

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



DIVERSIDAD DE ECTOPARÁSITOS ASOCIADOS A PEQUEÑOS ROEDORES
DEL MUNICIPIO DE CELESTÚN, YUCATÁN.

Tesis

Que presenta DAVID ABIMAEEL NÚÑEZ COREA
Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRICOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

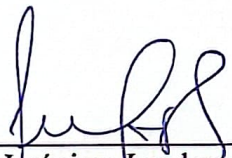


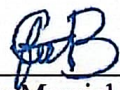
DIVERSIDAD DE ECTOPARÁSITOS ASOCIADOS A PEQUEÑOS ROEDORES
DEL MUNICIPIO DE CELESTÚN, YUCATÁN.


Tesis

Que presenta DAVID ABIMAEI NÚÑEZ COREA

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA


Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director


Dr. Carlos Marcial Baak Baak
CoDirector


Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de postgrado
UAAAN


DIVERSIDAD DE ECTOPARÁSITOS ASOCIADOS A PEQUEÑOS ROEDORES
DEL MUNICIPIO DE CELESTÚN, YUCATÁN.

Tesis

Elaborada por DAVID ABIMAEI NÚÑEZ COREA como requisito parcial para obtener
el grado de Maestro en Ciencias en Parasitología Agrícola con la supervisión y
aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de tesis




Dr. Carlos Marcial Baak Baak
CoDirector



Dr. Julián Everardo García Rejón
Asesor



Dra. Yisa María Ochoa Fuentes
Asesor



Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado
UAAAN

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis el Dr. Jerónimo Landeros Flores por haberme brindado su apoyo y parte de su conocimiento, el cual, fue fundamental para la elaboración de este trabajo.

A mí co-director, el Dr. Carlos Marcial Baak Baak, quién me abrió las puertas a esta gran rama de investigación, brindarme su apoyo y estar muy al pendiente del proyecto a pesar de la distancia. Así como, al Dr. Julián García Rejón por siempre estar a disposición de enriquecer el trabajo.

A mi familia y amigos de mi estado por apoyarme con la decisión de hacer el postgrado lejos de ellos.

A la Bióloga Ingrid Yarubi Cab Cauich por ser parte fundamental de mi equipo de trabajo en la captura de roedores e identificación del material.

A mi amiga la Ing. Esmeralda Hernández por haberme acompañado en el proceso del postgrado tanto de manera académica como personal.

A todas las personas de Celestún que permitieron realizar la captura de roedores en sus domicilios.

A mi comité de asesores por formar parte de este trabajo y hacerme observaciones.

DEDICATORIA

A mis padres Josué David Núñez Chuil y Gloria Beatriz Corea Bobadilla, mis hermanos Ruth, Alejandra, Rebeca e Isaac y a mi novia Kasy. Así como también, a mi perrito Oso que, a pesar de ya no estar físicamente, nunca me ha dejado y siempre me está acompañando.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Roedores sinantrópicos.....	4
<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758).....	4
<i>Mus musculus</i>	5
Importancia económica	6
Importancia sanitaria	6
Ectoparásitos asociados a roedores sinantrópicos del estado de Yucatán	7
Orden Phthiraptera	8
<i>Polyplax spinulosa</i> (Burmeister, 1839)	8
Orden Siphonaptera	9
<i>Ctenocephalides felis</i> (Bouché, 1835)	10
Orden Mesostigmata.....	11
<i>Echinolaelaps echidninus</i> (Berlese, 1887).....	11
<i>Ornithonyssus bacoti</i> (Hirst, 1913).....	12
Orden Trombidiformes	14
<i>Myobia murismusculi</i> (Schrank, 1781).....	14
<i>Radfordia affinis</i> (Poppe, 1896).....	15
Orden Sarcoptiformes.....	16

<i>Myocoptes musculus</i> (Koch, 1844).....	16
Familia Listrophoridae (Megnin y Trouessart, 1884).....	17
Importancia médica y veterinaria	18
Importancia ecológica	19
Medidas ecológicas aplicadas a la diversidad alfa de ectoparásitos.....	19
Abundancia	20
Prevalencia.....	20
Intensidad promedio	20
Riqueza	20
Softwares utilizados para estimar y comparar la diversidad alfa	20
Quantitative Parasitology	21
iNEXT.....	21
MATERIALES Y MÉTODOS	23
Características del Área de Estudio	23
Captura de Roedores Sinantrópicos	23
Procesamiento de Roedores Sinantrópicos y Extracción de Ectoparásitos	25
Identificación de Ectoparásitos	27
Análisis de datos.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
Abundancia de roedores sinantrópicos.....	29
Prevalencia, abundancia e intensidad promedio por especie de ectoparásito	30
Prevalencia y abundancia de ectoparásitos por especie de roedor	36
Riqueza y abundancia de ectoparásitos por sitio de recolecta.....	37
CONCLUSIONES	40
REFERENCIAS.....	41
ANEXOS	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Claves taxonómicas utilizadas para identificar los ectoparásitos.	27
Tabla 2: Parámetros ecológicos por especie de ectoparásito..	31
Tabla 3: Parámetros ecológicos de los ectoparásitos asociados a <i>Mus musculus</i>	36
Tabla 4: Parámetros ecológicos de los ectoparásitos asociados a <i>Rattus rattus</i>	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de los cuerpos de agua, salineras y domicilios donde se realizó la captura de roedores sinantrópicos.	24
Figura 2: Trampas caseras tipo jaula utilizadas para la captura de roedores sinantrópicos.	25
Figura 3: Sitios comunes donde se distribuyeron las trampas en los domicilios según la especie de roedore presente.....	25
Figura 4: Mesa de procesamiento de roedores sinantrópicos.....	26
Figura 5: Abundancia de roedores sinantrópicos capturados en domicilios del municipio de Celestún.	29
Figura 6: Ácaro hembra de la especie <i>Myobia murismusculi</i>	31
Figura 7: Ácaro hembra de la especie <i>Radfordia affinis</i>	32
Figura 8: Ácaro hembra de la especie <i>Laelaps echidninus</i>	33
Figura 9: Pulga hembra de la especie <i>Ctenocephalides felis</i>	34
Figura 10: Ejemplares de la familia Listrophoridae.....	35
Figura 11: Curva de acumulación de la riqueza y abundancia de ectoparásitos de roedores sinantrópicos recolectados en domicilios más al centro de la población (MCP) y cercanos al medio silvestre (CMS) del municipio de Celestún.....	37
Figura 12: Comparación del número efectivo de especies del orden $q0$, $q1$ y $q2$ de ectoparásitos de roedores sinantrópicos recolectados en domicilios más al centro de la población (MCP) y cercanos al medio silvestre (CMS) del municipio de Celestún.....	38

RESUMEN

DIVERSIDAD DE ECTOPARÁSITOS ASOCIADOS A PEQUEÑOS ROEDORES
DEL MUNICIPIO DE CELESTÚN, YUCATÁN.

Por

DAVID ABIMAEI NÚÑEZ COREA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRÁRIA ANTONIO NARRO

DR. JERÓNIMO LANDEROS FLORES – ASESOR

En el estado de Yucatán, los pequeños roedores han sido evidenciados como hospederos de agentes infecciosos y ectoparásitos de importancia médico-veterinaria. Sin embargo, son muy pocas las zonas estudiadas en el estado, considerando que cuenta con áreas naturales protegidas como el municipio de Celestún que pertenece a una reserva de la biósfera. El estudio fue diseñado para capturar roedores sinantrópicos y silvestres en domicilios del municipio de Celestún con el fin de identificar los ectoparásitos asociados, estimar algunos parámetros ecológicos y comparar la distribución. Los domicilios se clasificaron como cercanos al medio silvestre (CMS) y domicilios dentro de la población (MCP). La captura se realizó en 25 domicilios entre julio y diciembre de 2023. Se recolectaron 82 roedores sinantrópicos; 59 correspondió a *M. musculus* y 23 a *R. rattus*. En los domicilios MCP fueron abundantes los roedores sinantrópicos. Sin embargo, *M. musculus* fue el más abundante en ambos sitios de colecta. En ambos roedores se recolectaron 547 ectoparásitos pertenecientes a cinco especies. La riqueza de ectoparásitos fue mayor en roedores de domicilios MCP. Se reportan por primera vez para el cono sur del país, los ácaros *Myobia murismusculi* (n=46), *Radfordia affinis* (n=49), *Myocoptes musculus* (n=9) y Listrophoridos (n=404). También se encontraron las especies de importancia médico-veterinaria, *C. felis* (n=1) y *L. echidninus* (n=42), únicamente sobre *R. rattus* y en zonas distantes del medio silvestre. Además, este es el primer estudio que se realiza en el área natural de Celestún.

Palabras claves: Diversidad, ectoparásito, roedores sinantrópicos, ácaros, pulga.

ABSTRACT

DIVERSITY OF ECTOPARASITES ASSOCIATED WITH SMALL RODENTS IN
THE MUNICIPALITY OF CELESTÚN, YUCATÁN.

By

DAVID ABIMAEI NÚÑEZ COREA

MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURAL PARASITOLOGY
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRÁRIA ANTONIO NARRO

DR. JERÓNIMO LANDEROS FLORES – ADVISOR

Saltillo, Coahuila

Julio 2024

In the state of Yucatán, small rodents have been shown to be hosts of infectious agents and ectoparasites of veterinary-medical importance. However, very few areas have been studied in the state, considering that it has protected natural areas such as the municipality of Celestún, which belongs to a biosphere reserve. The study was designed to capture synanthropic and wild rodents in homes in the municipality of Celestún in order to identify associated ectoparasites, estimate some ecological parameters and compare their distribution. The homes were classified as close to the wild (CMS) and homes within the population (MCP). Trapping was performed in 25 domiciles from July to December 2023. Eighty-two synanthropic rodents were collected; 59 corresponded to *M. musculus* and 23 to *R. rattus*. In the MCP homes, synanthropic rodents were abundant. However, *M. musculus* was the most abundant in both collection sites. In both rodents, 547 ectoparasites belonging to five species were collected. The richness of ectoparasites was higher in rodents from MCP homes. The mites *Myobia murismusculi* (n=46), *Radfordia affinis* (n=49), *Myocoptes musculus* (n=9) and Listrophoridae (n=404) are reported for the first time from the southern cone of the country. The species of veterinary importance, *C. felis* (n=1) and *L. echidninus* (n=42), were also found only on *R. rattus* and in areas distant from the wild. In addition, this is the first study to be conducted in the natural area of Celestún.

Key words: Diversity, ectoparasite, synanthropic rodents, mites, flea.

INTRODUCCIÓN

Los pequeños roedores están ampliamente distribuidos por todos los continentes, excepto en la Antártida (Huchon et al., 2002). En México hay 180 especies de pequeños roedores y en el estado de Yucatán cuenta con 14 especies, de los cuales, 12 son silvestres y dos son sinantrópicas (Huchon et al., 2002; Ramirez-Pulido et al., 2014). Los roedores sinantrópicos son una parte fundamental del ciclo infeccioso de enfermedades zoonóticas al ser reservorios u hospederos de agentes infecciosos, los cuales, afectan la salud humana y de los animales (Meerburg et al., 2009). Del mismo modo, albergan ectoparásitos que pueden llegar a desenvolverse como vectores de patógenos o afectar la salud y el rendimiento productivo de los animales por medio de lesiones causadas por las picaduras (Baak-Baak et al., 2016; Iqbal et al., 2014; Núñez-Corea, 2021). En el estado de Yucatán solo se distribuyen las especies sinantrópicas *Mus musculus* y *Rattus rattus*; en los cuales, se han detectado patógenos como *Leptospira interrogans*, *Leptospira kirschneri*, *Borrelia burgdorferi* sensu lato, *Rickettsia typhi*, *Rickettsia felis*, *Toxoplasma gondii*, *Trypanosoma cruzi*, y *Cysticercus fasciolaris* (Zaragoza-Quintana et al., 2016; Panti-May et al., 2013, 2015; Peniche-Lara et al., 2015; Solís-Henández et al., 2016; Torres-Castro et al., 2014, 2016). Desafortunadamente, en el estado son pocos los estudios que se han realizado con ectoparásitos de estos roedores. Sin embargo, se han registrado ectoparásitos de importancia médico-veterinaria como *Echinolalelaps echidninus*, *Ornithonyssus bacoti* y *Ctenocephalides felis* sobre roedores sinantrópicos (Baak-Baak et al., 2016, 2018; Núñez-Corea, 2021). El municipio de Celestún forma parte de la Reserva de la Biósfera Ría Celestún, por ende, alberga una diversidad de flora y fauna representativa debido a la variación de hábitats que presenta (SEMARNAT, 2002). Por tanto, los ectoparásitos de roedores sinantrópicos son un punto clave de estudio en la zona rural del municipio ya que se desconoce su diversidad, interacción ecológica con otras especies, su distribución y su posible papel en la transmisión de enfermedades. Así mismo, existen ácaros como los Listrophoridos que no son considerados ectoparásitos, debido a que no se alimentan de sus hospederos, pero pasan toda su vida sobre su pelaje, siendo estos, importantes desde el punto de vista evolutivo (Bochkov & Oconnor, 2006b). Debido a esto, el objetivo de la presente investigación es identificar las especies de ectoparásitos asociadas a roedores sinantrópicos del municipio de Celestún, estimar algunos parámetros ecológicos y

comparar su riqueza y abundancia entre los domicilios cercanos al medio silvestre y los que no lo están. Aportando así, valiosa información al inventario faunístico de la Reserva de la Biósfera Ría Celestún y al conocimiento de la distribución de los ectoparásitos asociados a roedores de importancia médico-veterinaria en zonas perturbadas. Cabe mencionar que este es el primer estudio con ectoparásitos asociados a roedores en el municipio.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general

Estimar la diversidad alfa de ectoparásitos asociados a pequeños roedores en el municipio de Celestún, así como también evaluar algunos parámetros poblacionales de los ectoparásitos.

Objetivos específicos

- Estimar la prevalencia, abundancia e intensidad promedio por especie de ectoparásito.
- Estimar la prevalencia y abundancia de ectoparásitos en cada especie de roedor.
- Comparar la riqueza y abundancia de ectoparásitos por sitio de colecta.

Hipótesis

- El municipio de Celestún cuenta con una baja diversidad de ectoparásitos asociados a pequeños roedores, debido a la fragmentación del hábitat.
- La riqueza y abundancia de los ectoparásitos son mayores en la zona de la periferia, ya que los hospederos tienen más oportunidad de estar en contacto con el medio silvestre.

REVISIÓN DE LITERATURA

Roedores sinantrópicos

Las especies sinantrópicas, como los roedores, tienen la capacidad de poder adaptarse a casi cualquier tipo de ambiente modificado por la actividad humana, por lo que, tienen una relación muy estrecha con la humanidad (Abramova, 2010; Battersby et al., 2008). Sin embargo, su distribución se puede ver afectada por condiciones ambientales específicas, factores antrópicos y la interacción con otros roedores (Battersby et al., 2008). En México, se encuentran distribuidas las tres especies de roedores sinantrópicos más importantes a nivel global, siendo *Rattus rattus*, *Rattus norvegicus* y *Mus musculus* (Espinosa y Leon, 1984). Estos roedores fueron introducidos al continente americano durante los viajes de la conquista en el siglo XV (Lobos et al., 2005). En el estado de Yucatán, solo se encuentran las especies *R. rattus* y *M. musculus*; y están ampliamente distribuidas en zonas rurales, urbanas y sub-urbanas (Núñez-Corea, 2021; Panti-May et al., 2012, 2013; Zaragoza-Quintana et al., 2016).

***Rattus rattus* (Linnaeus, 1758)**

Esta especie sinantrópica es llamada comúnmente como “rata negra”, tiene un porte mediano con una cabeza puntiaguda, un par de orejas grandes y la cola es más larga que el resto de la longitud del cuerpo. La coloración corporal tiene ciertas variaciones en el dorso/vientre, como agouti/gris, agouti/blanco y negro/gris. Es ágil y tiene hábitos arborícolas, por tanto, es capaz de desplazarse por superficies elevadas, cables o árboles, y suele establecerse en techos, áticos o árboles (Zaragoza-Quintana et al., 2016). Presenta una actividad de 100 m² en ambientes humanos y suele ser capturada cerca de las fuentes de alimento o áreas de cobertura de las viviendas, sin embargo, es bien sabido que sus madrigueras y refugios los construyen fuera de las viviendas. La rata negra tiene hábitos omnívoros, por tanto, puede consumir cualquier tipo de alimento. Presentan neofobia, por lo que, evitan objetos o alimentos nuevos, aunque, hay casos de neofilia, ya que pueden roer cosas nuevas en ambientes en constante cambio (Battersby et al., 2008).

