



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro Interdisciplinario de Investigación para el
Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca**

**Doctorado en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos
Naturales**

**Comunidad componente de estréblidos (Diptera: Streblidae) en una
comunidad de murciélagos cavernícolas en Santa María Huatulco,
Oaxaca.**

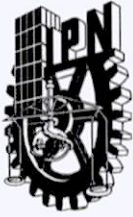
Presenta

M. en C. Liliana Tlapaya Romero

Director

Dr. José Antonio Santos Moreno

Santa Cruz, Xoxocotlan, julio 2020



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

Ciudad de México, 20 de julio de 2020

El Colegio de Profesores de Posgrado del CIIDIR UNIDAD OAXACA en su Sesión
(Unidad Académica)

Ordinaria No. 3 celebrada el día 10 del mes MARZO de 2020 conoció la solicitud presentada por el (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Tlapaya	Apellido Materno:	Romero	Nombre (s):	Liliana
-------------------	---------	-------------------	--------	-------------	---------

Número de registro: B 1 6 0 2 2 7

del Programa Académico de Posgrado: Doctorado en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de los Recursos Naturales

Referente al registro de su tema de tesis; acordando lo siguiente:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

Comunidad componente de estréblidos (Diptera: Streblidae) en una comunidad de murciélagos cavernícolas en Santa María Huatulco, Oaxaca.

Objetivo general del trabajo de tesis:

Determinar la comunidad de estréblidos que se encuentran parasitando a las especies de murciélagos que habitan la cueva de Cerro Huatulco y conocer si los cambios ambientales y microambientales influyen en la carga parasitaria (prevalencia, abundancia media e intensidad de infestación media) de estréblidos en la comunidad de murciélagos presentes en la cueva Cerro Huatulco, en el municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca.

2.- Se designa como Directores de Tesis a los profesores:

Director: Dr. José Antonio Santos Moreno 2° Director: No aplica:

3.- El Trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:

CIIDIR UNIDAD OAXACA

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente, hasta la aprobación de la versión completa de la tesis por parte de la Comisión Revisora correspondiente.

Director(a) de Tesis
Dr. José Antonio Santos Moreno

Aspirante
Tlapaya Romero Liliana

2° Director de Tesis (en su caso)

Presidente del Colegio
Dr. Salvador Asidro Belmonte Jiménez
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL C.I.I.D.I.R. UNIDAD OAXACA I.P.N.





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Santa Cruz Xoxocotlán, Oax., siendo las 10 horas del día 05 del mes de agosto del 2020 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: CIIDIR-UNIDAD OAXACA para examinar la tesis titulada:

Comunidad componente de estréblidos (Diptera: Streblidae), en una comunidad de murciélagos cavernícolas en Santa María Huatulco, Oaxaca. (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Tlapaya	Apellido Materno:	Romero	Nombre (s):	Liliana
-------------------	---------	-------------------	--------	-------------	---------

Número de registro: B 1 6 0 2 2 7

Aspirante del Programa Académico de Posgrado: Doctorado en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene **25 %** de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI** **NO** **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN: *(Por ejemplo, el % de similitud se localiza en metodologías adecuadamente referidas a fuente original).* El 25 % de similitud indicado por el programa TURNITING, se deriva principalmente porque reporta oraciones que incluyen palabras compuestas (por ejemplo: riqueza de especies), citas indicadas en el texto que respaldan la información del documento (por ejemplo: Kunz 1982.), así como definiciones de conceptos que son adecuadamente citadas por la fuente original.

****Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente, y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR** **SUSPENDER** **NO APROBAR** la tesis por **UNANIMIDAD** o **MAYORÍA** en virtud de los motivos siguientes:

La tesis aporta información interesante y novedosa de una relación escasamente estudiada, la de murciélagos, sus estréblidos parásitos y el ambiente en una cueva en Huatulco, Oaxaca. Se registraron 24 especies de estréblidos, de las cuales 19 fueron nuevos registros para el estado. Los análisis muestran que la temporalidad y las oscilaciones microambientales en los parámetros de carga parasitaria son específicas para cada especie de hospedero. También se demuestra que un trabajo de investigación puntual aporta mejor información que aquellos que pretenden cubrir grandes extensiones en poco tiempo con bajo esfuerzo de muestreo.

