuos adultos de *P. maniculatus* cuando presenta altas densidades tienen más cobertura del hábitat en comparación con los juveniles aún cuando las densidades de éstos también son altas (Van, 1982).

Los resultados de este trabajo muestran que para algunas especies de ectoparásitos la discriminación entre hospederos puede variar de acuerdo con factores intrínsecos a los individuos de la población y por tanto no parece ser un proceso azaroso. Nuestra hipótesis no fue totalmente confirmada, sin embargo habría que tomar en cuenta la superficie corporal

del hospedero para determinar si esta relación edad-abundancia de parásitos se mantiene. Finalmente esta investigación es pionera en México en el estudio de los factores asociados a la abundancia de ectoparásitos en *P. yucatanicus* y representa información base para el entendimiento de la dinámica de la interacción ectoparásitos-ratones silvestres, sobre todo considerando que este roedor es el más abundante en la selva baja caducifolia en el estado de Yucatán.

Agradecimientos

Al CONACYT por la beca 627161 otorgada. Al proyecto “Monitoreo, vigilancia e intervención de patógenos zoonóticos y ETVs en un área rural del estado de Yucatán” financiado por el PROMEP (SISTPROY CIRB-2013-0007). A Silvia Hernandez-Betancourt, Iván Rodríguez-Vivas y Jorge Navarro-Alberto por sus comentarios durante la elaboración de este manuscrito. Al Dr. Juan Morales-Malacara por su apoyo con la identificación y corroboración de las especies de ectoparásitos.

Referencias

- Acosta, R. y J.J. Morrone. 2003.** Clave ilustrada para la identificación de los taxones supraespecíficos de Siphonaptera de México. Acta Zool Mex Nueva Ser. (89): 39-53.
- Anderson, R. M., y R. M. May. 1978.** Regulation and stability of host-parasite population interactions: I. Regulatory processes. J Anim Ecol. 219-247.
- Arneberg, P., A. Skorpning, B. Grenfell, y A. F. Read. 1998.** Host densities as determinants of abundance in parasite communities. Proc R Soc Lond B Biol Sci. 265(1403):1283-1289.
- Animal Care and Use Committee. 2006.** Animal care and use policies and guidelines. Universidad Johns Hopkins. URL <http://web.jhu.edu/animalcare/rdf/index.html>
- Baas-Cruz, E. 2014.** Infestación temporal por *Polygenis odiosus* (siphonaptera: rhopalopsyllidae) sobre *Peromyscus yucatanicus* (Rodentia: Muridae) en una selva baja caducifolia del norte de Yucatán. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.

- Barandika, J. 2010.** Agentes zoonóticos: estudio sobre la abundancia y actividad de las garrapatas en la vegetación, e investigación de la presencia de agentes patógenos en garrapatas y micromamíferos. Tesis de Doctorado. Universidad de León. España.
- Barrera, R. 2004.** Estructura de la comunidad de pequeños roedores en tres sitios con vegetación en diferentes etapas de desarrollo en la Reserva de Cuxtal, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Behnke, J. M., J. W. Lewis, S. N. Mohd Zain, y F. S. Gilbert. 1999.** Helminth infections in *Apodemus sylvaticus* in southern England: interactive effects of host age, sex and year on the prevalence and abundance of infections. *J Helminthol.* 73(1): 31-44.
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M., Lotz, y A. W. Shostak. 1997.** Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J Parasitol.* 575-583.
- Cimé-Pool, J. 2006.** Ecología de comunidades de pequeños roedores en un gradiente de perturbación de selva baja caducifolia espinosa de la Reserva Estatal de Dzilam, Yucatán, México. Tesis de Maestría. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.
- Cimé-Pool J., S. F. Hernández-Betancourt, y J. Chablé-Santos. 2007a.** Comunidad de pequeños roedores en dos agroecosistemas de Yucatán, México. *Rev. Mex. Masto.* 11:57-68.
- Cimé-Pool, J., S. F. Hernández-Betancourt, y J. Chablé-Santos. 2007b.** Comunidad de pequeños roedores en una milpa tradicional del centro de Yucatán, México. *Rev. Mex. Masto. Nueva Época.* 11(1): 57-68.
- Cimé-Pool J., S. F. Hernández-Betancourt, R. Barrientos, y A. Castro-Luna. 2010.** Diversidad de pequeños roedores en una selva baja caducifolia espinosa del noreste de Yucatán, México. *Therya.* 1(1): 23-40.
- Dowling, A. 2015.** The evolution of parasitism and host associations in mites, pp. 265-288. *En* S. Morand, B. R. Krasnov y D. T. J. Littlewood (eds.), *Parasite diversity and diversification.* Cambridge University Press.
- Duch, G. J. 1991.** Fisiografía del estado de Yucatán. Su relación con la agricultura. Universidad Autónoma de Chapingo. México, DF.
- Durden, L. A., y J. E. Keirans. 1996.** Nymphs of the genus *Ixodes* (Acari: Ixodidae) of the United States: Taxonomy, identification key, distribution, hosts, and medical/veterinary importance. Entomological Society of America.