Ciclo de vida

El roedor *R. rattus* se reproduce todo el año, con diferente abundancia según la estación del año. Su periodo de gestación es de 21 a 29 días con un total de 1 a 9 crías con un promedio de 8. Las hembras pueden parir hasta cinco camadas por

año (Battersby et al., 2008). Las crías nacen sin pelaje y son ciegas; usualmente dejan de depender de la madre entre los 21 a 28 días de haber nacido. Las hembras alcanzan la madurez sexual entre los cuatro a cinco meses. En condiciones silvestres pueden vivir hasta dos años, pero el promedio es de un año (Shiels et al., 2014).

Ubicación taxonómica

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Mammalia

Orden: Rodentia

Familia: Muridae

Género: *Rattus*

Especie: *R. rattus* (Linnaeus, 1758)

Mus musculus

El roedor *M. musculus* es también llamado ratón casero o doméstico. Es un roedor que tiene cuerpo pequeño, una cabeza puntiaguda, la cola larga y el pelaje es corto con una variación de color gris a café en el dorso y gris claro a café en el vientre (Zaragoza-Quintana et al., 2016). En áreas templadas, el ratón casero tiene una actividad reducida de 3 a 10 m² y suele establecerse cerca de las fuentes de alimento (Battersby et al., 2008). Al tener hábitos omnívoros, este roedor se alimenta de cualquier producto o desperdicio generado por los humanos. En Yucatán, el ratón casero habita dentro de los domicilios, eligiendo como lugar de establecimiento, las estufas, refrigeradores, bodegas, gallineros, corrales, acúmulos de basura, malezas, cultivos, entre otros (Denys et al., 2007; Panti-May et al., 2019).

Ciclo de vida

El ratón casero tiene una alta tasa de reproducción y debido a la alta disponibilidad de alimento, se puede reproducir durante todo el año (Panti-May et al., 2012). El periodo de gestación es de 19 a 21 días, aunque, si la hembra está lactando se puede prolongar. El número de individuos por camada es de 3 a 12. Las crías nacen desnudas y ciegas, a los 10 días ya están cubiertas de pelo. A los 14 días abren los ojos y se vuelven independientes a los 21 días. Alcanzan la madurez sexual entre

5 a 7 semanas. Después de 12 a 18 horas del parto, las hembras pueden experimentar celo. Su ciclo de vida oscila entre 12 a 18 meses en medios urbanos y sub-urbanos (Battersby et al., 2008).

Ubicación taxonómica

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Mammalia

Orden: Rodentia

Familia: Muridae

Género: *Mus*

Especie: *M. musculus* (Linnaeus, 1758)

Importancia económica

Los roedores sinantrópicos *R. rattus* y *M. musculus*, están asociados con grandes pérdidas económicas y productivas, por tanto, son considerados como una de las principales plagas a nivel internacional (Clapperton, 2006). Estas especies de roedores causan daños a infraestructuras al roer cables eléctricos, paredes, tuberías de plomo, madera, presas de hormigón y otros materiales de construcción (Bonnetoy et al., 2008; Nowak, 1999). Un estudio realizado por Murphy & Oldbury (2002) reveló una fuerte asociación de presencia de roedores en zonas con bajos hábitos de higiene, falta de mantenimiento estructural y una amplia disponibilidad de refugios. De igual manera, se alimentan y contaminan con sus heces u orina productos y granos almacenados (Pimentel et al., 2005). En el ámbito agrícola, los pequeños roedores pueden ocasionar hasta un 100% de pérdidas en los cultivos al alimentarse de órganos específicos de las plantas, dejando así, un daño por el cual los patógenos infectan a las plantas y se diseminan a otras ocasionando enfermedades (Sánchez-Cordero et al., 2022).

Importancia sanitaria

Los roedores sinantrópicos son capaces de albergar una gran diversidad de patógenos zoonóticos. Actúan como hospederos o reservorios intermediarios de agentes infecciosos, así como también, son portadores de ectoparásitos de importancia vectorial que afectan a

animales y humanos (Baak-Baak et al., 2016; Ecke et al., 2022; Himsworth et al., 2013). Además, los roedores, los murciélagos y los primates son los principales organismos que albergan la mayoría de los virus zoonóticos (Han et al., 2015). Un estudio reveló que, el 73% de 187 especies de roedores con comportamiento sinantrópico asociados a ambientes artificiales son reservorios de algún patógeno zoonótico. Entre ellos, el roedor *R. rattus* es reservorio de 34 patógenos zoonóticos y *M. musculus* de 11; considerando que, las principales vías de transmisión de patógenos en roedores sinantrópicos son por mordedura, acicalamiento, rasguño, aerosol y vectorial (Ecke et al., 2022). Entre las principales infecciones que se han encontrado en roedores sinantrópicos, se pueden mencionar el tifus murino, tifus epidémico, enfermedad de Lyme, leptospirosis, anaplasmosis, babesiosis, leishmaniasis cutánea, encefalitis, fiebre recurrente, fiebre maculosa de las montañas rocosas, virus del Nilo Occidental, fiebre hemorrágica de Omsk, tularemia, entre otros (Díaz, 2021). En el estado de Yucatán, se han evidenciado a los patógenos *Leptospira interrogans*, *Leptospira kirschneri*, *Borrelia burgdorferi* sensu lato, *Rickettsia typhi*, *Rickettsia felis*, *Toxoplasma gondii*, *Trypanosoma cruzi*, *Cysticercus fasciolaris*, virus dengue, virus Apoi, virus de la fiebre amarilla, virus Modoc y virus de la encefalitis de San Luis en los roedores sinantrópicos *R. rattus* y *M. musculus* (Cigarroa-Toledo et al., 2016; Panti-May et al., 2013, 2015; Peniche-Lara et al., 2015; Solís-Henández et al., 2016; Torres-Castro et al., 2014, 2016).

Ectoparásitos asociados a roedores sinantrópicos del estado de Yucatán

En el estado de Yucatán, los ectoparásitos de roedores sinantrópicos han sido poco estudiados. Sin embargo, se han reportado ectoparásitos en los roedores sinantrópicos *R. rattus* y *M. musculus* de importancia médico-veterinaria como los ácaros *Laelaps (Echinolaelaps) echidninus* y *Ornithonyssus bacoti*, la pulga *Ctenocephalides felis*, y el piojo *Polyplax spinulosa* (Baak-Baak et al., 2016, 2018; Núñez-Corea, 2021). Por otro lado, el ácaro *Androlaelaps fahrenheitii* también se ha reportado sobre las dos especies de roedores sinantrópicos, aunque, no se sabe si tiene importancia vectorial (Baak-Baak et al., 2018).

Orden Phthiraptera

El orden Phthiraptera está comprendido por los comúnmente llamados piojos (Triplehorn & Johnson, 2005). Son pequeños insectos, presentan metamorfosis hemimetábola, y son ectoparásitos obligados de aves y mamíferos, de los cuales, se alimentan de su sangre, plumas, pelo, piel o secreciones (Cano-Santana & Romero-Mata, 2016). Miden de 0.3 a 12 mm de largo, el cuerpo es aplanado dorsoventralmente, el abdomen está dividido en 10 segmentos, tienen patas con artejos distales modificados que les ayudan a sujetarse de su hospedero, antenas cortas, ojos pequeños o ausentes y son ápteros (Durden & Lloyd, 2009). Este orden, se encuentra dividido en los subórdenes Anoplura, Amblycera, Ischnocera y Rhyncophthirina (Galloway, 2018). El suborden Anoplura está conformado por los piojos chupadores; parasitan mamíferos y se caracterizan por poseer un aparato picador-chupador compuesto por tres estiletes finos que utilizan para alimentarse de los vasos sanguíneos de su hospedero y de algunas secreciones corporales (Durden & Lloyd, 2009; Rodríguez-Ortega et al., 2018).

***Polyplax spinulosa* (Burmeister, 1839)**

El piojo de la rata espinosa *P. spinulosa*, es el que comúnmente se encuentra parasitando a roedores *R. norvegicus* y *R. rattus* en laboratorios y el medio silvestre (Baker, 2007). Sin embargo, *P. spinulosa* tiene una amplia gama de hospederos como el roedor sinantrópico *M. musculus* y los roedores *Cavia porcellus*, *Leggadina forresti*, *Mesembriomys macrurus*, *Pseudomys occidentalis*, *Rattus colletti*, *Rattus fuscipes*, *Rattus lutreolus*, *Rattus sordidus*, *Rattus tunneyi* y *Rattus villosissimus* (Abdel-Rahman et al., 2020; Baker, 2007; Wang et al., 2020). Tiene preferencia por ciertas regiones del cuerpo del roedor como: la parte media del cuerpo, los hombros y el cuello. El cuerpo es delgado, grueso, de color amarillo-marrón y mide de 0.6 a 1.5 mm de longitud. La cabeza es redondeada con un par de antenas de cinco segmentos. Carecen de ojos. La placa ventral del tórax tiene forma pentagonal. El abdomen tiene siete placas laterales de cada lado y de siete a trece placas dorsales (Baker, 2007).

Ciclo de vida

El piojo *P. spinulosa* tiene un ciclo de vida que va de 14 a 35 días. Las hembras colocan sus huevos sobre el pelaje del roedor. Los huevos eclosionan entre 5 y 6 días. Del huevo sale una ninfa de primer instar, la cual, muda dos veces pasando del instar uno hasta el tres, este proceso ocurre entre 7 a 21 días. Posteriormente, ocurre una tercera muda dando origen al adulto, el cual, vive entre 14 a 35 días (Baker, 2007; Otto et al., 2015).

Ubicación taxonómica

Phylum: Arthrópoda

Clase: Insecta

Orden: Phthiraptera

Subórden: Anoplura

Familia: Polyplacidae

Género: *Polyplax*

Especie: *P. spinulosa* (Burmeister, 1839)

Orden Siphonaptera

El orden Siphonaptera es un pequeño grupo conformado por las pulgas, las cuales, son ectoparásitos obligados en una fase de su ciclo de vida, parasitando aves y mamíferos (Zhu et al., 2015). Las pulgas son insectos holometábolos, ápteros, tienen el cuerpo aplanado lateralmente, la cabeza triangular, el exoesqueleto es muy esclerotizado y la coloración del cuerpo varía de marrón amarillento a negro. Además, tienen espinas y setas que facilitan el desplazamiento por el cuerpo del hospedero y presentan las coxas del último par de patas muy desarrolladas, las cuales, les ayudan a saltar de un hospedero a otro (Galloway, 2018; Triplehorn & Johnson, 2005). En México, aproximadamente el 74% de las especies de pulgas conocidas parasitan a roedores, siendo, la familia muridae la que más registros presenta (Acosta, 2005; Morrone & Gutiérrez, 2005).

***Ctenocephalides felis* (Bouché, 1835)**

La pulga del gato *Ctenocephalides felis* es un insecto generalista que tiene una amplia distribución a nivel global a excepción de la Antártida (Linardi & Santos, 2012). La especie *C. felis* presenta cuatro subespecies, que incluyen a: *C. felis felis*, *C. felis damarensis*, *C. felis orientis* y *C. felis strongylus* (Rust et al., 2017). Sin embargo, *C. felis felis* es la subespecie más dominante en gatos y perros en México, Estados Unidos y el occidente de Europa (Ahn et al., 2018). En el sur de México también se ha documentado en *R. rattus*, *Peromyscus yucatanicus* y *Didelphis marsupialis yucatanensis* (Baak-Baak et al., 2016; Eckerlin, 2005; Peniche-Lara et al., 2018). La subespecie *C. felis felis* se caracteriza porque la cabeza mide aproximadamente dos veces lo ancho, las primeras dos espinas del peine genal son similares, presenta una o dos cerdas en el área lateral del metanoto, una cerda corta y robusta entre las cerdas largas postmediales y apicales del margen dorsal de las tibias posteriores y en la metatibia presenta la fórmula 2-2-2-2-1-3 (Linardi & Santos, 2012).

Ciclo de vida

La duración del ciclo de vida de las pulgas se rige por factores bióticos y abióticos del medio. Por ejemplo, las altas temperaturas favorecen su desarrollo mientras que las bajas temperaturas lo reducen (Zhu et al., 2015). La oviposición y el apareamiento se lleva a cabo sobre el hospedero, por tanto, la fase adulta es la que se encuentra como ectoparásito (Baker, 2007). Las hembras pueden ovipositar varias veces durante toda su vida y poner entre 25 y 40 huevos por día. Las larvas emergen entre dos y cinco días. Durante dos a tres semanas, las larvas pasan por tres estadios y se alimentan de las heces de los adultos y sangre seca. Posteriormente, pasan a un estado de pupa en el que pueden permanecer de una a dos semanas, inclusive hasta cuatro meses si las condiciones ambientales no son favorables. Finalmente, el adulto emerge y en el caso de las hembras, estas comienzan a buscar un hospedero para comenzar con la ingesta de sangre (Dobler & Pfeffer, 2011).

Ubicación taxonómica

Phylum: Arthrópoda

Clase: Insecta

Orden: Siphonaptera

Familia: Pulicidae

Género: *Ctenocephalidae*

Especie: *C. felis* (Bouché, 1835)

Subespecie: *C. felis felis*

Orden Mesostigmata

El orden Mesostigmata es un grupo muy diverso de ácaros que incluye especies con diferentes formas y tamaños, además, están presentes en diferentes hábitats. Su tamaño oscila entre 200 a 4500 μm . La gran mayoría son de hábitos depredadores, aunque, también hay especies parásitas o simbiontes de mamíferos, aves, reptiles y artrópodos (Lindquist et al., 2009). En México, se encuentran registradas 507 especies pertenecientes a 158 géneros y 50 familias (Pérez et al., 2014). Entre sus características diagnosticas, se pueden mencionar: las coxas de las patas cuentan con seis artejos, los trocánteres de las patas III y IV no están divididos, presentan basitarsos en las patas II-IV, en el opistosoma presentan un par de estigmas laterales que van de la pata II a la IV, el subcapítulo presenta un par de cuniculus, el tarso de los pedipalpos posee una uña apotética bidentada o tridentada y poseen placas en el idiosoma con diferente grado de esclerotización (Moraza & Balanzategui, 2015).

Laelaps echidninus (Berlese, 1887)

El ácaro de la rata espinosa *L. echidninus* tiene distribución mundial y parasita comúnmente a roedores del género *Rattus* y *Mus*. Son considerados de importancia médico-veterinaria (Lareschi & González-Acuña, 2010). Esta especie de ácaro también se puede encontrar en la literatura como *Echinolaelaps echidninus* o *Laelaps echinolaelaps echidninus* (Yuan et al., 2023). Entre las principales características de importancia taxonómica para esta especie, destacan: la placa epigidial se extiende hasta atrás de la coxa IV y presenta cuatro pares de setas laterales; la placa anal es cóncava, se divide por

una ligera sutura de la placa epigidial y presenta dos setas laterales y una seta larga en la parte posterior (Baak-Baak et al., 2016; Masan & Fenda, 2010).

Ciclo de vida

Laelaps echidninus es un ácaro vivíparo, el cual, puede llegar a vivir de dos a tres meses en condiciones óptimas. La hembra produce larvas hexápodas, estas no se alimentan y mudan a protoninfas en un laxo de 10 a 13 horas. En los siguientes tres a once días, las protoninfas se alimentan y mudan a deutoninfas; estas se alimentan y de tres a nueve días mudan a adultos. Las hembras pueden alimentarse poco después de mudar y producir larvas en un periodo de cinco a 17 días, algunas veces lo hacen por partenogénesis. Todo el ciclo de vida se lleva a cabo en al menos 16 días. Estos ácaros suelen vivir en sábanas y por las noches salen para alimentarse, además, con frecuencia parasitan roedores (Baker, 2006).

Ubicación taxonómica

Phylum: Arthrópoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Mesostigmata

Familia: Laelapidae

Género: *Laelaps*

Especie: *L. echidninus* (Berlesse, 1887)

***Ornithonyssus bacoti* (Hirst, 1913)**

El ácaro *O. bacoti* o ácaro tropical de los ratones, se ha reportado comúnmente en zonas tropicales y templadas (Cheng, 1980). Casos de dermatitis en humanos por la picadura de este ácaro se han documentado en Australia, Alemania y Estados Unidos; con mayor frecuencia en primavera. Además, es uno de los principales ácaros con importancia médica en el mundo (Acha & Szygres, 2003). Esta especie de ácaro está fuertemente asociado a roedores del género *Rattus* y *Mus*, aunque, ha sido reportado en otros pequeños roedores como hamsters y cuyos. En tiendas de mascotas y laboratorios experimentales, las

infestaciones con *O. bacoti* puede causar una baja reproductividad, anemia, debilidad y en algunos casos la muerte del roedor. Las hembras miden de 0.7 a 1.4 mm, mientras que, el macho mide 0.4 a 0.5 mm, siendo este de menor tamaño (Jofré et al., 2009). Cuando la hembra está en busca de alimento, esta suele ser muy activa y una vez alimentada su actividad disminuye. Morfológicamente se distingue de otras especies por la presencia de muchas setas en el abdomen, la placa dorsal caudalmente puntiaguda y un ano craneal en la placa anal (Beck & Fölster-Holst, 2009; Nath et al., 2016).