COMISIÓN REVISORA DE TESIS

Dr. José Antonio Santos Moreno
Director de Tesis
Nombre completo y firma

Dr. Sergio Ibáñez Bernal
Nombre completo y firma

Dra. Demetria Martha Mondragón
Chaparro
Nombre completo y firma

Dr. Aniceto Rodolfo Solano Gómez
Nombre completo y firma

Dr. Marcelo Ulises García Guerrero
Nombre completo y firma

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez
Nombre completo y firma
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.
Página 1 de 1



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Santa Cruz Xoxocotlán, Oax., el día 19 del mes de Agosto del año 2020, la que suscribe Liliana Tlapaya Romero alumna del Programa de Doctorado en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales con número de registro B160227, adscrito a Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. José Antonio Santos Moreno y cede los derechos del trabajo titulado: **“Comunidad componente de estréblidos (Diptera: Streblidae), en una comunidad de murciélagos cavernícolas en Santa María Huatulco, Oaxaca”** al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección liliana_tlapaya@yahoo.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Liliana Tlapaya Romero

A mi amado esposo Toño, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y en los peores, gracias
por no dejarte vencer y ser mi ejemplo para seguir adelante.

¡sin ti nada de esto sería!

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaria de Investigación y Posgrado (SIP) del Instituto Politecnico Nacional por el apoyo económico brindado a través de los proyectos SIP-20161645 y SIP-20171154 y la beca BEIFI con los cuales se pudo realizar esta investigación.

A mi director de tesis el Dr. Antonio Santos Moreno, quien amablemente me recibio en su laboratorio y quien ademas de permitirme desarrollar mi proyecto me brindo todas las facilidades para poder culminarlo de manera exitosa. Muchas gracias Doc!

Al Dr. Sergio Ibáñez Bernal por su paciencia, su tiempo y por todas las atenciones que me brindo en cada estancia realizada en su laboratorio.

A la Dra. Demtria Mondragón Chaparro, al Dr. Rodolfo Solano Gómez y al Dr. Marcelo Ulises García Guerrero, por sus valiosos y acertados comentarios realizados en cada evaluacion y su contribución para mejorar el presente escrito.

Al M. en C. Gabriel Isaías Cruz Ruiz, por el profesionalismo con el que lleva a cabo la ardua labor de Jefe de Posgrado.

Al Dr. John N. Williams por su amistad.

A David, Omar y Wil por los momentos compartidos, siempre extrañare las tardes en casa tomando café y escuchando sus peculiares puntos de vista.

A mi gran compañero de campo Antonio García Méndez quien ademas de todo, también fue el primer filtro de cada documento y presentación generada en estos cuatro años.

Resumen general

En el presente estudio se analizó las implicaciones de los cambios ambientales y microambientales en su relación parasito-hospedero. Para lo cual entre 2016 y 2018 se realizaron capturas mensuales de murciélagos, a los cuales se les extrajeron todos los ejemplares de estréblidos, además se tomaron datos de humedad y temperatura dentro de la cueva Cerro Huatulco. Con los datos obtenidos se determinó la riqueza y abundancia de murciélagos y estréblidos, y se analizaron los cambios en las poblaciones de murciélagos y de estréblidos entre temporadas de lluvias y sequías, así mismo se analizó la variación de la carga parasitaria en cada especie de hospedero y su correlación con las condiciones microambientales. Se registraron 732 murciélagos pertenecientes a 15 especies de tres familias. La riqueza de especies varió dentro y entre temporadas, la estación lluviosa presentó mayor riqueza (14 sp) que la estación seca (10 sp). Mientras que en la abundancia fue significativamente mayor en la temporada de sequías en *Glossophaga soricina*. De los murciélagos capturados se recolectaron 1,317 especímenes de estréblidos correspondientes a 24 especies de las cuales 19 fueron nuevos registros para el estado. En cuanto a la carga parasitaria, *Pteronotus parnellii* y *Desmosud rotundus* y *Artibeus jamaicensis* fueron las especies con mayor prevalencia, abundancia media e infestación media (88.1 y 77.5; 6.38 y 6.93 7.31 y 9.23, respectivamente) Nuestros resultados indican que la influencia de la temporalidad afecta significativamente las condiciones microambientales. Se observó que en, las condiciones microambientales la temperatura fue un factor importante en las variaciones del parasitismo ya que se correlacionó negativamente con la carga parasitaria, en *Artibeus jamaicensis*, *Glossophaga soricina*, *Pteronotus parnellii* y *Pteronotus Davyi*. La cueva Cerro Huatulco es un sitio importante ya que alberga una alta diversidad de especies

de murciélagos y estréblidos, por lo que es crucial la elaboración de un plan de manejo y conservación de éste refugio.

Palabras clave: Chiroptera, Refugio, Prevalencia, Abundancia media e Infestación media, Parasitismo.