- Durden, L. A., R., Hu, J. H. Oliver, J. E. Cilek. 2000.** Rodent ectoparasites from two locations in northwestern Florida. *J Vector Ecol.* 25:222-228.
- Eads R., H. Treviño, y E. Campos. 1965.** Ectoparasites of the spiny pocket mouse, *Liomys irroratus texensis* Merriam. *Southwest Nat.* 10(1):17-21.
- Eckerlin, R. P. 2005.** Fleas (Siphonaptera) of the Yucatan Peninsula (Campeche, Quintana Roo, and Yucatán), Mexico. *Caribb J Sci.* 41(1): 152–157.
- Estébanes-González M., C. Sánche-Hernández, L. Romero-Almaraz, y G. Sdnell. 2011.** Ácaros parásitos de roedores de Playa Oro, Colima, México. *Acta Zool Mex.* 27(1):169-176.
- Fain A. y F. Lukoschus. 1984.** New observations on the genus *Prolistrophorus* Fain, 1970 (Acari: Astigmata: Listrophoridae). *Syst Parasitol.* 6:161-185.
- Fernández, J. A., F. García-Campusano, y M. S. Hafner. 2010.** *Peromyscus difficilis*. *Mamm Species.* 42: 220–229.
- Fichet-Calvet, E., J.F. Wang, I. Jomaa, R.B. Ismail, y R.W. Ashford. 2003.** Patterns of the tapeworm *Raillietina trapezoides* infection in the fat sand rat *Psammomys obesus* in Tunisia: season, climatic conditions, host age and crowding effects. *Parasitology.* 126:481–492
- Festa-Bianchet, M. 1989.** Individual differences, parasites, and the costs of reproduction for bighorn ewes (*Ovis canadensis*). *J Anim Ecol.* 785-795.
- Fernández-Concha, G.C., R. Duno de Estefano, I. Ramírez, y J.L. Tapia. 2010.** Plantas vasculares. Diversidad de la flora, pp. 175-178. *En* Durán R. y M. Méndez (eds.), CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. Yucatán, México.
- Flores, J., y I. Espejel. 1994.** Tipos de vegetación de la Península de Yucatán. *Etnoflora Yucatanense.* Fascículo 3. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México.
- Furman, D. P. 1955.** Revision of the genus *Eubrachylaelaps* (Acarina: Laelaptidae) with the descriptions of two new species from Mexico. *Ann Entomol Soc Am.* 48(1-2):51-59.
- Furman D. 1972.** Laelapid mites (Laelapidae: Laelapinae) of Venezuela. *Brigham Young University Science Bulletin, Biological Series.* 17(3): 36-54.
- García, E. 1973.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía.