Ciclo de vida

El ciclo biológico del ácaro tropical dura entre 11 y 16 días para completarse y se desarrolla mejor a una humedad relativa del 70% al 80% (Beck & Fölster-Holst, 2009). La hembra sube a un hospedero únicamente para alimentarse, después lo abandona y digiere la sangre en un periodo de dos a tres días. Después del proceso de digestión, la hembra puede colocar entre uno a doce huevos en las madrigueras de los roedores, suelos y paredes agrietadas; posteriormente eclosionan las larvas de tres pares de patas en aproximadamente 36 horas, estas larvas no se alimentan. La larva muda a una protoninfa de cuatro pares de patas y no se alimenta, posteriormente muda a deutoninfa, esta fase se alimenta y muda finalmente a adulto en un lazo de 24 horas (Jofré et al., 2009). Las hembras pueden vivir hasta 70 días y poner entre 90 y 120 huevos. Por tanto, existen reportes de casas donde se presentan infestaciones de este ácaro (Beck & Fölster-Holst, 2009).

Ubicación taxonómica

Phylum: Artrópoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Mesostigmata

Familia: Macronyssidae

Género: *Ornithonyssus*

Especie: *O. bacoti* (Hirst, 1913)

Orden Trombidiformes

Este taxón está comprendido por ácaros con una gran variación morfológica, de hábitos alimenticios y diferente grado de esclerotización cuticular (Pérez et al., 2014). Cuenta con dos subórdenes, llamados, Sphaerolichida y Prostigmata. El suborden Prostigmata es el más diverso a nivel global con poco más de 25,800 especies descritas, en México se han descrito 1,208 especies (Zhang, 2011). La cohorte Raphignathina se conforma en un 20% de ácaros parásitos, entre estos se encuentra la familia Myobiidae, la cual, comprende a ácaros ectoparásitos permanentes (Lindquist et al., 2009).

***Myobia murismusculi* (Schränk, 1781)**

El ácaro *M. murismusculi* se encuentra distribuido en todos los continentes y fue descrita por primera vez en Alemania, su hospedero natural es el ratón casero *M. musculus*, aunque también se ha documentado en roedores del género *Apodemus* (Bochkov, 1997). Esta especie se encuentra en el pelaje de sus hospederos y se alimenta de escoriaciones de la piel (Bochkov, 2016). En laboratorios de experimentación, es común encontrar ratones infestados con esta especie de ácaro. Por otro lado, infestaciones altas pueden causar alopecia y dermatitis en los roedores parasitados (Baker, 2006). Se caracteriza de otras especies por tener la seta *4a* microchaeta, las setas *2a* y *3a* en forma de látigo, el segmento apical de la pata I con un gancho ventral y los tarsos II con una sola uña grande (Bochkov, 2009; Herrera-Mares et al., 2021).

Ciclo de vida

El ciclo de vida de *M. murismusculi* se completa en aproximadamente 23 días. Su ciclo completo no se ha estudiado, aunque este ácaro coloca sus huevos en el pelaje de los roedores, posteriormente emerge la larva, esta pasa a protoninfa, luego a deutoninfa, después a tritoninfa y finalmente a adulto (Krantz & Walter, 2009; Labrzycka, 2006).

Ubicación taxonómica

Phylum: Arthrópoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Trombidiformes

Familia: Myobiidae

Género: *Myobia*

Especie: *M. murismusculi* (Schrank, 1781)

***Radfordia affinis* (Poppe, 1896)**

Esta especie de ácaro está asociada con roedores del viejo mundo, principalmente con la especie *M. musculus*, se reportó por primera vez en 1896 en Alemania (Bochkov et al., 2003). A nivel internacional se ha documentado en roedores del género *Apodemus* y *Mus* (Bochkov, 2009). Sus hábitos alimenticios son similares a la especie *M. murismusculis* (Pritchett-Corning & Clifford, 2012). Taxonómicamente se caracteriza por tener dos uñas en las coxas II, la seta subcapitular *n* filiforme, seta *3b* ausente, setas *d1*, *d2* y *e1* lanceoladas (Bochkov, 2009; Herrera-Mares et al., 2021).

Ciclo de vida

Su ciclo de vida, así como los estadios de desarrollo son similares a los ácaros del género *Myobia*, aunque este no se ha estudiado a detalle (Bochkov, 2009). Son ectoparásitos permanentes que se desarrollan en el pelaje de sus huéspedes alimentándose de escoriaciones de la piel (Bochkov, 2009; Pritchett-Corning & Clifford, 2012).

Ubicación taxonómica

Phylum: Artrópoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Trombidiformes

Familia: Myobiidae

Género: *Radfordia*

Especie: *R. affinis* (Poppe, 1896)

Orden Sarcoptiformes

Este orden se caracteriza por tener una gran variabilidad morfológica y contar con diversos hábitos alimenticios. Está conformado por dos subórdenes, de los cuales, el suborden Oribatida incluye al grupo Astigmata (Lindquist et al., 2009). El grupo Astigmata incluye ácaros relativamente pequeños de hábitos terrestres, acuáticos y parásitos. Las especies parásitas pueden provocar sarna en humanos, animales domésticos y silvestres. Además, las especies que son ectoparásitos, en su mayoría pasan toda su vida sobre el hospedero (Bochkov, 2016). En México, se han estudiado principalmente los asociados a mamíferos y aves (Pérez et al., 2014). Una característica diagnóstica de este grupo es la ausencia de estigmas y peritremas en la base de los quelíceros (Krantz & Walter, 2009).

***Myocoptes musculus* (Koch, 1844)**

Esta especie de ácaro es altamente específica del roedor *M. musculus* y se encuentran sobre la superficie de la piel o adheridos al pelo (Bochkov, 2016). Tiene una distribución global y a menudo se documenta sobre roedores de laboratorio, aunque, también ha sido reportada en roedores sinantrópicos y silvestres (Bochkov, 2016; Fain et al., 1970; Radford, 1995). La hembra mide en promedio 342 μm de largo y 184 μm de ancho. El histerosoma está estriado y está casi cubierta con pequeñas escamas triangulares. Las patas III y IV son robustas en comparación con la I y II, y la pata III es ligeramente más gruesa que la pata IV (Fain et al., 1970). Entre sus principales características diagnósticas, destacan que la seta *g* es filiforme, el edeago es más corto que la seta *4a* y las ventosas adanales son pequeñas y no miden más de 4 μm de diámetro (Bochkov, 2016). Los machos son más pequeños y están menos robustos en comparación con las hembras (Gambles, 1952).

Ciclo de vida

El ciclo biológico de los ácaros myocoptidos se completa en aproximadamente 14 días en condiciones óptimas. Los huevos son colocados en la parte distal del pelo de hospedero. Del huevo eclosiona una larva, posteriormente muda a ninfa y finalmente a adulto (Gambles, 1952). Se alimentan de escoriaciones de la piel y pasan toda su vida sobre los hospederos. La infestación a otros roedores se da por

contacto y los pueden parasitar desde que son neonatos de entre cuatro y cinco días (Pritchett-Corning & Clifford, 2012).

Ubicación taxonómica

Phylum: Arthrópoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Sarcoptiformes

Familia: Myocoptidae

Género: *Myocoptes*

Especie: *M. musculus* (Koch, 1844)

Familia Listrophoridae (Megnin y Trouessart, 1884)

La familia Listrophoridae es conocida por incluir a ácaros del pelaje, los cuales, son ectoparásitos permanentes y altamente específicos de roedores. Sin embargo, pueden parasitar a los órdenes Carnivora, Lagomorpha, Macroscelidae, Primates y Scandentia (Bochkov & Oconnor, 2006b; Krantz & Walter, 2009). Esta familia incluye 21 géneros y 170 especies. La fauna de listrophoridos en América es muy rica, aunque, estos ácaros han sido poco estudiados (Krantz & Walter, 2009; Sikora & Bochkov, 2012). Están ampliamente distribuidos por América, Asia, África y Europa; solo la especie *Leporacarus gibbus* se encuentra en Australia y Madagascar como especie introducida desde Europa (Bochkov & Oconnor, 2006a; Fain, 1981). Estos ácaros se reconocen por tener un par de aletas que surgen de una extensión de la cutícula entre las coxas I y II, un tegmen bien desarrollado que cubre todo el gnathosoma incluyendo los palpos, el primer par de patas no está modificado y el cuerpo generalmente es subcilíndrico (Bochkov & Oconnor, 2006a; Fain & Hyland, 1970).

Ciclo de vida

Debido a que son muy pequeños, no se tienen datos sobre la duración de su ciclo de vida. Sin embargo, Bochkov & Oconnor (2006b) lograron describir con detalle

los estadios de larva, protoninfa, deutoninfa, teleoninfa, la hembra y el macho adulto de la especie *Hemigalichus chrotogale*.

Ubicación taxonómica

Phylum: Arthrópoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Sarcoptiformes

Familia: Listrophoridae (Megnin y Trouessart, 1884)

Importancia médica y veterinaria

Los ectoparásitos son capaces de albergar agentes infecciosos, por lo que, participan en el ciclo infectivo de las enfermedades zoonóticas al ser vectores de patógenos. Por ejemplo, en el estado de Yucatán las garrapatas son capaces de albergar *Rickettsia akari*, *R. typhi*, *R. prowazekii* y *Borrelia burgdorferi*; habiendo previamente reportes de infecciones en humanos y perros (Martínez-Ortiz et al., 2019; Solís-Hernández et al., 2018). Por otro lado, la pulga del gato *C. felis* es considerada como el vector principal de *R. typhi* y *Bartonella henselae* (McElroy et al., 2010; Zavala-Velázquez et al., 2002). Los ácaros pueden también albergar rickettsias, causar sarna y otras afecciones a la piel (Díaz, 2010). En México, la Dirección General de Epidemiología monitorea algunas enfermedades transmitidas por vector en el país. Hasta la semana epidemiológica número 14, el dengue es la que presenta más casos con un total de 9,734, seguido por las rickettsias con 31 casos, la fiebre manchada con 30 casos, el paludismo con 20 casos y el zika con 3 casos (DGE, 2024).

En el ámbito agrario los ectoparásitos son de gran relevancia ya que afectan la producción, por ejemplo, altas infestaciones causan anemia, pérdida de peso, irritación, alergias, toxicosis, morbilidad e inclusive mortalidad en animales de producción (Iqbal et al., 2014). Además, pueden infectar a los animales con babesiosis, anaplasma, teileriosis, entre otras enfermedades infecciosas (Sahito et al., 2017).

Importancia ecológica

Los ectoparásitos son considerados especies claves en el monitoreo de la salud del medio ambiente, debido a que, las especies generalistas tienden a ser más abundantes en ambientes fragmentados mientras que las especies específicas se distribuyen en ambientes más conservados (Esser et al., 2019). Además, la pérdida de la diversidad biológica afecta la relación entre huéspedes y ectoparásitos, ya que una baja diversidad aumenta la probabilidad de que un ectoparásito tienda a ser oportunista con otras especies no hospederas (Ostfeld & Keesing, 2000). Los ectoparásitos generalistas son de mayor importancia en el ámbito médico y veterinario, puesto que, están involucrados en la transmisión de enfermedades infecciosas (Ostfeld et al., 2006). Por otro lado, es bien sabido que la modificación del hábitat, la pérdida de agua por efecto antropogénico y el cambio climático, impactan en las interacciones ecológicas entre hospederos, ectoparásitos y las enfermedades transmitidas por vector (Castle et al., 2019; Iknayan & Beissinger, 2018). Por tanto, comprender la distribución de ectoparásitos y la relación huésped-parásito, tiene implicaciones en el control de enfermedades que afectan la salud humana y de los animales (Friggens & Beier, 2010).

Medidas ecológicas aplicadas a la diversidad alfa de ectoparásitos

En 1981, la Sociedad Americana de Parasitología se reunió para abordar la problemática de la falta de términos ecológicos aplicados a organismos de vida libre, con base a esta reunión en 1982 se publicó “The use of ecological terms in parasitology (Report of an ad hoc committee of The American Society of Parasitologists)”, dicha publicación dio a conocer nuevas terminologías y parámetros ecológicos, los cuales, permiten cuantificar y describir a las poblaciones de parásitos; lo que resultó en un aumento en los estudios parasitológicos a nivel internacional (Margolis et al., 1982).

Para el estudio de poblaciones de parásitos, las principales medidas ecológicas utilizadas para medir la infección son la abundancia, prevalencia, intensidad promedio, riqueza, entre otros (Bautista-Hernández et al., 2015).

Abundancia

Es el número de ejemplares de una sola especie de ectoparásito dividida entre el número de individuos examinados, considerando tanto a los hospederos infestados como no infestados. Esta medida ecológica da a conocer la forma en que se distribuyen los ectoparásitos (Bautista-Hernández et al., 2015).

Prevalencia

Esta medida ecológica da a conocer la infección parasitaria basándose en datos de presencia y ausencia de la especie de ectoparásito de interés. La prevalencia es el número total de hospederos con presencia de ectoparásitos, dividida entre el total de ejemplares examinados expresado en porcentaje (Bautista-Hernández et al., 2015). Una prevalencia alta, indica cierta afinación del ectoparásito por su hospedero, por tanto, es importante para el monitoreo de especies con importancia vectorial (Zander, 2001).

Intensidad promedio

Es el número total de ectoparásitos de una misma especie recolectados en una muestra, dividido entre el total de hospederos infestados con esa especie de ectoparásito (Bautista-Hernández et al., 2015). Intensidades altas indican una alta relación entre la especie hospedera y los ectoparásitos. Es muy utilizada para monitorear a ectoparásitos a través del tiempo de interés médico y veterinario (Zander, 2001).

Riqueza

La riqueza específica es el número de especies de ectoparásitos en un hospedero o área determinada (Magurran, 1998).

Softwares utilizados para estimar y comparar la diversidad alfa

En la actualidad existen softwares libres con la función de analizar y determinar parámetros ecológicos en el ámbito de la parasitología, tales como, los softwares Inext y Quantitative Parasitology.

Quantitative Parasitology

Debido a que los parásitos se distribuyen de forma agregada, no se pueden analizar los datos obtenidos con análisis que corresponden a poblaciones simétricas. Por ende, este programa se creó con el fin estimar y analizar únicamente datos parasitológicos, basándose en los principales índices para describir las infecciones parasitológicas, tomando en cuenta un nivel de significancia del 5% y el método Bootstrap para crear muestras simuladas (Reiczigel et al., 2019).

iNEXT

La forma más común de estudiar la biodiversidad es por medio de la estimación de la riqueza de especies. Sin embargo, la riqueza se ve afectada por el esfuerzo de muestreo y la distribución de la abundancia, por tanto, no se le puede dar una perspectiva estadística. Por otro lado, la riqueza de especies no toma en cuenta ningún dato sobre la abundancia de especies.

Con el fin de resolver estos problemas, Chao et al. (2014) proponen el programa iNEXT, el cual, se basa en los números de Hill para hacer un análisis no asintótico basado en la rarefacción y extrapolación; y otro asintótico basado en la estimación del número verdadero de Hill.

Rarefacción y extrapolación

Una forma de estimar la riqueza de especies tomando en cuenta los datos de abundancia, es por medio de un análisis asintótico que es independiente del esfuerzo de muestreo. Colwell et al. (2012) lograron unificar los procedimientos de interpolación y rarefacción de especies, además, demostraron que los datos de diversidad se pueden interpolar a tamaños de muestra menores e inclusive extrapolar a tamaños mayores por medio de una riqueza asintótica, por lo que, se pueden comparar estadísticamente.

Números de Hill

Los índices de diversidad no se suelen basar en unidades intuitivas, razonables o que permitan hacer comparaciones, y tienen propiedades estadísticas poco

estudiadas (Ghent, 1991). Respecto a esto, el número efectivo de especies o números de Hill, se han propuesto para comparar la diversidad ya que incluyen la abundancia relativa y la riqueza de especies (Hill, 1973). Además, los números de Hill se rigen por un principio intuitivo de replicación, se miden en número efectivo de especies (q); q_0 , q_1 y q_2 equivalen a la riqueza de especies, la entropía de Shannon y el índice de Gini-Simpson respectivamente (Chao et al., 2014; Hill, 1973).