Contenido

Resumen general	vii
Capítulo I. Introducción, Objetivos, Antecedentes	1
1.1. Introducción general	2
1.2. Objetivos.....	5
1.3.1. General.....	5
1.3.2. Particulares	6
1.3. Antecedentes	7
2.1 Estudios faunísticos de estréblidos en México.....	7
2.2 Relación parásitos - hospederos.	8
2.3. Parámetros cuantitativos de las poblaciones de ectoparásitos.....	9
Literatura citada.....	10
Capítulo II. Comunidad de murciélagos en una cueva en Santa María Huatulco,.....	19
RESUMEN	20
2.2. Objetivo General.	23
2.3. Objetivos particulares.....	23
2.4. Antecedentes	23
2.5. Material y Método.	25
2.6. Resultados.....	28
2.7. Discusión.....	33
Literatura citada.....	41
Capítulo III. New records of bat flies (Diptera: Streblidae) in Oaxaca, Mexico.	45
Capítulo IV. Efecto de la temporalidad y del microclima en la variación de la carga parasitaria de estréblidos (Diptera: Streblidae) en un ensamble de murciélagos cavernícolas en una selva seca. 62	
Capítulo V. Conclusiones generales	96

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Valores promedio reportados de temperatura y humedad de cuevas utilizadas por murciélagos	34
Cuadro 2. Riqueza, abundancia y diversidad de murciélagos en una cueva en Santa María Huatulco.....	39
Cuadro 3. Resultados de la prueba de t modificada por Hutcheson para el índice de diversidad de especies entre y dentro de cada temporada climática	39
Cuadro 4. Descripción de las secciones ubicadas dentro de la cueva Cerro Huatulco	42

Capítulo I. Introducción, Objetivos, Antecedentes

1.1. Introducción general

Un parásito es un organismo que vive en o sobre otro organismo perteneciente a una especie diferente (hospedero), de este modo el parásito va a depender metabólicamente de su hospedero, mostrando cierto grado de adaptación estructural y pudiéndole provocar algún daño (cuando el daño incurrido al hospedero invariablemente conduce a su muerte, el parásito a menudo se conoce como un parasitoide), además de alimento el hospedero proveerá al parásito de protección y hábitat (Poulin y Morand 2000, Bush et al. 2001, Poulin 2007)

Los parásitos juegan un papel importante en la dinámica de las poblaciones de sus hospederos y la estructura de las comunidades de mamíferos, ya que se ha observado que los parásitos pueden disminuir de manera importante las poblaciones de sus hospederos (Dobson y Hudson 1986, Minchella y Scott 1991, Lafferty y Kuris 2001). De tal modo el estudio de la relación parásito-hospedero es importante para poder conocer la dinámica de transmisión de patógenos y la posible existencia de enfermedades zoonóticas emergentes y re-emergentes (Ibáñez-Bernal Com. Pers.). Por otro lado, que el conocimiento de las interacciones que establecen parásito-hospedero, pueden ser utilizados como indicadores del estado en el que se encuentra la diversidad en una región y la calidad funcional de los ecosistemas (Hudson 2004).

Los murciélagos albergan como parásitos a virus, bacterias, hongos, helmintos y artrópodos (Messenger et al. 2003). Dentro de los artrópodos, la Familia Streblidae son ectoparásitos hematófagos altamente especializados en parasitar murciélagos (Wenzel et al. 1966, Dick y Patterson 2006, Patterson et al. 2007). Esta familia está compuesta por 239 especies en 33 géneros y cinco subfamilias, tres de estas subfamilias son exclusivas del Nuevo Mundo: Nycterophiliinae con dos géneros y seis especies, Trichobiinae con 20 géneros y 115 especies y Streblinae con 4 géneros y 35 especies (Dick y Gracioli 2008).

En México la mayoría de los estudios de estréblidos en el país se han enfocado a la taxonomía y descripción de especies (Morales-Malacara y López 1990, Guerrero y Morales-Malacara 1996, Whitaker y Morales-Malacara 2005, Cuxim-Koyoc et al. 2015, 2016, 2018, Ramírez et al. 2016, Colín-Martínez et al. 2018), a pesar de esto, aún existen varios estados en el país con poca información. Los trabajos más recientes han arrojado nuevos registros para el país y para diferentes estados como: Yucatán (seis especies nuevas para el estado y un total de 14 especies; Cuxim-Koyoc et al. 2015) y Veracruz (dos nuevos registros para el país y seis para el estado, con un total de 23 especies; Cuxim-Koyoc et al. 2016), mientras que en el estado de Jalisco se amplió la lista de estréblidos en el estado de 19 a 24 especies (Ramírez et al. 2016). Para el estado de Oaxaca, una entidad megadiversa, que incluye entre otras características ser el segundo estado con mayor número de especies de murciélagos (Briones-Salas et al. 2015) y el tercero en riqueza de Dípteros (Llorente y Ocegueda 2008), solo existen dos estudios sobre estréblidos (Hoffman, 1944 y Guerrero-Morales-Malacara, 1996), los cuales reportan la presencia de seis especies de estréblidos. Por lo que existe un vacío sobre el conocimiento actual de estréblidos del estado de Oaxaca.