- Gongóra-Biachi, R. A., J. Zavala-Velázquez, C. J. Castro-Sansores, y P. González-Martínez, 1999.** First case of human ehrlichiosis in Mexico. *Emerg Infect Dis.* 5(3): 481.
- Hawlena, H., Z. Abramsky, y B. R. Krasnov. 2006.** Ectoparasites and age-dependent survival in a desert rodent. *Oecologia.* 148(1): 30-39.
- Hawlena, H., Z. Abramsky, y B. R. Krasnov. 2007.** Ultimate mechanisms of age-biased flea parasitism. *Oecologia.* 154(3): 601-609.
- Hernández-Betancourt S., J. Cimé-Pool, S. Medina-Peralta y C. Durán-Miranda. 2012.** Parámetros poblacionales del ratón yucateco *Peromyscus yucatanicus* de una selva baja caducifolia del norte de Yucatán, México, pp. 151-163. *En* Cervantes F. y C. Ballesteros-Barrera (eds), Estudios sobre la Biología de Roedores Silvestres Mexicanos. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. D.F. México.
- Hernández-Betancourt S., E. Rivadeneyra, J. Aldana, B. Balam, C. Morales, M. Rasmussen y S. Medina. 2006.** Diversidad y datos poblacionales de pequeños roedores como indicadores de cambios en la selva de la reserva Cuxtal, Yucatán, México. *Bioagrobiencias.* 1(1):12-20.
- Hilbe, J. M. 2011.** Negative binomial regression. Cambridge University Press.
- Hillegass, M. A., J. M. Waterman, y J. D. Roth. 2008.** The influence of sex and sociality on parasite loads in an African ground squirrel. *Behav Ecol.* 19(5): 1006-1011.
- Iraola, V. 2001.** Introducción a los ácaros (II): Hábitats e importancia para el hombre. *Soc Entomol Aragonesa, Bol.* 28:141-146.
- Krantz, G. W. 1971.** A Manual of Acarology. Oregon State University, Corvallis, US.
- Krasnov, B. R., I. S. Khokhlova, I. Oguzoglu, y N. V. Burdelova. 2002.** Host discrimination by two desert fleas using an odour cue. *Anim Behav.* 64(1): 33-40.
- Krasnov, B. R., I. S. Khokhlova, G. I. Shenbrot. 2004.** Sampling fleas: the reliability of host infestation data. *Med Vet Entomol.* 18(3):232-240.
- Krasnov, B. R., I. S. Khokhlova, L. J. Fielden, y N. V. Burdelova. 2001.** The effect of air temperature and humidity on the survival of pre-imaginal stages of two flea species (Siphonaptera: Pulicidae). *J Med Entomol.* 38: 629–637.

- Krasnov, B. R., S. Morand, H. Hawlena, I. S. Khokhlova, y G. I. Shenbrot. 2005.** Sex-biased parasitism, seasonality and sexual size dimorphism in desert rodents. *Oecologia*. 146(2): 209-217.
- Lackey, J. A. 1976.** Reproduction, growth, and development in the Yucatan deer mouse, *Peromyscus yucatanicus*. *J Mamm.* 57(4), 638-655.
- Linardi, P. M., y L. R. Guimarães. 2000.** Siphonaptera of Brazil. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo.
- Loomis, R. 1969.** Chiggers (Acarina, Trombiculidae) from vertebrates of the Yucatan Peninsula, Mexico. University of Kansas, Museum of Natural History. 50:1-22.
- Méndez E. 1990.** Fleas (Siphonaptera) of the Sian Biosphere Reserva, Quintana Roo, Mexico. *En* Navarro D. y J. Robinson (eds). *Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera Sian K'an, Quintana Roo, México.* University of Florida: Program of Studies in Tropical Conservation.
- Moore, S. L., y K. Wilson. 2002.** Parasites as a viability cost of sexual selection in natural populations of mammals. *Science*. 297(5589): 2015-2018.
- Orellana, R., C. Espadas, y F. Nava. 2010.** Climas, pp. 10-11. *En* Durán R. y M. Méndez (eds.), *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán.* CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. Yucatán, México.
- Oliver, J.H. Jr., J.E. Keirans, D.R. Lavender, H.J. Hutcheson. 1987.** *Ixodes affinis* Neumann (Acari: Ixodidae): new host and distribution records, description of immatures, seasonal activities in Georgia, and laboratory rearing. *J Parasitol.* 73: 646–652.
- Peniche-Lara, G., K. Dzul-Rosado, C. Perez-Osorio, y J. Zavala-Castro. 2015.** *Rickettsia typhi* in rodents and *R. felis* in fleas in Yucatán as a possible causal agent of undefined febrile cases. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo.* 57(2): 129-132.
- Perez-Orella, C., y A. I. Schulte-Hostedde. 2005.** Effects of sex and body size on ectoparasite loads in the northern flying squirrel (*Glaucomys sabrinus*). *Can J of Zool.* 83(10): 1381-1385.
- Panti-May, J. A., S. Hernández-Betancourt, H. Ruíz-Piña, y S. Medina-Peralta. 2012.** Abundance and population parameters of commensal rodents present in rural households in Yucatan, Mexico. *Int Biodeter Biodegr.* 66(1): 77-81.