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del Área de Estudio

El municipio de Celestún se localiza en el extremo noroccidental de la Península de Yucatán en sus límites con el estado de Campeche y en las costas del golfo de México. Fue decretado como parte de un área Natural Protegida, bajo la categoría de Reserva de la Biósfera, el 27 de noviembre de 2000. Por tanto, es parte de La Reserva de La Biósfera Ría Celestún (RBRC), la cual, tiene una superficie de 81,482.33 hectáreas, comprendidas en los municipios de Celestún y Maxcanú, en el Estado de Yucatán, y Calkiní en el Estado de Campeche. Limita al este con el Golfo de México y al norte con la Reserva Estatal “El Palmar” en Yucatán y al sur con la Reserva de la Biosfera “Petenes” en Campeche (SEMARNAT, 2002). Su diversidad biológica está conformada por 1,149 especies reportadas de flora y fauna. Se han registrado 13 especies de anfibios, 64 de reptiles, 265 de aves y 79 de mamíferos, de estas 73 se encuentran protegidas (SEMARNAT, 2002, 2010).

Captura de Roedores Sinantrópicos

Se realizó un muestreo sistemático en 25 domicilios del municipio de Celestún. La captura de roedores sinantrópicos se realizó de julio a diciembre de 2023. Los domicilios se clasificaron en cercanos al medio silvestre (CMS) o periferia de la comunidad y más al centro de la población (MCP). Los criterios de clasificación se basaron en la cercanía de los domicilios con cuerpos de agua, vegetación, salineras, zonas abiertas o inundables. Con base en estos criterios, 13 domicilios se clasificaron como MCP y 12 como CMS (Figura 1). Se aplicó una encuesta socioeconómica a las personas que participaron en el estudio (Anexo 1).

Se utilizaron trampas caseras del número dos y tres (Figura 2) cebadas con pan francés y semillas de girasol (*Helianthus annuus*) o avena (*Avena sativa*) con esencia de vainilla comercial. Se distribuyeron tres trampas en cada domicilio durante tres noches consecutivas. La distribución de las trampas se hizo en sitios con base en el comportamiento de la especie de roedor vista en los domicilios (Figura 3). La captura se hizo de forma quincenal para obtener un esfuerzo de captura de 4,500 trampas/noche. Los roedores capturados fueron trasladados a la zona de procesamiento. Para este trabajo, se

solicitó la licencia de colecta científica registrada con el número de bitácora 31/K5-0044/05/23, el cual, fue otorgado por la Dirección General de Vida Silvestre de México.



Figura 1: Distribución de los cuerpos de agua, salinas y domicilios donde se realizó la captura de roedores sinantrópicos.

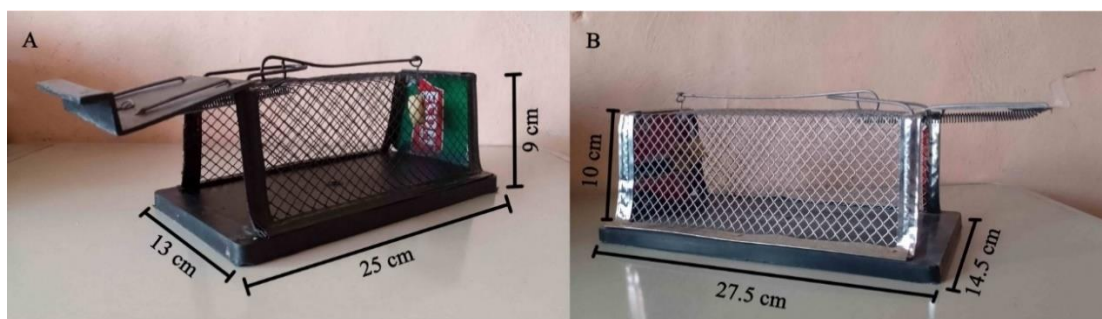


Figura 2: Trampas caseras de metal tipo jaula, utilizadas para la captura de roedores sinantrópicos. A) Trampa del número dos y B) Trampa del número tres.



Figura 3: Sitios comunes donde se distribuyeron las trampas en los domicilios según la especie de roedore presente.

Procesamiento de Roedores Sinantrópicos y Extracción de Ectoparásitos

La captura, manipulación y transporte de los roedores fue realizado siguiendo la recomendación del Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Laboratorio

del Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi (clave de dictamen: CICUAL-002-2023).

Los roedores fueron sacrificados siguiendo las indicaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999, *Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio*. Para esto, se preparó una mesa de procesamiento (Figura 4) y durante el procedimiento se usaron medidas de protección para reducir los riesgos a la salud. Para la identificación de los roedores se usaron las guías morfológicas de Emmons & Feer (1997) y Reid (2009).



Figura 4: Mesa de procesamiento de roedores sinantrópicos.

La extracción de ectoparásitos se hizo en tres etapas. La primera etapa consistió en colocar el roedor sobre una hoja en blanco y con ayuda de un marfil metálico y pinzas entomológicas, se revisó cuidadosamente al roedor. Posteriormente, bajo un microscopio estereoscópico (Carl Zeiss MicroImaging GmbH Jena, Germany) se procedió a una segunda revisión del roedor y de la hoja donde se colocó. Al finalizar la revisión, el roedor se metió en una bolsa plástica con un número de identificación y se almacenó a -20°C . Finalmente, en la tercera etapa se realizó una tercera revisión bajo microscopio estereoscópico al pasar de uno a tres días. Esto se hizo con la finalidad de asegurar la extracción de los ectoparásitos como los ácaros Linstrophoridos, Myobiidos y Myocoptidos que son relativamente pequeños y de color blanco, por lo que, no siempre se aprecian en las primeras dos revisiones. Los ectoparásitos recolectados se conservaron en tubos tipo

ependorf de 0.5 ml con alcohol al 70%. Al concluir todas las etapas de revisión, los roedores fueron trasladados al Centro de Investigaciones Regionales Dr. Hideyo Noguchi de la Universidad Autónoma de Yucatán para su correcto desecho como Residuo Peligroso Biológico-Infeccioso (RPBI).

Las trampas utilizadas pasaron por un proceso de desinfección con una solución de cloro al 10%, en el cual, se sumergieron por 10 minutos, luego se pasaron a una solución de vinagre al 5% por 5 minutos y finalmente se enjuagaron con agua potable y se pusieron a secar a temperatura ambiente para que se puedan volver a usar. Este proceso se realizó con la finalidad de eliminar patógenos que podrían afectar la salud, olores de orina y heces en las jaulas o feromonas de estrés que podrían liberar los roedores (Núñez-Corea, 2021).

Identificación de Ectoparásitos

La identificación de los ectoparásitos se hizo con claves taxonómicas especializadas (Tabla 1). Los ácaros se aclararon con lactofenol y se montaron con líquido de Hoyer, mientras que la pulga se montó con polivinil lactofenol. Además, los ácaros fueron fotografiados con microscopía electrónica de barrido para su correcta identificación. La pulga se fotografió con ayuda de una cámara digital ScopePhoto 3.1®.

Tabla 1: Claves taxonómicas utilizadas para identificar los ectoparásitos.

Orden	Familia	Claves utilizadas
Mesostigmata	Laelapidae	Masan & Fenda (2010)
Trombidiformes	Myobiidae	Herrera-Mares et al. (2021)
Sarcoptiformes	Myocoptidae	Fain & Hyland (1970)
Sarcoptiformes	Listrophoridae	Bochkov (2010)
Siphonaptera	Pulicidae	Hii et al. (2015)

Análisis de datos

Los parámetros ecológicos (Prevalencia, abundancia e intensidad promedio) de los ectoparásitos se estimaron con el software Quantitative Parasitology on the Web (Reiczigel et al., 2019). La comparación de las riquezas entre los domicilios MCP y CMS se realizó con el software iNEXT con 50 repeticiones Bootstraps y con un nivel de confianza del 95% (Chao et al., 2014). Los datos de abundancia de los roedores fueron sometidos a la prueba de normalidad y homogeneidad de varianzas y no cumplieron con

estos requisitos. Por ello, se aplicó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para comparar la abundancia de roedores por sitio de captura. Los resultados fueron significativos cuando $P < 0.05$. El análisis se realizó con el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abundancia de roedores sinantrópicos

En total se capturaron 82 roedores sinantrópicos de las especies *R. rattus* y *M. musculus*. No se encontraron roedores silvestres en las casas que están ubicadas cerca de la periferia de la comunidad. La especie *M. musculus* fue la más abundante tanto en los domicilios MCP como en los domicilios CMS. Además, en los domicilios MCP es dónde se encontró más abundancia de roedores sinantrópicos (Figura 5). Con la prueba U de Mann-Whitney se compararon las abundancias de los roedores y se encontró que es estadísticamente diferente entre los dos sitios de muestreo ($U:303.5$, $p<0.004$). Sin embargo, la abundancia de *M. musculus* no presentó diferencias significativas ($U:72.5$, $p>0.089$). Mientras que, *R. rattus* sí presentó diferencias significativas respecto a su abundancia ($U:815$, $p<0.015$).

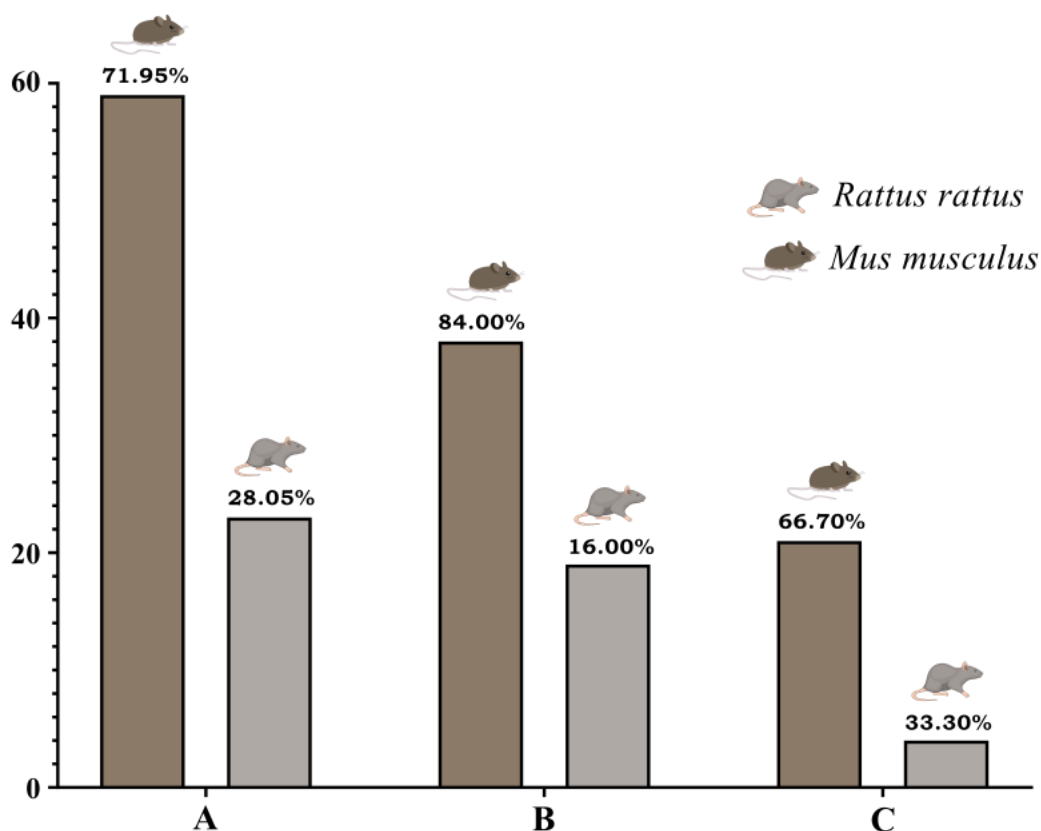


Figura 5: Abundancia de roedores sinantrópicos capturados en domicilios del municipio de Celestún. A) abundancia total, B) abundancia en domicilios MCP y C) abundancia en domicilios CMS.

Estudios previos han documentado a estas dos especies sinantrópicas en el estado de Yucatán (Baak-Baak et al., 2016; Cigarroa-Toledo et al., 2016; Núñez-Corea, 2021; Panti-May et al., 2019). En el municipio de Celestún, Címé-Pool y colaboradores (2006) reportan a la especie *M. musculus* en el medio silvestre con una abundancia muy baja. Por otro lado, en domicilios de la ciudad de Mérida, Cigarroa-Toledo y colaboradores (2016) reportaron a la especie *M. musculus* con una mayor abundancia respecto a *R. rattus*. En contraste con estudios previos, Núñez-Corea (2021) documentó a la especie *R. rattus* con una abundancia mucho mayor comparado con *M. musculus*. Por otro lado, en el estado de Yucatán los roedores sinantrópicos han sido evidenciados por albergar patógenos como *Leptospira interrogans*, *Leptospira kirschneri*, *Borrelia burgdorferi* sensu lato, *Rickettsia typhi*, *Rickettsia felis*, *Toxoplasma gondii*, *Trypanosoma cruzi*, *Cysticercus fasciolaris*, virus dengue, virus Apoi, virus de la fiebre amarilla, virus Modoc y virus de la encefalitis de San Luis (Cigarroa-Toledo et al., 2016; Panti-May et al., 2013, 2015; Peniche-Lara et al., 2015; Solís-Henández et al., 2016; Torres-Castro et al., 2014, 2016).

Prevalencia, abundancia e intensidad promedio por especie de ectoparásito

En total se recolectaron 547 ectoparásitos, de los cuales, 147 ejemplares correspondieron a cuatro especies y una morfoespecie de la familia Listrophoridae. Las especies descritas son *Myobia murismusculi* (Figura 6), *Randfordia affinis* (Figura 7), *Laelaps echidninus* (Figura 8) y *Ctenocephalides felis* (Figura 9); y la morfoespecie fue *Myocoptes musculus*. Notablemente, 404 ejemplares de ácaros correspondieron a la familia Listrophoridae (Figura 10). La familia Listrophoridae fue la que tuvo la intensidad promedio y la abundancia más alta, mientras que, la especie *M. murismusculi* fue la más prevalente (Tabla 2).

Tabla 2: Parámetros ecológicos por especie de ectoparásito. TE: Total de ectoparásitos, AB: Abundancia, P (%): Prevalencia, IC.P(%); Intervalos de confianza de la prevalencia, IP: Intensidad promedio e IC.IP: Intervalos de confianza de la intensidad promedio.

Especie	TE	AB	P(%)	IC.P(%)	IP	IC.IP
<i>Myobia murismusculi</i>	46	0.5609	19.51	11.60-29.70	2.88	1.94-4.56
<i>Randfordia affinis</i>	49	0.5975	12.20	6.00-21.30	4.90	2.90-6.91
<i>Myocoptes musculus</i>	9	0.1090	3.70	0.80-10.30	3.00	2.00-3.67
<i>Laelaps echidninus</i>	42	0.5120	2.44	0.40-8.10	21.00	2.00-21.00
<i>Ctenocephalides felis</i>	1	0.0120	1.22	--	1.00	--
Listrophoridae*	404	4.9260	15.90	9.00-25.30	31.08	17.40-67.40

*Familia

Los ácaros listrophoridos son ectoparásitos permanentes de mamíferos, los cuales, están representados por 120 especies agrupados en 20 géneros. Los listrophoridos, a menudo infestan a los roedores silvestres (Bochkov, 2010, 2011). En México, la diversidad de ácaros listrophoridos ha sido poco estudiada, solo se tienen registros de algunos ejemplares de los géneros *Listrophorus*, *Prolistrophorus*, *Geomilychus* y *Asiochirus* (Bochkov, 2010; Fain, 1973; Fain & Estébanes, 1996; Vargas et al., 1999).