Conocer qué especies se encuentran parasitando a las diferentes especies de murciélagos es un primer paso para entender la compleja relación de los parásitos y sus hospederos. Para entender la relación parasito-hospedero diversos estudios se han enfocado a analizar esta relación a partir de factores intrínsecos del hospedero como el sexo, edad y la condición reproductiva (Loomis 1956, Linsay y Galloway 1997, Soliman et al. 2001, Muñoz et al. 2003, Patterson et al. 2008, Presley y Willig 2008, Tlapaya et al. 2015) y extrínsecos como el tamaño de las colonias de las especies de hospederos, el entorno y los hábitos de refugio de los murciélagos (Krasnov et al. 1997, 1998, ter Hofstede y Fenton 2005, Patterson et al. 2007, Bordes et al. 2008).

El orden Chiroptera es un grupo que debido a sus diversos hábitos alimenticios es considerado uno de los órdenes de mayor importancia desde el punto de vista ecológico y humano. Este grupo realiza importantes servicios ecosistémicos, como el control de insectos que son plagas de cultivos, la dispersión de semillas que contribuyen a la regeneración de bosques fragmentados y la polinización de plantas de gran importancia económica (Rydell et al. 2002, Patterson et al. 2003). En México aproximadamente la mitad de los murciélagos utilizan cuevas como refugios debido a los beneficios que obtienen de estos sitios (Kunz 1982, Arita 1993) sin embargo, también se ha señalado que los refugios hacen más susceptibles a los murciélagos al parasitismo (ter Hofstede y Fenton 2005, Patterson et al. 2007).

Recientemente ha aumentado el interés hacia el estudio de los murciélagos desde el punto de vista epidemiológico, ya que a pesar que desde 1920 se encontró el virus de la rabia en murciélagos en América del Sur y Central (Sulkin y Allen 1974, Shi 2010), no fue hasta mediados de la década de 1990 que fueron reconocidos como portadores de virus zoonóticos emergentes, desde entonces el número de virus identificados en murciélagos aumentó rápidamente, hoy se reconocen más de 80 virus, incluidos miembros de familias de Rhabdoviridae, Orthomyxoviridae, Paramyxoviridae, Coronaviridae, Togaviridae, Flaviviridae, Bunyaviridae, Reoviridae, Arenaviridae, Herpesviridae, Picornaviridae, Hepesviridae y Adenoviridae, los cuales han sido aislados de diferentes especies de murciélagos (Calisher et al. 2006, Melaun et al. 2014). Se sabe que la transmisión de patógenos de los murciélagos a otros animales se puede producir a través de especies de vectores, siendo los insectos uno de los grupos de vectores más importantes (Melaun et al. 2014).

Los estréblidos al ser organismos hematófagos pueden ser vectores potenciales de microorganismos entre las especies de sus hospederos, amenazando las poblaciones de murciélagos, ya que a pesar de tener establecida una interacción ecológica equilibrada producto de una larga historia evolutiva entre ambos grupos, los cambios ambientales, la pérdida de hábitat, así como la disminución de las poblaciones de los hospederos puede tener una repercusión en esta relación parásito-hospedero. Sin embargo, la poca información que se tiene sobre este taxón y la relación que guardan con sus hospederos dificulta reconocer cambios en los patrones de parasitismo que pongan en riesgo las poblaciones de murciélagos. Por lo anterior, en el presente estudio se pretende conocer las riqueza y abundancia de murciélagos en la cueva Cerro Huatulco, determinar el tipo de uso que le dan a la cueva, así como realizar un listado actualizado de las especies de estréblidos asociados a la comunidad de murciélagos registrados, así mismo se investigará en qué grado afectan los diferentes factores ambientales y microambientales que se plantean como posible respuesta a la prevalencia, abundancia y estructura de comunidades parásitas. Para ello es necesario conocer la comunidad componente de ectoparásitos en cada especie de hospedero, la distribución espacial de las colonias de murciélagos dentro del refugio, así como las condiciones microclimáticas dentro del refugio, para posteriormente registrar los cambios en la carga parasitaria de estréblidos y murciélagos entre temporadas.

1.2. Objetivos

1.3.1. General

Determinar la comunidad de estréblidos que se encuentran parasitando a las especies de murciélagos que habitan la cueva de Cerro Huatulco y conocer si los cambios ambientales y

microambientales influyen en la carga parasitaria (prevalencia, abundancia media e intensidad de infestación media) de estréblidos en la comunidad de murciélagos presentes en la cueva Cerro Huatulco, en el municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca.