- Poulin, R. 1996.** Sexual inequalities in helminth infections: a cost of being a male?. *The Amer Nat.* 147(2): 287-295.
- Pinto, I. D. S., J. R. Botelho, L. P. Costa, Y. L. Leite, y P. M. Linardi. 2009.** Siphonaptera associated with wild mammals from the Central Atlantic Forest Biodiversity Corridor in southeastern Brazil. *J Med Entomol.* 46(5):1146-1151.
- Quijano-Zapata, F. 2013.** Ectoparásitos de roedores de una localidad rural de Yucatán, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Quinn, G. P., y M. J. Keough. 2002.** Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press.
- R Core Team. 2016.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reiczigel, J., L. Rozsa, A. Reiczigel, y I. Fabian. 2013.** Quantitative Parasitology (QPweb). URL <http://www2.univet.hu/qpweb>
- Reyes-Novelo, E., H. Ruíz-Piña, J. Escobedo-Ortegón, I. Rodríguez-Vivas, M. Bolio-González, Á. Polanco-Rodríguez, y P. Manrique-Saide. 2011.** Situación actual y perspectivas para el estudio de las enfermedades zoonóticas emergentes, reemergentes y olvidadas en la Península de Yucatán, México. *Trop Subtrop Agroecosyst*, 14(1): 35-54.
- Rodríguez-Vivas, R. I., D. A. Apanaskevich, M. M. Ojeda-Chi, I. Trinidad-Martinez, E. Reyes-Novelo, M. D. Esteve-Gassent, y A. P. de León. 2016.** Ticks collected from humans, domestic animals, and wildlife in Yucatan, Mexico. *Vet Parasitol.* 215: 106-113.
- Rozsa, L., J. Reiczigel, y G. Majoros. 2000.** Quantifying parasites in samples of hosts. *J Parasitology.* 86: 228-232.
- RStudio Team. 2015.** RStudio: Integrated Development for R. RStudio. Inc., Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>
- Schalk, G., y M. R. Forbes. 1997.** Male biases in parasitism of mammals: effects of study type, host age, and parasite taxon. *Oikos.* 67-74.
- Sikora, B., y A. Bochcov. 2012.** Fur mites of the family Listrophoridae (Acariformes: Sarcoptoidea) associated with South American sigmodontine rodents (Cricetidae: Sigmodontinae). *Acta Parasit.* 57(4):388-396.

- Solís Hernández, A., R. I. Rodríguez Vivas, M. A. Pérez Barrera, E. Gassent, M. Dolores, y D. A. Apanaskevich. 2015.** *Ixodes affinis* (Acari: Ixodidae) en perros de comunidades rurales de Yucatán, México: prevalencia, abundancia y factores asociados. *Vet Mex OA*. 2(3):01-09.
- Strandtmann R. y G. Whartoon. 1958.** Manual of Mesostigmatid, Mites. Washington. D.C.
- Van Horne, B. 1982.** Niches of Adult and Juvenile Deer Mice (*Peromyscus maniculatus*) in Seral Stages of Coniferous Forest. *Ecology*. 63(4):992-1003.
- Webber, Q. M., L. P. McGuire, S. B. Smith, y C. K. Willis. 2015.** Host behaviour, age and sex correlate with ectoparasite prevalence and intensity in a colonial mammal, the little brown bat. *Behaviour*. 152(1):83-105.
- Wenzel, R. L., y V. J. Tipton. 1966.** Ectoparasites of Panama. Field of Natural History. Press Chicago, Illinois.
- Whitaker, J.O. Jr, y J.B. Morales-Malacara. 2005.** Ectoparasites and other associates (ectodytes) of mammals of Mexico. *Contribuciones Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa*. Instituto de Biología e Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Whitaker, J.O. Jr, R. E. Lewis y W.J. Wrenn. 1993.** Parasites, pp. 386-467. *En* Genoways, H. H., y J. H. Brown (eds.), cc. Special publications.
- Whiting, M. F., A. S. Whiting, M. W. Hastriter, y K. Dittmar. 2008.** A molecular phylogeny of fleas (Insecta: Siphonaptera): Origins and host associations. *Cladistics* 24: 677-707.
- Wilson, K., O. N. Bjørnstad, A. P. Dobson, S. Merler, G. Pogliayen, S. E. Randolph, A. F. Read, y A. Skorping. 2002.** Heterogeneities in macroparasite infections: patterns and processes. *En* Hudson, P. J., y B. T. Grenfell (eds.), *The ecology of wildlife diseases*. Oxford University Press. Oxford.
- Wolff, J.O., y P.W. Sherman. 2007.** *Rodent Societies: An ecological and evolutionary perspective*. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Young, C.J. y K. Jones. 1983.** *Peromyscus yucatanicus*. *Mammalian*. 196:1-3.