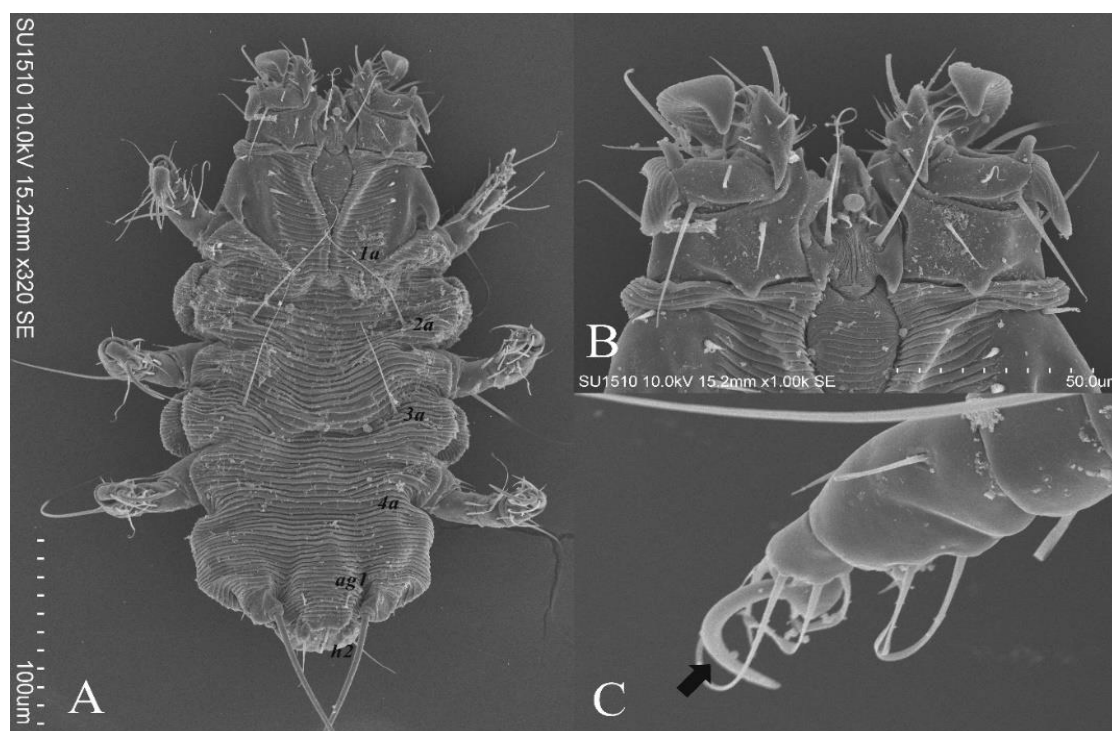


Figura 6: Ácaro hembra de la especie *Myobia murismusculi*. A) vista ventral y quetotaxia propuesta por Bochkov (2010), B) primer par de patas modificados y C) una garra grande en el segundo par de patas.

En México, el ácaro *R. affinis* se documentó por primera vez en ratones de laboratorio sobre la especie *M. musculus* del bioterio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Además, en el mismo trabajo se identificó al ácaro *M. murismusculi*, aunque no se proporcionan datos sobre su hospedero (Schnaas et al., 1968). Sin embargo, este ácaro también ha sido encontrado parasitando a los roedores *M. musculus*, *Peromyscus gratus* y *Baiomys taylori* en la Ciudad de México (Hoffman. A. & López-Campos, 2000). Estos ácaros pertenecen a la familia Myobiidae, de la cual, los géneros *Myobia*, *Radfordia* y *Zacaltepetla* están asociados específicamente con roedores. En Yucatán, solo se han documentado ejemplares de los géneros *Eudusbabekia* y *Ioannela*, aunque estos son ectoparásitos específicos de murciélagos (Herrera-Mares et al., 2017, 2021; Whitaker et al., 2007).

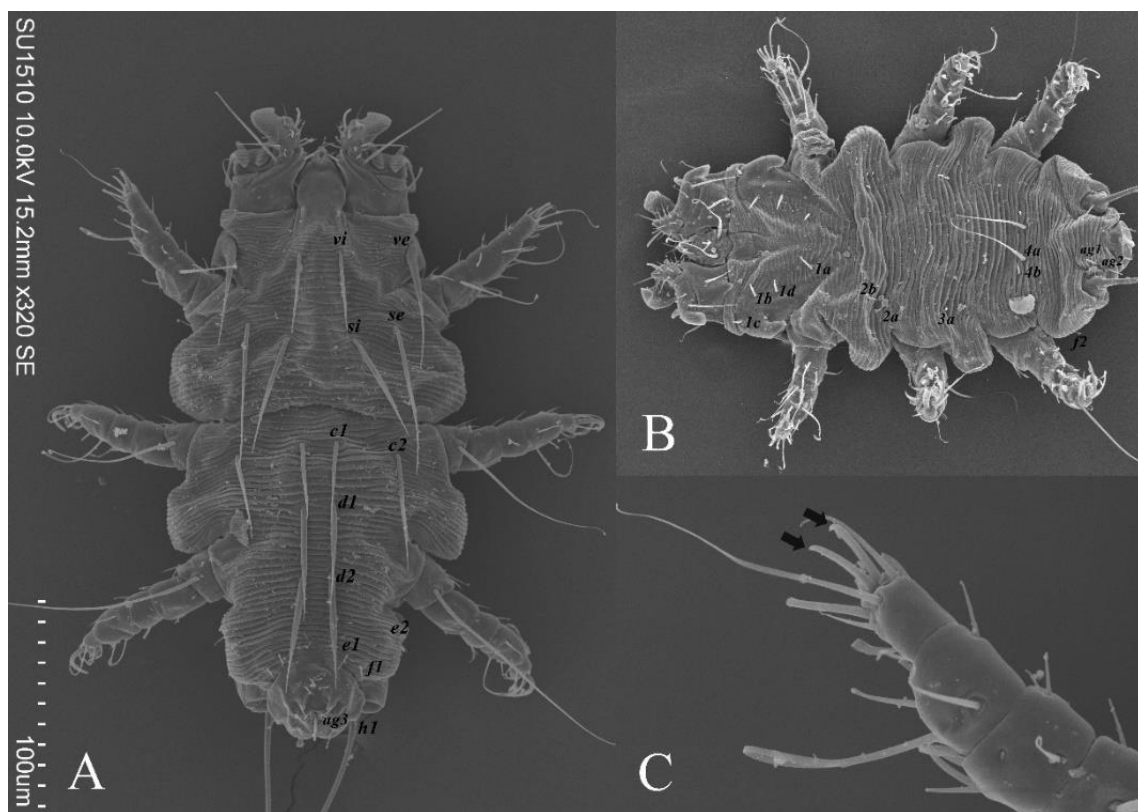


Figura 7: Ácaro hembra de la especie *Radfordia affinis*. A) vista dorsal y quetotaxia propuesta por Bochkov (2010), B) vista ventral y quetotaxia propuesta por Bochkov (2010) y C) dos garras en el segundo par de patas.

En Alemania, Koch (1844) describió por primera vez al ácaro *M. musculus* sobre *M. musculus*. Más tarde, Fain et al. (1970) lo asoció con roedores de laboratorio, por lo que es común encontrarla. No obstante, se ha encontrado sobre el ratón casero *M. musculus* y los roedores silvestres *Apodemus sylvaticus*, *Apodemus flavicollis*, *Peromyscus leucopus* y *Peromyscus maniculatus* (Bochkov, 2016; Fain & Hyland, 1970; Haitlinger, 1986; Whitaker et al., 2007). Asimismo, se ha documentado sobre el marsupial *Dasyurus maculatus* (Vilcins et al., 2008). La presencia de *M. musculus* en *Apodemus* spp y *D. maculatus* puede deberse al intento del ácaro por cambiar de hospedero (Bochkov, 2010). Ninguno de estos ácaros previamente mencionados se ha asociado con la transmisión de patógenos. No obstante, se ha observado hinchazón de los tejidos, pérdida de pelo y peso e incluso la muerte de algunos roedores con altas infestaciones de *M. murismusculi* y *M. musculus* (Fain et al., 1970; Watson, 1961).

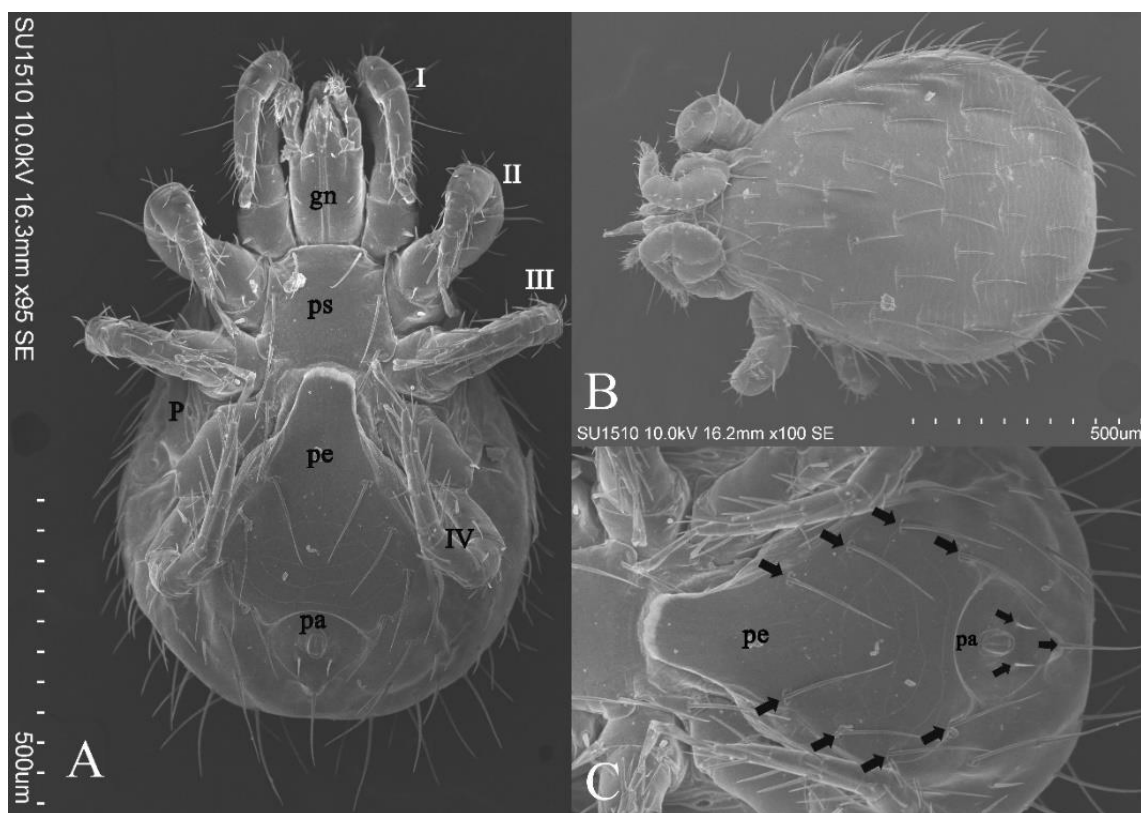


Figura 8: Ácaro hembra de la especie *Laelaps echidninus*. A) vista ventral, B) vista dorsal y C) placa epigidial con cuatro setas y placa anal con tres setas. gn: gnatosoma, ps: placa esternal, P: peritremas, pe: placa epigidial, pa: placa anal y I-IV: pares de patas.

En domicilios de la ciudad de Mérida, el ácaro *L. echidninus* fue encontrado sobre *R. rattus*, cuyos órganos de los roedores fueron analizados con pruebas serológicas y evidenciaron infección a fiebre amarilla, virus Modoc y virus Apoi (Baak-Baak et al., 2016). En contraste, se encontró prevalencia muy baja parasitando a roedores *M. musculus* (Núñez-Corea, 2021). En la comunidad de Xkalakdzonot, Chankom, al oriente de Yucatán, el ácaro *L. echidninus* se encontró únicamente en *R. rattus* y presentó una asociación significativa con el piojo *Polyplax spinulosa* (Baak-Baak et al., 2018). En el presente trabajo no se encontró al piojo mencionado. Por otro lado, en China se ha encontrado parasitando al roedor endémico *Niviventer coninga* (Kuo et al., 2020). Además, el ácaro ha sido involucrado en el ciclo infeccioso del protozoario apicomplexa *Hepatozoon muris* y el virus Junin (Arenaviridae) entre ratas (McLay et al., 2014). En este ácaro se han identificado fragmentos de los genes *gltA* y *ompB*, los cuales, están relacionados con especies de *Rickettsia* del grupo de las fiebres manchadas (Kuo et al., 2020). Cabe señalar que *L. echidninus* es capaz de alimentarse de humanos y puede no presentar cierta especificidad por algún hospedero (Wharton & Cross, 1957)

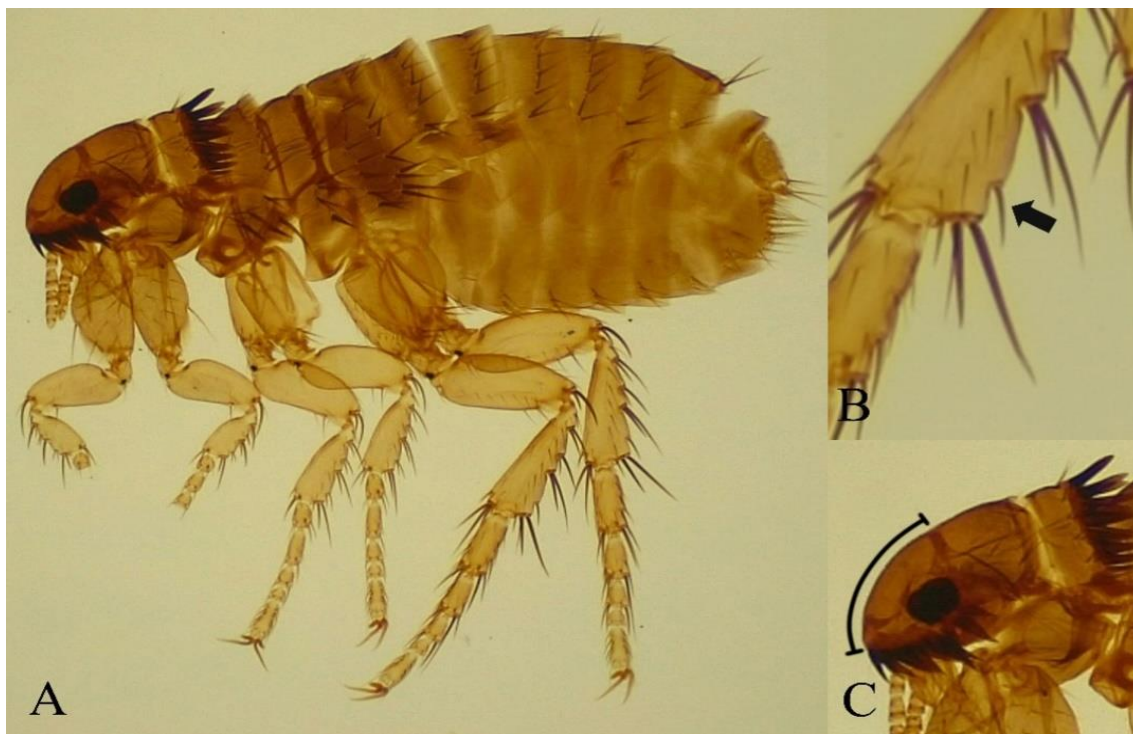


Figura 9: Pulga hembra de la especie *Ctenocephalides felis*. (A) vista lateral, (B) seta tibial del tercer par de patas corta entre dos setas largas, y (C) cabeza dos veces más larga que ancha.

La pulga *C. felis* es un ectoparásito generalista, ya que tiene la capacidad de poder parasitar a múltiples hospederos (Rust et al., 2017). En Yucatán, se ha documentado principalmente en gatos y perros domésticos (Peniche-Lara et al., 2018; Zavala-Velázquez et al., 2002). En Mérida, Baak-Baak y colaboradores (2016) lo reportaron parasitando al roedor sinantrópico *R. rattus* y también se ha recolectado sobre el roedor silvestre y endémico *Peromyscus yucatanicus* en el municipio de Oxkutzcab, Yucatán (Peniche-Lara et al., 2015). Por otro lado, en Yucatán la pulga del gato es considerada como el vector principal de *R. felis*, el agente causal de la fiebre manchada (Zavala-Velázquez et al., 2002). Peniche-Lara y colaboradores (2015) lograron identificar material genético de *R. typhi* str en pulgas *C. felis* recolectadas en roedores sinantrópicos. Además, *C. felis* es también el vector principal de *Bartonella henselae* y hospedero intermediario del cestodo *Dipylidium caninum* que afecta a perros (Beugnet et al., 2014; McElroy et al., 2010).