1.3.2. Particulares

- Determinar la diversidad de murciélagos en la cueva Cerro Huatulco y evaluar si la temporalidad (Lluvias y Sequías) influye en la diversidad de murciélagos.
- Determinar las especies de estréblidos que se encuentran parasitando a la comunidad de murciélagos cavernícolas y estimar la prevalencia, abundancia media e intensidad de infestación media de estréblidos en cada especie de murciélagos en la cueva Cerro Huatulco.
- Conocerla las variaciones microambientales (humedad y temperatura) dentro de la cueva y determinar si éstas condiciones cambian significativamente entre temporadas temporales (lluvias y sequias).
- Analizar si las fluctuaciones ambientales influyen en las cargas parasitaria en cada especie de hospedero

Cada uno de los objetivos de este estudio se abordan en los siguientes capítulos. En el Capítulo II, se analiza la variación estacional en la diversidad de los hospederos de la familia Streblidae (murciélagos), así como las condiciones microambientales de los sitios utilizados por algunas especies de murciélagos en la cueva Cerro Huatulco como refugio. En el capítulo III se describe la comunidad de estréblidos en la comunidad de murciélagos cavernícolas. En el Capítulo IV, se hace un análisis de como la variación temporal a lo largo de dos años influye en la carga parasitaria en cada especie de hospedero, así mismo se evalúa si los cambios temporales tienen un efecto significativo en las condiciones microclimáticas y si

estas variaciones microclimáticas a su vez influyen en la variación en la carga parasitaria. Finalmente, en el Capítulo V se dan las conclusiones generales de la dinámica temporal en las variaciones de la diversidad de hospederos en un refugio y las interacciones entre los estréblidos y los murciélagos.

1.3. Antecedentes

2.1 Estudios faunísticos de estréblidos en México

Los estudios sobre estréblidos en México han sido pocos, empezando con el primer listado realizado por Hoffman (1944) en donde registró a 16 especies de estréblidos, 52 años después Guerrero y Morales-Malacara (1996) realizaron un estudio en cuevas del centro y sur de México y registraron a 23 especies, de los cuales siete fueron nuevos registros para el país, con este estudio las especies de estréblidos en México aumentó a 39 especies. Diez años después Whitaker y Morales-Malacara (2005), realizaron una exhaustiva revisión bibliográfica de los ectoparásitos de mamíferos de México reportando así a 43 especies de estréblidos distribuidas en 14 géneros. En años más recientes se ha reconocido la importancia del conocimiento de la familia Streblidae, de esta manera los trabajos enfocados en estudios faunísticos han aumentado, lo cual ha contribuido de manera muy importante ya que para el año 2018 la lista de especies incrementó considerablemente a 16 géneros y 59 especies de estréblidos (Colín-Martínez et al. 2018, Cuxim-Koyoc et al. 2018).

Pese a que los estudios faunísticos han aumentado aún existen estados en el país poco exploradas, como lo es el estado de Oaxaca que a pesar de ser reconocido como un estado megadiverso (Luis-Martínez et al. 2004), ocupando el tercer lugar en riqueza de dípteros (Llorente- Bousquets y Ocegueda 2008), solo se han estudiado pocas localidades en dos

estudios previos (Hoffman 1944, Guerrero y Morales-Malacara 1996) en los cuales se registró a nueve especies de estréblidos.

2.2 Relación parásitos - hospederos.

Diversos estudios han intentado explicar cómo funciona la relación de parásito-hospedero, algunos de ellos apuntan a que la riqueza y la abundancia de los parásitos pareciera ser más similar entre hospederos relacionados filogenéticamente (Canaris y Kinsella 2007, Klimpel et al. 2007). Otros mencionan que la composición y abundancia de parásitos son similares a partir de las dietas y requerimientos ambientales y ecológicos de los hospederos (Watve y Sukumar 1995, Klimpel et al. 2007). Existen trabajos en que se menciona que la prevalencia y abundancia de parásitos está relacionada con los atributos propios del hospedero como el sexo, tamaño corporal y la estructura poblacional (Soliman et al. 2001). En México son pocos los que se han enfocado en los factores que intervienen en la relación murciélago-estréblidos. Los estudios más recientes han señalado la importancia de estudiar el efecto de los cambios estacionales dentro de la interacción parasito-hospedero; ya que algunos autores han señalado que existe una relación entre la carga parasitaria y las fluctuaciones ambientales, las cuales promueve las diferencias en la abundancia y la composición de las especies de los hospederos, repercutiendo en las abundancias de sus parásitos (Mello 2009, Laurencó y Palmeirim 2008). Por otra parte, Pilosof et al. (2012) mencionan que es importante tomar en cuenta los factores microambientales de los refugios de los hospederos, ya que los estréblidos al pasar un estadio fuera del hospedero, implica que al menos en una parte de su vida se encuentra bajo las presiones microambientales del refugio de su hospedero.

2.3. Parámetros cuantitativos de las poblaciones de ectoparásitos

Prevalencia. La prevalencia es el porcentaje de hospederos infectados con uno o más individuos de una especie de parásito en particular, dividido por el número total de hospederos examinados para esa especie de parásito. Se expresa generalmente como un porcentaje cuando se usa descriptivamente, y como proporción cuando se incorpora en los modelos matemáticos, y representa una medida sencilla de presencia/ausencia de las especies de parásitos en una muestra de hospederos (Bush et al. 1997).

Abundancia media. La abundancia de parásitos está representada por el número de individuos parásitos presentes en un individuo o una población de hospederos de una misma especie, sin importar si hay o no individuos infectados (Bush et al. 1997).

Intensidad de infestación media. La intensidad de infección representa el número de individuos de una especie particular de ectoparásito que se encuentran infectando a una sola especie de hospedero (Bush et al. 1997).

La abundancia e intensidad son parámetros que representan una medida de la densidad de las poblaciones de ectoparásitos. Éstos difieren entre sí, en que en la intensidad de infestación únicamente se considera a la subpoblación de individuos infestados, mientras que para la abundancia se toman en cuenta a todos los individuos de una población, estén infestados o no (Bush et al. 1997).

Literatura citada

- Altringham, J., T. Mc Owat, y L. Hammond. (1996). *Bat Biology and Behavior*. Oxford University Press, London, United Kingdom.
- Arita, H.T. (1993). Conservation biology of the cave bats of Mexico. *Journal of Mammalogy* 74:693-702.
- Bernard, E. y M.B. Fenton. (2003). Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 35:262-277.
- Bonaccorso, F.J., A. Arends, M. Genoud, D. Cantoni y T. Morton. (1992). Thermal ecology of moustached and ghost-faced bats (Moormopidae) in Venezuela. *Journal of Mammalogy* 73:365-378.
- Bordes, F. S. Monrad y G. Ricardo. (2008). Bat fly species richness in Neotropical bats: correlations with host ecology and hosts brain. *Oecologia* 128:109-116
- Briggler, J.T. y J.W. Prather. 2003. Seasonal use and selection of caves by the Eastern pipistrelle bat (*Pipistrellus subflavus*). *The American Midland Naturalist* 149:406-412.
- Briones-Salas, M., Cortés-Marcial, M., y Lavariega, M. C. (2015). Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 685–710. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.07.008>
- Bush, A.O., J.C. Fernández, G.W. Eschy y J.R. Seed. (2001). *Parasitism. The diversity and ecology of animal parasites*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Ceballos, G. y J. Arroyo-Cabrales. (2012) Lista Actualizadas de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época* 2(2)27.
- Colín-Martínez, H., Morales-Malacara, J. B., y García-Estrada, C. (2018). Epizoic fauna survey on Phyllostomid Bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a shaded coffee

- plantation of southeastern Chiapas, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 55, 172–182. <https://doi.org/10.1093/jme/tjx186>
- Cuxim-Koyoc, A., Reyes-Novelo, E., Macswiney, M. C., y Aguilar-Rodríguez, P. A. (2016). New records of Streblidae (Diptera: Hippoboscoidea) for Mexico. *Revista Colombiana de Entomología*, 42, 192–196. <https://doi.org/10.25100/socolen.v42i2.6692>
- Cuxim-Koyoc, A., Reyes-Novelo, E., Macswiney, M. C., y Aguilar-Rodríguez, P. A. (2016). New records of Streblidae (Diptera: Hippoboscoidea) for Mexico. *Revista Colombiana de Entomología*, 42, 192–196. <https://doi.org/10.25100/socolen.v42i2.6692>
- Cuxim-Koyoc, A., Reyes-Novelo, E., Morales-Malacara J. B., Bolívar-Cimé, B., y Laborde, J. (2015). Streblidae (Diptera: Hippoboscoidea) from Yucatán and updated species list for Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 52, 947–961. <https://doi.org/10.1093/jme/tjv117>
- Cuxim-Koyoc, A., Reyes-Novelo, E., MacSwiney, M. C., y Pech-Canché, J. M. (2018). Ectoparasite bat flies (Diptera: Streblidae and Nycteribiidae) from Uxpanapa Valley, Veracruz, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(4), 1074-1088. <https://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2686>
- Dick, C. W. y G. Graciolli. (2008). Checklist of world Streblidae (Diptera: Hippoboscoidea) Available from: <http://www.fieldmuseum.org/about/staff>
- Dick, C. W. y Miller J. A. (2010). Streblidae (Bat flies). En: B. V. Brown, A. Borkent, J. M. Cumming, D. M. Wood, N. E. Woodley y M. A. Zumbado (Eds.), *Manual of Central American Diptera*. Vol 2. (pp 1249-1260) NRC Research Press, Ottawa, Ontario.