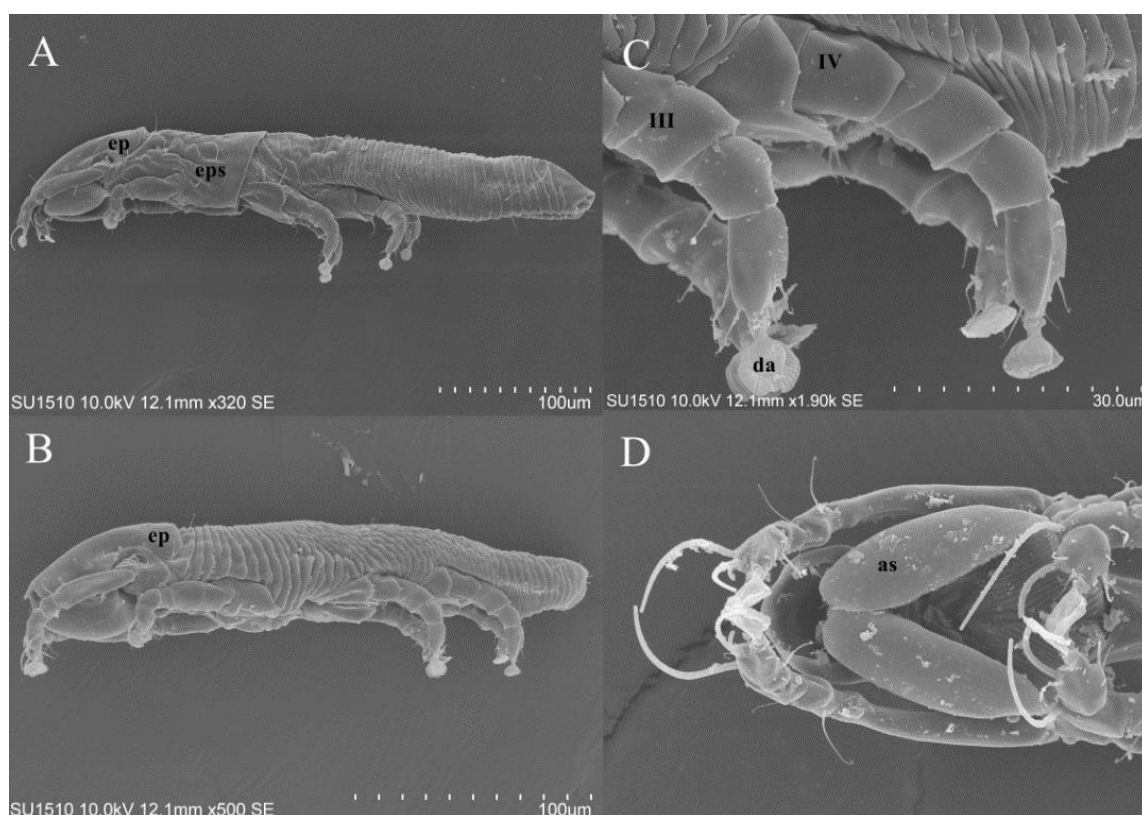


Figura 10: Ejemplares de la familia Listrophoridae. A y B) acaros listrophoridos en vista lateral, C) Patas posteriores y D) Cabeza en vista ventral. ep; escudo preescapular, eps: escudo postescapular, III-IV: pares de patas, da: disco ambulacral y as: aletas de sujeción.

Prevalencia y abundancia de ectoparásitos por especie de roedor

Ninguna especie ni la familia de ectoparásitos se compartieron entre las dos especies de roedores sinantrópicos capturados. En el roedor *M. musculus*, la abundancia más alta correspondió a la familia Linstrophoridae, mientras que, la mayor prevalencia fue del ácaro *M. murismusculi* (Tabla 3). En *R. rattus*, el ácaro *L. echidninus* presentó los parámetros ecológicos más altos (Tabla 4). Cabe recalcar que en esta especie de roedor fue donde se encontraron ectoparásitos con importancia médico-veterinaria.

Tabla 3: Parámetros ecológicos de los ectoparásitos asociados a *Mus musculus*. TRI: Total de roedores infestados, AB: Abundancia, P (%): Prevalencia e IC.P (%); Intervalos de confianza de la prevalencia.

Especie	TRI	AB	P(%)	IC.P(%)
<i>Myobia murismusculi</i>	16	0.780	27.12	16.40-40.30
<i>Randfordia affinis</i>	10	0.831	16.95	8.40-29.00
<i>Myocoptes musculus</i>	3	0.153	5.10	1.10-14.10
Linstrophoridae*	13	6.847	22.03	12.30-34.70

*Familia

Tabla 4: Parámetros ecológicos de los ectoparásitos asociados a *Rattus rattus*. TRI: Total de roedores infestados, AB: Abundancia, P (%): Prevalencia e IC.P (%); Intervalos de confianza de la prevalencia.

Especie	TRI	AB	P (%)	IC.P (%)
<i>Laelaps echidninus</i>	2	1.826	8.70	1.10-28.00
<i>Ctenocephalides felis</i>	1	0.043	4.30	0.10-21.90

En el estado de Yucatán no se cuenta con registros de estos ácaros parasitando a roedores, no obstante, en la región solo existen reportes de la familia Myobiidae en murciélagos (Herrera-Mares et al., 2017; Whitaker & Morales-Malacara, 2005). Por otra parte, en el país las especies *M. murismusculi* y *R. affinis* se han recolectado en roedores *M. musculus* de laboratorio (Hoffman. A. & López-Campos, 2000; Schnaas et al., 1968). La familia Linstrophoridae y la especie *M. musculus* se han documentado sobre el ratón casero *M. musculus* (Bochkov & Oconnor, 2006a; Bochkov, 2010, 2016).

Baak-Baak y colaboradores (2016) reportan por primera vez en Mérida, Yucatán, al ácaro *L. echidninus* en ambas especies de roedores sinantrópicos, siendo más abundantes en *R.*

rattus. Otro estudio realizado en Xkalakdzonot, Chankom, Yucatán, documentó de igual manera la presencia del ácaro en *R. rattus* y sobre el roedor silvestre *Sigmodon toltecus* (Baak-Baak et al., 2018). Por otro lado, Núñez-Corea (2021) reporta una prevalencia similar del ácaro sobre ratas capturadas en domicilios de la ciudad de Mérida. Respecto a la pulga generalista *C. felis*, se ha documentado sobre esta especie de roedor en el estado y también en el roedor endémico *Peromyscus yucatanicus*; así como también en perros y gatos domésticos (Baak-Baak et al., 2016; Peniche-Lara et al., 2015, 2018; Zavala-Velázquez et al., 2002).

Riqueza y abundancia de ectoparásitos por sitio de recolecta

La curva de rarefacción y extrapolación señaló que sí existen diferencias significativas entre la riqueza y abundancia de los domicilios CSM y MCP. Así mismo, mostró una menor riqueza en los domicilios MCP, pero con una abundancia mucho mayor que en los domicilios CSM, los cuales, presentaron una mayor riqueza. Además, el índice de cobertura de muestreo (SC) fue de 1, lo que indica que la recolecta fue completa y se alcanzó la asíntota (Figura 11).

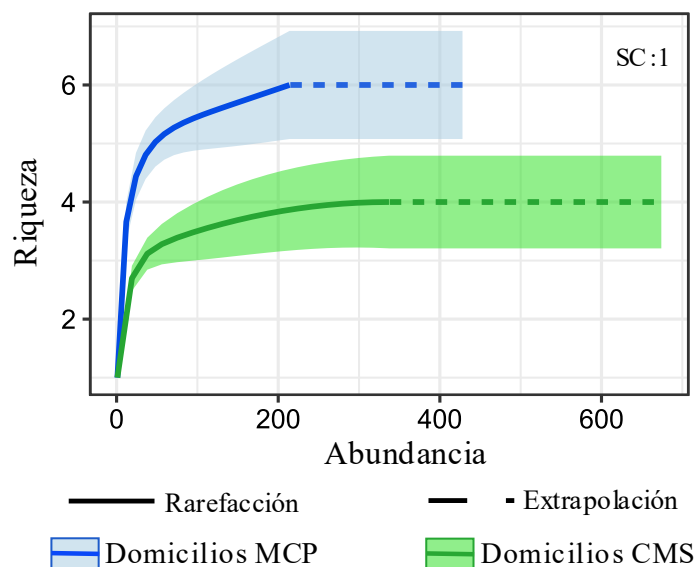


Figura 11: Curva de acumulación de la riqueza y abundancia de ectoparásitos de roedores sinantrópicos recolectados en domicilios más al centro de la población (MCP) y cercanos al medio silvestre (CMS) del municipio de Celestún. El área sombreada de cada curva corresponde al límite inferior y superior calculados a un nivel de confianza del 95% y SC corresponde al índice de cobertura de muestreo.

En cuanto al análisis de comparación entre los tres órdenes del número efectivo de especies, se presentaron diferencias significativas entre los domicilios MCP y CMS. En los domicilios MCP la riqueza de especies (q^0) fue de seis, las especies comunes (q^1) fueron tres y las especies abundantes (q^2) también fueron tres. Por otra parte, en los domicilios CMS la riqueza de especies fue de cuatro, las especies comunes fueron dos y presentó una especie abundante. Al no traslaparse el área sombreada, se asume que existen diferencias significativas entre los tres órdenes q (Figura 12).

Para el análisis estadístico con la prueba U de Mann-Whitney solo se consideraron los datos de los ectoparásitos en común en ambos domicilios. La prueba arrojó que las abundancias de los ácaros Listrophoridos (U: 468.5, $p < 0.0001$) y los pertenecientes a la especie *R. affinis* (U: 545, $p < 0.0038$) son significativamente diferentes entre ambos sitios de recolecta. Mientras que, las abundancias de *M. murismusculi* (U: 667, $p > 0.5074$) y *M. musculus* (U: 710, $p > 0.9383$) son iguales.

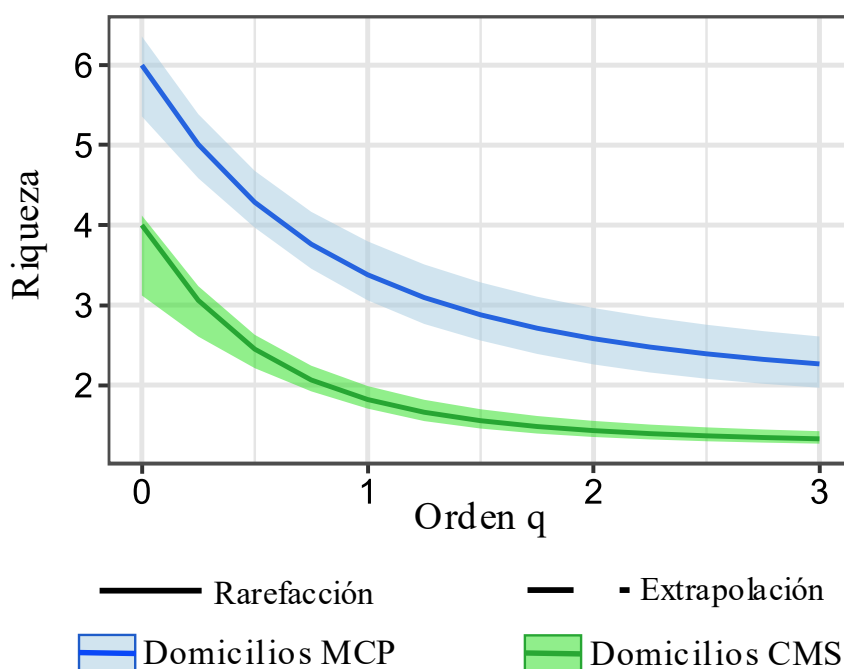


Figura 12: Comparación del número efectivo de especies del orden q^0 , q^1 y q^2 de ectoparásitos de roedores sinantrópicos recolectados en domicilios más al centro de la población (MCP) y cercanos al medio silvestre (CMS) del municipio de Celestún. El área sombreada de cada curva corresponde al límite inferior y superior calculados a un nivel de confianza del 95%.

Aunque el estado de Yucatán cuenta con pocos trabajos donde se incluyen más de un taxón de ectoparásitos de roedores sinantrópicos, en la comunidad de Xkalakdzonot, Chankom que está rodeada por el medio silvestre se tiene un registro de tres especies de ectoparásitos con una abundancia total de 180 (Baak-Baak et al., 2018); mientras que, en una zona urbanizada como la ciudad de Mérida Baak-Baak et al. (2016) reportan dos especies con una abundancia total de 29 y Núñez-Corea (2021) documentó cuatro especies, incluyendo las dos especies antes reportadas, con una abundancia total de 192. Por tanto, la riqueza de ectoparásitos hasta ahora en el estado parece ser predominante en ambientes antropizados.

CONCLUSIONES

No se capturaron roedores silvestres en el estudio.

En el municipio de Celestún, el roedor sinantrópico *M. musculus* se encuentra ampliamente distribuido en comparación con *R. rattus* y su abundancia no se ve afectada por la cercanía de los domicilios con el medio silvestre, mientras que, *R. rattus* presenta diferencias en su abundancia según el sitio de captura.

Se documentan por primera vez para la península de Yucatán, los ácaros *M. murismusculi*, *R. affinis*, *M. musculus* y ejemplares de la familia Listrophoridae asociados a *M. musculus*; y se amplía la distribución del ácaro *E. echidninus* y la pulga *C. felis* sobre el roedor *R. rattus*.

En los domicilios MCP es donde se distribuyen las especies *E. echidninus* y *C. felis*, las cuales, presentan importancia vectorial por participar en el ciclo infectivo de enfermedades zoonóticas.

Los domicilios MCP cuentan con más riqueza de ectoparásitos, sin embargo, en los domicilios CMS se presenta una mayor abundancia. Siendo principalmente la abundancia de Listrophoridos y *R. affinis* diferentes en cada sitio.

REFERENCIAS

- Abdel-Rahman, E. H., Abdelgadir, M., & AlRashidi, M. (2020). Ectoparasites burden of House mouse (*Mus musculus linnaeus*, 1758) from Hai'l region, Kingdom of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(9). <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.06.031>
- Abramova, L. M. (2010). SYNANTHROPIZATION AS A VARIANT OF ANTHROPOGENIC EVOLUTION OF ECOSYSTEMS Main Regularities in Synanthropization of Different Vegetation Types in the Republic of Bashkortostan. *Russian Journal of Ecology*, 41(3), 168–172. <https://doi.org/10.1134/S1067413610030021>
- Acha, P., & Szygres, B. (2003). Dermatitis por ácaros de origen animal. In *Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y animales* (3rd ed., pp. 343–347). Editorial Washington, DC: OPS, OMS.
- Acosta, R. (2005). RELACIÓN HUÉSPED-PARÁSITO EN PULGAS (INSECTA: SIPHONAPTERA) Y ROEDORES (MAMMALIA: RODENTIA) DEL ESTADO DE QUERÉTARO, MÉXICO. In *Folia Entomol. Mex* (Vol. 44, Issue 1).
- Ahn, K. S., Huh, S. E., Seol, S. W., Kim, H. J., Suh, K. H., & Shin, S. (2018). *Ctenocephalides canis* is the dominant flea species of dogs in the Republic of Korea. *Parasites and Vectors*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2769-9>
- Baak-Baak, C. M., Cigarroa-Toledo, N., Torres-Chablé, O. M., Arana-Guardía, R., Puerto, F. I., Machain-Williams, C., & García-Rejón, J. E. (2016). New Records of Ectoparasites *Echinolaelaps echidninus* and *Polyplax spinulosa* on Rodents with Serological Evidence of Flavivirus Infections at Mérida, Yucatán, México. *Southwestern Entomologist*, 41(1), 75–85. <https://doi.org/10.3958/059.041.0109>
- Baak-Baak, C. M., Osorio-Pinelo, O. E., Cigarroa-Toledo, N., Guzmán-Cornejo, C., Hernández-Betancourt, S. F., Panti-May, J. A., Torres-Chable, O. M., García-Rejón, J. E., Suzán, G., & Machain-Williams, C. (2018). Mites and Lice of Peri-Domestic Rodents Captured at a Mayan Community of Yucatán State, México. *Southwestern Entomologist*, 43(4), 911–918. <https://doi.org/10.3958/059.043.0409>
- Baker, D. G. (2006). Parasitic Diseases. *The Laboratory Rat, Second Edition*, 453–478. <https://doi.org/10.1016/B978-012074903-4/50016-9>
- Baker, D. G. (2007). *Flynn's parasites of laboratory animals*. (2nd ed.). Blackwell Pub.
- Battersby, S., Hirschhorn, R. B., & Amman, B. R. (2008). Comensal rodents. In X. Bonnefoy, H. Kampen, & K. Sweeney (Eds.), *Public health significance of urban pests* (pp. 387–419). World Health Organization, Regional Office for Europe.
- Bautista-Hernández, C. E., Monks, S., Pulido-Flores, G., & Rodríguez-Ibarra, A. E. (2015). Revisión bibliográfica de algunos términos ecológicos usados en