- Dick, C.W. y B.D. Patterson. (2006). Bat flies-obligate ectoparasites of bats. p.179-194 In Morand, S., Krasnov, B.R. y Poulin, R. (eds.). *Micromammals and macroparasites: from evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo.647 p.
- Dick, C. W. y Patterson, B. D. (2007). Against all odds: explaining high host specificity dispersal-prone parasites. *International Journal Parasitology*, 37: 871-876.
- Dixon, W.D. (2011). The role of small caves as bat hibernacula in Iowa. *Journal of Cave and Karst Studies* 73(1):21-27.
- Dobson, A. P., y Hudson, P. J. (1986). Parasites, disease and the structure of ecological communities. *Trends in Ecology y Evolution*, 1(1), 11-15.
- Evelyn, M.J., y D.A. Stiles. (2003). Roosting requirements of two frugivorous bats (*Sturnira lilium* and *Arbiteus intermedius*) in fragmented neotropical forest. *Biotropica* 35:405-418.
- Galindo, G.C., Q.A. Sánchez y R.H. Quijano. (2004). Population dynamics of a resident colony of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in central México. *Biotropica* 36:382-391.
- García Mendez A. (2011). Comunidad de murciélagos en un túnel en el municipio de San Pedro Mixtepec, Región Costa. Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Univerdidad del Mar, Campus Puerto Escondido, Oaxaca, México.
- García-Grajales, J., y Buenrostro-Silva, A. (2012). Revisión al conocimiento de los murciélagos del estado de Oaxaca. *Therya*, 3, 277–293. <https://doi.org/10.12933/therya-1283>
- Guerrero, R., y Morales-Malacara, J. B. (1996). Streblidae (Diptera: Calyprate) parásitos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) cavernícolas del centro y sur de México, con

- descripción de una nueva especie del género *Trichobius*. *Anales Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 67, 357–373.
- Hoffmann, A. (1944). Los ectoparásitos de murciélagos mexicanos (Tesis de maestría). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Hudson, P. J. (2007). INTRODUCTION Parasites, diversity, and the ecosystem. In *Parasitism and ecosystems*. Oxford University Press.
- Krasnov, B.R., G.I. Shenbrot, S.G. Medvedev, V.S. Vatschenok y I.S. Khokhlova. (1997). Host–habitat relations as an important determinant of spatial distribution of flea assemblages (Siphonaptera) on rodents in the Negev Desert. *Parasitology* 114:159-173.
- Kunz, T. (1982). Roosting ecology of bats. In *Ecology of bats*, T.H. Kunz (ed.). Plenum, New York p.1–55.
- Lafferty, D.K. y M.A. Kuris. (2001). Trophic strategies, animal diversity and body size. *Trends in Ecology y Evolution* 17(11):507-513.
- Linsay, L.R. y T.D. Galloway. (1997). Seasonal activity and temporal separation of four species of fleas (Insecta: Siphonaptera) infesting Richardson’s ground squirrels, *Spermophilus richardsonii* (Rodentia: Sciuridae) in Manitoba, Canada. *Canadian Journal of Zoology* 75:1310-1322.
- Llorente-Bousquets, J., y Ocegueda, S. (2008). Estado del conocimiento de la biota. In J. Soberón, G. Halffter, y J. Llorente-Bousquets (Eds.), *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad*, Vol. I (pp. 283–322). México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- Loomis, R.B. (1956). The chigger mites of Kansas (Acarina, Trombiculidae). *The University of Kansas Science Bulletin* 37(19):1195-1427.

- Lourenço, S.I. y Palmeirim J.M. (2008). Which factors regulate the reproduction of ectoparasites of temperate-zone cave-dwelling bats? *Parasitol. Res.* 104: 127–134.
- Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Warren, A. D., y Vargas-Fernández, I. (2004). Lepidópteros: Papilionoideos y Hesperioideos. In A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez, y M. Briones-Salas (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (pp. 335–355). México D.F.: Instituto de Biología, UNAM/ Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/ World Wildlife Foundation.
- McNab, B.K. (1974). The behavior of temperate cave bats in a subtropical environment. *Ecology* 55:943-958.
- McNab, B.K. (1986). The Influence of food habits on the energetics of eutherian Mammals. *Ecological Monographs* 56:1-19.
- Medellín, R.A., M. Equihua y M. Amín. (2000). Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforest. *Conservation Biology* 14:1666-1675.
- Melaun, C., Werblow, A., Busch, M. W., Liston, A., y Klimpel, S. (2014). Bats as potential reservoir hosts for vector-borne diseases. In *Bats (Chiroptera) as vectors of diseases and parasites* (pp. 25-61). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Messenger, S.L., C.E. Rupprecht y J.S. Smith. (2003). Bats, emerging virus infections, and the rabies paradigm. In: Kuntz, T.H. y M.B. Fenton (eds.). *Bat ecology*. The University of Chicago Press, Chicago, p.622-679.
- Minchella, D. J., y Scott, M. E. (1991). Parasitism: a cryptic determinant of animal community structure. *Trends in Ecology and Evolution*, 6(8), 250-254.
- Mello, M. A. R. (2009). Temporal variation in the organization of a Neotropical assemblage of leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Oecologica* 35, 280–286.