- parasitología, y su aplicación en estudios de caso. *Estudios En Biodiversidad*, 2, 1–19.
- Beck, W., & Fölster-Holst, R. (2009). Tropical rat mites (*Ornithonyssus bacoti*) - Serious ectoparasites. *JDDG - Journal of the German Society of Dermatology*, 7(8). <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2009.07140.x>
- Beugnet, F., Labuschagne, M., Fourie, J., Jacques, G., Farkas, R., Cozma, V., Halos, L., Hellmann, K., Knaus, M., & Rehbein, S. (2014). Occurrence of *Dipylidium caninum* in fleas from client-owned cats and dogs in Europe using a new PCR detection assay. *Veterinary Parasitology*, 205(1–2), 300–306. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.06.008>
- Bochkov, A. (2009). Mites of the family Myobiidae (Acari: Prostigmata) parasitizing rodents of the former USSR. In *Acarina* (Vol. 17, Issue 2). <https://www.researchgate.net/publication/258373289>
- Bochkov, A., Bochkov, A. V., & Fain, A. (2003). *New observations on mites of the family Myobiidae MEGNIN, 1877 (Acari: Prostigmata) with special reference to their host-parasite relationships*. <https://www.researchgate.net/publication/258382203>
- Bochkov, A., & Oconnor, B. M. (2006a). *Revision of the fur-mite family Listrophoridae (Acari: Astigmata) associated with Philippine mammals*. <https://www.researchgate.net/publication/258377774>
- Bochkov, A. V. (1997). Myobiid mites (Acariformes: Myobiidae) parasitizing the rodent family Muridae (Rodentia) in Russia and neighboring countries. *Parazitologiya*, 31, 201–209.
- Bochkov, A. V. (2010). A review of mammal-associated Psoroptidia (Acariformes: Astigmata). *Acarina*, 18(2), 99–260.
- Bochkov, A. V. (2011). Evolution of parasitism in mammal-associated mites of the Psoroptidia group (Acari: Astigmata). *Entomological Review*, 91(9), 1206–1215. <https://doi.org/10.1134/S0013873811090168>
- Bochkov, A. V. (2016). Myocoptid mites (Acariformes: Myocoptidae) of the fauna of the former USSR. *Zootaxa*, 4193(3), 451–485. <https://doi.org/10.11646/ZOOTAXA.4193.3.2>
- Bochkov, A. V., & Oconnor, B. M. (2006b). The life-cycle of *Hemigalichus chrotogale* sp. nov. (Acari: Listrophoridae), with comparative observations on listrophorid morphology. *Journal of Natural History*, 39(44), 3811–3832. <https://doi.org/10.1080/00222930500439559>

- Bonnefoy, Xavier., Kampen, Helge., Sweeney, K. (Kevin J.), & World Health Organization. Regional Office for Europe. (2008). *Public health significance of urban pests*. World Health Organization, Regional Office for Europe.
- Cano-Santana, Z., & Romero-Mata, A. (2016). *Piojos (Phthiraptera) [de la Ciudad de México]*. <https://www.researchgate.net/publication/354116430>
- Castle, S., Rejmánková, E., Foley, J., & Parmenter, S. (2019). Hydrologic alterations impact plant litter decay rate and ecosystem resilience in Mojave wetlands. *Restoration Ecology*, 27(5), 1094–1104. <https://doi.org/10.1111/rec.12959>
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45–67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Cheng, T. C. (1980). Ácaros. In *Parasitología general* (2nd ed., pp. 751–777). Editorial AC.
- Cigarroa-Toledo, N., Talavera-Aguilar, L. G., Baak-Baak, C. M., García-Rejón, J. E., Hernandez-Betancourt, S., Blitvich, B. J., & Machain-Williams, C. (2016). Serologic Evidence of Flavivirus Infections in Peridomestic Rodents in Merida, Mexico. *Journal of Wildlife Diseases*, 52(1), 168–172. <https://doi.org/10.7589/2015-05-116>
- Cimé Pool, J. A., Chablé-Santos, J. B., Sosa-Escalante, J. E., & Hernández-Betancourt, S. F. (2006). QUIRÓPTEROS Y PEQUEÑOS ROEDORES DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA RÍA CELESTÚN, YUCATÁN, MÉXICO. *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, 22(1), 127–131. <https://doi.org/10.21829/azm.2006.2211967>
- Clapperton, B. Kay. (2006). A review of the current knowledge of rodent behaviour in relation to control devices. *Science for Conservation*, 263, 1–55.
- Colwell, R. K., Chao, A., Gotelli, N. J., Lin, S. Y., Mao, C. X., Chazdon, R. L., & Longino, J. T. (2012). Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5(1), 3–21. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>
- Denys, C., Taylor, P. J., & Aplin, K. P. (2007). Family Muridae (true mice and rats, gerbils and relatives). In D. E. Wilson, T. E. Lacher, & R. A. Mittermeier (Eds.), *Handbook of the mammals of the world* (Rodents II, Vol. 7, pp. 536–884). Lynx Edicions.
- DGE. (2024). Vigilancia Epidemiológica Semana 14, 2024. *Boletín Epidemiológico*, 14(41), 38–42.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., & Tablada, M. (2020). *InfoStat* (2020). Centro de transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.infostat.com.ar/>

- Diaz, J. H. (2010). Mite-transmitted dermatoses and infectious diseases in returning travelers. In *Journal of Travel Medicine* (Vol. 17, Issue 1, pp. 21–31). <https://doi.org/10.1111/j.1708-8305.2009.00352.x>
- Diaz, J. H. (2021). Regional Rodent-Borne Infectious Diseases in North America: What Wilderness Medicine Providers Need to Know. In *Wilderness and Environmental Medicine* (Vol. 32, Issue 3). <https://doi.org/10.1016/j.wem.2021.03.007>
- Dobler, G., & Pfeffer, M. (2011). Fleas as parasites of the family Canidae. In *Parasites and Vectors* (Vol. 4, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/1756-3305-4-139>
- Durden, L. A., & Lloyd, J. E. (2009). Lice (Phthiraptera). In R. Mullen & L. A. Durden (Eds.), *Medical and Veterinary Entomology* (2nd ed., pp. 59–82). Academic Press/Elsevier Science.
- Ecke, F., Han, B. A., Hörnfeldt, B., Khalil, H., Magnusson, M., Singh, N. J., & Ostfeld, R. S. (2022). Population fluctuations and synanthropy explain transmission risk in rodent-borne zoonoses. *Nature Communications*, 13(7532), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35273-7>
- Eckerlin, R. P. (2005). Fleas (Siphonaptera) of the Yucatan Peninsula (Campeche, Quintana Roo, and Yucatan), Mexico. *Caribbean Journal of Science*, 41(1).
- Emmons, Louise., & Feer, F. (1997). *Neotropical rainforest mammals: a field guide*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/N/bo3628148.html>
- Espinosa y Leon, V. M. (1984). Reseña histórica de los roedores domésticos. *Salud Pública México*, 1, 77–81.
- Esser, H. J., Herre, E. A., Kays, R., Liefing, Y., & Jansen, P. A. (2019). Local host-tick coextinction in neotropical forest fragments. *International Journal for Parasitology*, 49(3–4), 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2018.08.008>
- Fain, A. (1973). Les listrophoridés d'Amérique néotropicale (Acarina: Sarcoptiformes). I. Familles Listrophoridae et Chirodiscidae. *Bulletin de l'Institut Royal Des Sciences Naturelles de Belgique*, 49(6), 1–149. <https://research.itg.be/en/publications/les-listrophorid%C3%A9s-dam%C3%A9rique-n%C3%A9otropicale-acarinasarcoptiformes->
- Fain, A. (1981). Notes on the Listrophoridae (Acari, Astigmata). I. Geographical distribution, morphological characters and key to genera. *Acarologia*, 22(3), 305–312. <https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/acarologia/article.php?id=2839>
- Fain, A., & Estébanes, M. L. (1996). New fur mites of the family Listrophoridae (Acari: Astigmata) from Mexico. *International Journal of Acarology*, 22(3), 181–186. <https://doi.org/10.1080/01647959608684093>

- Fain, A., & Hyland, K. (1970). Notes on the Myocoptidae of North America with description of a new species on the eastern chipmunk *Tamias striatus* Linn. *Journal of the New York Entomological Society*, 78, 80–87. <https://research.itg.be/en/publications/notes-on-the-myocoptidae-of-north-america-with-description-of-a-n>
- Fain, A., Munting, A., & Lukoschus, F. (1970). Les Myocoptidae parasites des rongeurs en Hollande et en Belgique. *Acta Zoologica et Pathologica Antverpiensia*, 50, 67–172. <https://research.itg.be/en/publications/les-myocoptidae-parasites-des-rongeurs-en-hollande-et-en-belgique>
- Friggens, M. M., & Beier, P. (2010). Anthropogenic disturbance and the risk of flea-borne disease transmission. *Oecologia*, 164(3), 809–820. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1747-5>
- Galloway, T. D. (2018). Biodiversity of ectoparasites: lice (Phthiraptera) and fleas (Siphonaptera). In R. G. Footitt & P. H. Adler (Eds.), *Insect Biodiversity* (Vol. 2, pp. 457–482). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118945582.ch17>
- Gambles, R. M. (1952). Myocoptes Musculus (KOCH) and Myobia Musculi (SCHRANCK), Two Species of Mite Commonly Parasitising the Laboratory Mouse. *British Veterinary Journal*, 108(6), 194–203. [https://doi.org/10.1016/s0007-1935\(17\)51550-x](https://doi.org/10.1016/s0007-1935(17)51550-x)
- Ghent, A. W. (1991). University of Notre Dame Insights into Diversity and Niche Breadth Analyses from Exact Small-sample Tests of the Equal. In *Source: The American Midland Naturalist* (Vol. 126, Issue 2). <http://www.jstor.orgURL:http://www.jstor.org/stable/2426100>
- Haitlinger, R. (1986). Myocoptidae Gunther, 1942 (Acari, Astigmata) Polski. *Polskie Pismo Entomologiczne*, 56(2), 389–422.
- Han, B. A., Schmidt, J. P., Bowden, S. E., Drake, J. M., Levin, S. A., & Designed, J. M. D. (2015). Rodent reservoirs of future zoonotic diseases. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(22), 7039–7044. <https://doi.org/10.5061/dryad.7fh4q>
- Herrera-Mares, A., Guzmán-Cornejo, C., León-Paniagua, L., & Rivas, G. (2017). Myobiid mites (Trombidiformes, Myobiidae) of the golden bat *Mimon cozumelae* from Mexico. Description of the male and tritonymph of *Ioanella mimon* and new records of *Eudusbabekia mimon*. *ZooKeys*, 2017(658), 1–8. <https://doi.org/10.3897/ZOOKEYS.658.11507>
- Herrera-Mares, A., Guzman-Cornejo, C., & Morales-Malacara, J. B. (2021). The myobiid mites (Acariformes, Eleutherengona, Myobiidae) from Mexico: hosts, distribution

- and identification key for the genera and species. *Systematic & Applied Acarology*, 26(4), 724–748. <https://doi.org/10.11158/SAA.26.4.6>
- Hii, S. F., Lawrence, A. L., Cuttell, L., Tynas, R., Abd Rani, P. A. M., Šlapeta, J., & Traub, R. J. (2015). Evidence for a specific host-endosymbiont relationship between ‘*Rickettsia* sp. genotype RF2125’ and *Ctenocephalides felis orientis* infesting dogs in India. *Parasites and Vectors*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/S13071-015-0781-X/TABLES/1>
- Hill, M. O. (1973). Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology*, 54(2), 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Himsworth, C. G., Parsons, K. L., Jardine, C., & Patrick, D. M. (2013). Rats, Cities, People, and Pathogens: A Systematic Review and Narrative Synthesis of Literature Regarding the Ecology of Rat-Associated Zoonoses in Urban Centers. *Https://Home.Liebertpub.Com/Vbz*, 13(6), 349–359. <https://doi.org/10.1089/VBZ.2012.1195>
- Huchon, D., Madsen, O., Sibbald, M. J. J. B., Ament, K., Stanhope, M. J., Catzefflis, F., De Jong, W. W., & Douzery, E. J. P. (2002). Rodent Phylogeny and a Timescale for the Evolution of Glires: Evidence from an Extensive Taxon Sampling Using Three Nuclear Genes. *Mol. Biol. Evol*, 19(7), 1053–1065. <https://academic.oup.com/mbe/article/19/7/1053/1068579>
- Hoffman, A., & López-Campos, M. G. (2000). Biodiversidad de los ácaros de México. In *Fideicomiso Fondo para la Biodiversidad* (pp. 1–230).
- Iknayan, K. J., & Beissinger, S. R. (2018). Collapse of a desert bird community over the past century driven by climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(34), 8597–8602. <https://doi.org/10.1073/pnas.1805123115>
- Iqbal, A., Sajid, M. S., Khan, M. N., & Muhammad, G. (2014). Epizootiology of Ectoparasitic Fauna Infesting Selected Domestic Cattle Population of Punjab, Pakistan. *International Journal of Agriculture y Biology*, 16, 443–446. <https://doi.org/10.1155/2009/593232>
- Jofré, L., Noemí, H., Neira, O., Saavedra, U., & Díaz, L. (2009). Acarosis y zoonosis relacionadas. *Revista Chilena de Infectología*, 26(3), 248–257.
- Koch, C. L. (1844). Deutschlands Crustaceen, Myriapoden und Arachniden. *Annals and Magazine of Natural History*, 1–568. <https://doi.org/10.1080/00222932308632888>
- Krantz, G. W., & Walter, D. E. (2009). *A manual of Acarology* (3rd ed.).
- Kuo, C. C., Lee, P. L., & Wang, H. C. (2020). Molecular detection of *Rickettsia* species and host associations of *Laelaps* mites (Acari: Laelapidae) in Taiwan. *Experimental*

- and Applied Acarology*, 81(4), 547–559. <https://doi.org/10.1007/S10493-020-00522-1/TABLES/3>
- Labrzycka, A. (2006). A perfect clasp - adaptation of mites to parasitize mammalian fur. *BIOLOGICAL LETT*, 43(2), 109–118. <http://www.biollett.amu.edu.pl>
- Lareschi, M., & González-Acuña, D. (2010). Acari, Laelapidae (ectoparasitic mites), central and southern Chile. *Check List*, 6(4). www.checklist.org.br
- Linardi, P. M., & Santos, J. L. C. (2012). Ctenocephalides felis felis vs. Ctenocephalides canis (Siphonaptera: Pulicidae): Some issues in correctly identify these species. In *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria* (Vol. 21, Issue 4). <https://doi.org/10.1590/s1984-29612012000400002>
- Lindquist, E. E., Krantz, G. W., & Walter, D. E. (2009). *A Manual of Acarology* (3rd ed.).
- Lobos, G., Ferres, M., & Palma, R. E. (2005). Presencia de los géneros invasores Mus y Rattus en áreas naturales de Chile: Un riesgo ambiental y epidemiológico. *Revista Chilena de Historia Natural*, 78(1). <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2005000100008>
- Lourdes Moraza, M., & Balanzategui, I. (2015). Orden Mesostigmata. *Revista IDE@-SEA*, 12, 1–16.
- Magurran, A. E. (1998). Diversity indices and species abundance models. In *Ecological Diversity and its Measurement* (1st ed., pp. 7–45). Springer Dordrecht.
- Margolis, L., Esch, G. W., & Holmes, J. C. (1982). The use of ecological terms in parasitology (report of an ad hoc committee of the American society of parasitologists). *Journal of Parasitology*, 68(1), 131–133. <https://doi.org/10.2307/3281335>
- Martínez-Ortiz, D., Torres-Castro, M. A., López-Ávila, K., Koyoc-Cardena, E., & Manrique-Saide, P. (2019). Rickettsia spp. en garrapatas (Acari: Ixodidae) que infestan perros de una comunidad rural con antecedentes de rickettsiosis, Yucatán, México. *REVISTA BIOMÉDICA*, 30(2). <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v30i2.650>
- Masan, P., & Fenda, P. (2010). *A review of the laelapid mites associated with terrestrial mammals in Slovakia, with a key to the European species*. Institute of Zoology Slovak Academy of Sciences Bratislava. https://www.researchgate.net/publication/235792335_A_Review_of_the_Laelapid_Mites_Associated_with_Terrestrial_Mammals_in_Slovakia_with_a_Key_to_the_European_Species_Acari_Mesostigmata_Dermanyssoidea
- McElroy, K. M., Blagburn, B. L., Breitschwerdt, E. B., Mead, P. S., & McQuiston, J. H. (2010). Flea-associated zoonotic diseases of cats in the USA: bartonellosis, flea-

- borne rickettsioses, and plague. *Trends in Parasitology*, 26(4), 197–204. <https://doi.org/10.1016/J.PT.2010.01.001>
- McLay, L., Liang, Y., & Ly, H. (2014). Comparative analysis of disease pathogenesis and molecular mechanisms of New World and Old World arenavirus infections. In *Journal of General Virology* (Vol. 95, Issue PART 1, pp. 1–15). <https://doi.org/10.1099/vir.0.057000-0>
- Meerburg, B. G., Singleton, G. R., & Kijlstra, A. (2009). Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*, 35(3), 221–270. <https://doi.org/10.1080/10408410902989837>
- Morrone, J. J., & Gutiérrez, A. (2005). Do fleas (Insecta: Siphonaptera) parallel their mammal host diversification in the Mexican transition zone? *Journal of Biogeography*, 32(8). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01285.x>
- Murphy, R. G., & Oldbury, D. J. (2002). Rat control by local authorities within the UK. In S. C. Jones, J. Zhai, & W. H. Robinson (Eds.), *Proceedings of the 4th International Conference on Urban Pests* (S.C., pp. 413–420).
- Nath, A. J., Islam, S., & Sahu, S. (2016). Use of scanning electron microscopy to confirm the identity of tropical rat mite (*Ornithonyssus bacoti*): the cause of rat mite dermatitis. *Journal of Parasitic Diseases*, 40(1), 161–165. <https://doi.org/10.1007/s12639-014-0469-8>
- Nowak, R. M. (1999). Walker's Mammals of the World. In *Walker's Mammals of the World* (6th ed., Vol. 1). Johns Hopkins University Press. <https://doi.org/10.56021/9780801857898>
- Núñez-Corea, D. A. (2021). *Arbovirus en ectoparásitos asociados con roedores sinantrópicos en Mérida, Yucatán*. Tecnológico Nacional de México.
- Ostfeld, R. S., Canham, C. D., Oggenfuss, K., Winchcombe, R. J., & Keesing, F. (2006). Climate, deer, rodents, and acorns as determinants of variation in Lyme-disease risk. *PLoS Biology*, 4(6), 1058–1068. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040145>
- Ostfeld, R. S., & Keesing, F. (2000). Biodiversity and Disease Risk: the Case of Lyme Disease. In *Conservation Biology* (Vol. 14, Issue 3).
- Otto, G. M., Franklin, C. L., & Clifford, C. B. (2015). Chapter 4 - Biology and Diseases of Rats. In *Laboratory Animal Medicine: Third Edition* (pp. 151–207). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409527-4.00004-3>
- Panti-May, J. A., Gurubel-González, Y. M., Tzuc-Dzul, C., Palomo-Arjona, E. E., Salazar, C., Baak-Baak, C., García-Rejón, J. E., Machain-Williams, C., & Hernández-Betancourt, S. F. (2019). Diet of two invasive rodent species in two Mayan communities in Mexico. *Mammalia*, 83(6), 567–573.

<https://doi.org/10.1515/MAMMALIA-20180083/MACHINEREADABLECITATION/RIS>

- Panti-May, J. A., Hernández-Betancourt, S. F., Rodríguez-Vivas, R. I., & Robles, M. R. (2013). Infection levels of intestinal helminths in two commensal rodent species from rural households in Yucatan, Mexico. *Journal of Helminthology*, 89(1), 42–48. <https://doi.org/10.1017/S0022149X13000576>
- Panti-May, J. A., Hernández-Betancourt, S., Ruíz-Piña, H., & Medina-Peralta, S. (2012). Abundance and population parameters of commensal rodents present in rural households in Yucatan, Mexico. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 66(1). <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.10.006>
- Panti-May, J. A., Torres-Castro, M., Hernández-Betancourt, S., Dzúl-Rosado, K., Zavala-Castro, J., López-Avila, K., & Tello-Martín, R. (2015). Detection of *Rickettsia felis* in Wild Mammals from Three Municipalities in Yucatan, Mexico. *EcoHealth*, 12(3), 523–527. <https://doi.org/10.1007/S10393-014-1003-2/FIGURES/2>
- Peniche-Lara, G., Dzúl-Rosado, K., Pérez-Osorio, C., & Zavala-Castro, J. (2015). *Rickettsia typhi* IN RODENTS AND *R. felis* IN FLEAS IN YUCATÁN AS A POSSIBLE CAUSAL AGENT OF UNDEFINED FEBRILE CASES. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 57(2), 129. <https://doi.org/10.1590/S0036-46652015000200005>
- Peniche-Lara, G., Jimenez-Delgadillo, B., Munoz-Zanzi, C., Cárdenas-Marrufo, M., Pérez-Osorio, C., & Arias-León, J. (2018). Presence of *Rickettsia* Species in a Marginalized Area of Yucatan, Mexico. *Journal of Tropical Medicine*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7675828>
- Pérez, T. M., Guzmán-Cornejo, C., Montiel-Parra, G., Paredes-León, R., & Rivas, G. (2014). Biodiversidad de ácaros en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.). <https://doi.org/10.7550/RMB.36160>
- Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52(3), 273–288. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2004.10.002>
- Pritchett-Corning, K. R., & Clifford, C. B. (2012). Parasitic Infections of Laboratory Mice. In *The Laboratory Mouse* (pp. 503–518). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382008-2.00021-0>
- Radford, C. D. (1995). Some new and little known Mites of the genus *Myocoptes* Claparede (Acarina: Lirophoridae). *Parasitology*, 45, 275–286.

- Ramirez-Pulido, J., González-Ruiz, N., & Arroyo-Cabrales, J. (2014). A list of recent land mammals of Mexico. Museum of Texas Tech University, 63. <https://www.researchgate.net/publication/273128513>
- Reiczigel, J., Marozzi, M., Fábíán, I., & Rózsa, L. (2019). Biostatistics for Parasitologists – A Primer to Quantitative Parasitology. *Trends in Parasitology*, 35(4), 277–281. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.01.003>
- Reid, F. A. (2009). *A field guide to the mammals of Central America & Southeast Mexico*. Oxford University Press.
- Rodríguez-Ortega, L. T., Equihua-Martínez, A., Nieto-Aquino, R., Pro-Martínez, A., & Rodríguez-Ortega, A. (2018). INFESTACIÓN DE PIOJOS (Phthiraptera) EN GALLINAS, GALLOS Y POLLOS (*Gallus gallus domesticus*, Linnaeus). *Folia Entomológica Mexicana (Nueva Serie)*, 4(2), 80–84.
- Rust, M. K., Wang, C., & Lee, C.-Y. (2017). The Biology and Ecology of Cat Fleas and Advancements in Their Pest Management: A Review. *Insects 2017, Vol. 8, Page 118*, 8(4), 118. <https://doi.org/10.3390/INSECTS8040118>
- Sahito, H. A., Kousar, T., Mughal, M. A., Mangrio, W. M., Shah, Z. H., Ghumro, B. ul D., & Jatoti, F. A. (2017). Prevalence of Cattle Lice; *Haematopinus tuberculatus* and Ticks; *Haemaphysalis bispinosa* on Cattle at Region Sukkur, Sindh – Pakistan. *International Journal of Research Studies in Biosciences*, 5(12). <https://doi.org/10.20431/2349-0365.0512001>
- Sánchez-Cordero, G., Gutiérrez-Granados, Á., Rodríguez-Moreno, J. J., & Flores-Martínez, V. (2022). *Roedores y riesgo agrícola. El modelado del nicho ecológico como herramienta de predicción*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.
- Schnaas, G., Martínez, L., & Hoffmann, A. (1968). Acariosis cutáneas en ratones blancos de laboratorio. *Revista de La Facultad de Medicina*. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/rfm/article/view/73705>
- SEMARNAT. (2002). *Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Ría Celestún. México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://simec.conanp.gob.mx/pdf_libro_pm/54_libro_pm.pdf
- SEMARNAT. (2010, December 13). *NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de La Federación. https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf

- Shiels, A. B., Pitt, W. C., Sugihara, R. T., & Witmer, G. W. (2014). Biology and impacts of pacific island invasive species. 11. *Rattus rattus*, the Black Rat (Rodentia: Muridae). *Pacific Science*, 68(2), 145–184. <https://doi.org/10.2984/68.2.1>
- Sikora, B., & Bochkov, A. V. (2012). Fur mites of the family Listrophoridae (Acariformes: Sarcoptoidea) associated with South American sigmodontine rodents (Cricetidae: Sigmodontinae). *Acta Parasitologica*, 57(4), 388–396. <https://doi.org/10.2478/S11686-012-0046-1>
- Solís-Henández, A., Rodríguez-Vivas, R. I., Esteve-Gassent, M. D., & Villegas-Pérez, S. L. (2016). Prevalencia de *Borrelia burgdorferi* sensu lato en roedores sinantrópicos de dos comunidades rurales de Yucatán, México. *Biomédica*, 36, 109–117. <https://doi.org/10.7705/BIOMEDICA.V36I3.3139>
- Solís-Hernández, A., Rodríguez-Vivas, R. I., Esteve-Gasent, M. D., & Villegas-Pérez, S. L. (2018). Detección de *Borrelia burgdorferi* sensu lato en perros y sus garrapatas en comunidades rurales de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(1), 428–437.
- Torres-Castro, M., Guillermo-Cordero, L., Hernández-Betancourt, S., Gutiérrez-Ruiz, E., Agudelo-Flórez, P., Peláez-Sánchez, R., Zavala-Castro, J., & Puerto, F. I. (2016). First histopathological study in kidneys of rodents naturally infected with *Leptospira* pathogenic species from Yucatan, Mexico. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 9(2). <https://doi.org/10.1016/j.apjtm.2016.01.018>
- Torres-Castro, M., José Gutiérrez-Ruiz, E., Guillermo Peláez Sánchez, R., & Agudelo, P. (2014). First molecular evidence of *Leptospira* spp. in synanthropic rodents captured. In *Revue Méd. Vét* (Vol. 165, Issue 8). <https://www.researchgate.net/publication/281034469>
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and Delong's introduction to the study of Insects* (7th ed.). Thomson Learning Academic Resource Center.
- Vargas, M., Pérez, T. M., & Polaco, O. J. (1999). The genus *Geomylichus* Fain (Acari: Listrophoridae) from Mexico, with descriptions of four new species. *International Journal of Acarology*, 25(1), 3–12. <https://doi.org/10.1080/01647959908683605>
- Vilcins, I. M., Old, J. M., Körtner, G., & Deane, E. M. (2008). Ectoparasites and Skin Lesions in Wild-Caught Spotted-Tailed Quoll (*Dasyurus maculatus*) (Marsupialia: Dasyuridae). <https://doi.org/10.1654/4339.1>, 75(2), 271–277. <https://doi.org/10.1654/4339.1>
- Wang, W., Durden, L. A., & Shao, R. (2020). Rapid host expansion of an introduced parasite, the spiny rat louse *Polyplax spinulosa* (Psocodea: Phthiraptera: Polyplacidae), among endemic rodents in Australia. *Parasites & Vectors*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/S13071-020-3957-Y>

- Watson, D. P. (1961). The effect of the mite *Myocoptes musculus* (C. L. Koch 1840) on the skin of the white laboratory mouse and its control. *Parasitology*, 51(3–4), 373–378. <https://doi.org/10.1017/S0031182000070645>
- Wharton, G. W., & Cross, H. F. (1957). Studies on the feeding habits of three species of laelaptid mites. *The Journal of Parasitology*, 43(1), 45–50. <https://doi.org/10.2307/3274753>
- Whitaker, J. O., & Morales-Malacara, J. B. (2005). Contribuciones Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa. In V. Sánchez-Cordero & R. Medellín (Eds.), *Ectoparasites and other associates (Ectodytes) of mammals of Mexico* (pp. 535–666). Instituto de Biología, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Whitaker, J. O., Walters, B. L., Castor, L. K., Ritzi, C. M., Wilson, N., Whitaker, J. O., Walters, B. L., Castor, L. K., Ritzi, C. M., Nixon, W., & Host, ". (2007). *Host and distribution lists of mites (Acari), parasitic and phoretic, in the hair or on the skin of North American wild mammals north of Mexico: records since 1974* (Vol. 1). Faculty Publications from the Harold W. Manter Laboratory of Parasitology. <https://digitalcommons.unl.edu/parasitologyfacpubs>
- Yuan, B., He, G., & Dong, W. (2023). The first complete mitochondrial genome of the genus *Echinolaelaps* reveals mitochondrial genome rearrangement type and evolution of Gamasida. *Parasitology*, 150(7), 644–652. <https://doi.org/10.1017/S0031182023000367>
- Zander, C. D. (2001). The guild as a concept and a means in ecological parasitology. *Parasitology Research*, 87(6), 484–488. <https://doi.org/10.1007/s004360100386>
- Zaragoza-Quintana, E. P., Pech-Canché, J. M., Sosa-Escalante, J. E., Hernández-Betancourt, S. F., León-Paniagua, L. S., & Macswiney, M. C. G. (2016). Small rodents in the yucatan peninsula: Knowledge and perspectives in 114 years of research. In *Therya* (Vol. 7, Issue 2, pp. 299–314). Asociacion Mexicana de Mastozoologia. <https://doi.org/10.12933/therya-16-367>
- Zavala-Velázquez, J. E., Zavala-Castro, J. E., Vado-Solís, I., Ruiz-Sosa, J. A., Moron, C. G., Bouyer, D. H., & Walker, D. H. (2002). Identification of *Ctenocephalides felis* fleas as a host of *Rickettsia felis*, the agent of a spotted fever rickettsiosis in Yucatán, Mexico. *Vector Borne and Zoonotic Diseases (Larchmont, N.Y.)*, 2(2), 69–75. <https://doi.org/10.1089/153036602321131869>
- Zhang, Z. Q. (2011). Phylum Arthropoda. In *Animal Biodiversity: An Outline of Higher-level Classification and Survey of Taxonomic Richness* (Vol. 3148, pp. 99–103). Z. Q. Zhang (ed.) Zootaxa.

Zhu, Q., Hastriter, M. W., Whiting, M. F., & Dittmar, K. (2015). Fleas (Siphonaptera) are Cretaceous, and evolved with Theria. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 90, 129–139. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2015.04.027>

ANEXOS

CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTO SOBRE ROEDORES Y ECTOPARÁSITOS.

Elaborado por Núñez-Corea David A. Revisado por Baak-Baak Carlos M. y García-Rejón Julián E.

FECHA:

ID CASA:

1. ¿Ha visto roedores en los últimos 6 meses? Si ☐ No ☐
2. ¿Cuáles ha visto recientemente o tiempo atrás? Ratones ☐ Ratas ☐
3. ¿Dónde los ha visto? Interior de la casa ☐ En el patio ☐
4. Especifique el lugar: _____
5. ¿Con qué frecuencia los ve? Diario ☐ Cada 2 meses ☐ Cada 6 meses ☐
6. ¿Cuántos roedores ha visto pasar juntos? _____
7. ¿Usó algún tipo de control para matarlos? Si ☐ No ☐
8. ¿Cuál? _____
9. ¿El control es el mismo para ratos y ratones? Si ☐ No ☐
10. Si no, ¿por qué? _____
11. ¿Con qué frecuencia realiza el control de roedores? _____
12. ¿Qué hace con los restos de comida? _____
13. ¿Tiene alimento balanceado para animales en su casa? Si ☐ No ☐
14. ¿Dónde lo almacena? _____
15. ¿Almacena algún tipo de legumbre? Si ☐ No ☐
16. ¿Dónde lo almacena? _____
17. ¿Considera que los roedores lo perjudican a usted y a su familia? Si ☐ No ☐
18. ¿Han causado daño al alimento de su despensa? Si ☐ No ☐
19. ¿Han causado daño a algún aparato eléctrico? Si ☐ No ☐
20. ¿Han causado daño a sus prendas de vestir? Si ☐ No ☐
21. ¿Han causado daño a algún mueble? Si ☐ No ☐
22. ¿Han causado daño en su vivienda? Si ☐ No ☐
23. ¿Sabe si los roedores le pueden transmitir alguna enfermedad? Si ☐ No ☐
24. ¿Usted o algún familiar ha sido mordido por un roedor? Si ☐ No ☐
25. ¿En qué parte sufrió la mordida? _____
26. ¿En qué momento del día sucedió? _____
27. ¿Sabe si los roedores tienen pulgas, piojos o garrapatas? Si ☐ No ☐
28. Marque con una x si conoce alguno de los siguientes ectoparásitos.
 Piojos ☐ ¿Dónde los ha visto? _____
 Pulgas ☐ ¿Dónde los ha visto? _____
 Garrapatas ☐ ¿Dónde los ha visto? _____
 Ácaros ☐ ¿Dónde los ha visto? _____
29. ¿Alguna vez sufrió un piquete de garrapata, pulga o piojo? Si ☐ No ☐
30. ¿Sabe si los ectoparásitos le pueden transmitir enfermedades? Si ☐ No ☐

Animales domésticos	Animales de traspatio

Anexo 1: Encuesta socioeconómica aplicada a los participantes en el estudio para la correcta captura de roedores sinantrópicos.