- Morales-Malacara, J. B. y López, W. R. (1990). Epizotic fauna of *Plecotus mexicanus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Tlaxcala, Mexico. *Journal Medical Entomology*, 27: 440-445.
- Morand, S., Krasnov, B. R., Poulin, R., y Degen, A. A. (2006). Micromammals and macroparasites: Who is who and how do they interact?. In *Micromammals and macroparasites* (pp. 3-9). Springer, Tokyo.
- Muñoz, L., M. Aguilera y E. Casanueva. (2003). Prevalencia e intensidad de ectoparásitos asociados a *Tadarida brasiliensis* (Geoffroy y Saint-Hilaire, 1824) (Chiroptera: Molossidae) en Concepción Gayana 67(1):1-8.
- O'Farrell, M.J., B. Millery y W.L. Gannon. (1999). Qualitative identification of free-flying bats using anabat detector. *Journal of Mammalogy* 89(1):11-23.
- Ortega, J. y H.T. Arita. (1998). Neotropical-neartic limits in middle America as determined by distributions of bats. *Journal of Mammalogy* 79:772-783.
- Ramírez, M. M. M., López, M. P. I., Iñiguez-Dávalos, L. I., Yuill, T., Orlova, M. V., y Reeves, W. K. (2016). New records of ectoparasitic Acari (Arachnida) and Streblidae (Diptera) from bats in Jalisco, Mexico. *Journal of Vector Ecology*, 41, 309–313. <https://doi.org/10.1111/jvec.12228>
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales y A. Castro-Campillo. (2005). Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 21:21-82
- Rydell, J., H.T. Arita, M. Santos y J. Granados. (2002). Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. *Journal of Zoology* 257:27-36.

- Patterson, D.B., W.C. Dick y K. Dittmar. (2007). Roosting habits of bats affect their parasitism by bat flies (Diptera: Streblidae). *Journal of Tropical Ecology* 23(02):177-189.
- Patterson, D.B., W.C. Dick y K. Dittmar. (2008). Sex biases in parasitism of neotropical bats by bat flies (Diptera: Streblidae). *Journal of Tropical Ecology* 24(4):387-396.
- Patterson, B. D., Willig, M. R., y Stevens, R. D. (2003). Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. En T. H. Kunz y Fenton, M. B. (Eds.), *Bat Ecology* (pp. 536-579). Chicago, USA: University of Chicago Press
- Patterson, D. B., Dick, W. C., y Dittmar, K. (2007). Roosting habits of bats affect their parasitism by bat flies (Diptera: Streblidae). *Journal of Tropical Ecology*, 23, 177–189.
- Pilosof, S., C.W. Dick, C. Korine, B.D. Patterson y Krasnov B. R. (2012). Effects of anthropogenic disturbance and climate patterns of bat fly parasitism. *PLoS One* 7: 1-7.
- Presley, S.J. y M.R. Willig. (2008). Intraspecific patterns of ectoparasite abundances on Paraguayan bats: effects of host sex and body size. *Journal of Tropical Ecology* 24:75-83.
- Poulin, R. (2011). *Evolutionary ecology of parasites*. Princeton university press. pp. 18
- Poulin, R. y Morand, S. (2004). *Parasitebiodiversity*. Washington,D.C:Smith-sonian InstitutionPress.
- Teeling, E.C., M.S. Springer, O. Madsen, P. Bates, S.J. O'Brien y W.J. Murphy. (2005). A Molecular Phylogeny for Bats Illuminates Biogeography and the Fossil Record. *Science* 307(5709):580-584.

- ter Hofstede, H.M. y M.B. Fenton (2005). Relationships between roost preferences, ectoparasite density, and grooming behavior of neotropical bats. *The Zoological Society of London* 266:333-340.
- Tlapaya-Romero, L., Horváth, A., Gallina-Tessaro, S., Naranjo, E. J., y Gómez, B. (2015). Prevalencia y abundancia de moscas parásitas asociadas a una comunidad de murciélagos cavernícolas en La Trinitaria, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 377–385. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.012>
- Vaughan, T. A., y O'Shea, T. J. (1976). Roosting ecology of the pallid bat, *Antrozous pallidus*. *Journal of Mammalogy*, 57(1), 19-42.
- Walldorf, V., y Mehlhorn, H. (2014). Bats: A Glimpse on Their Astonishing Morphology and Lifestyle. In *Bats (Chiroptera) as Vectors of Diseases and Parasites* (pp. 7-24). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Wenzel, R. L., Tipton, V. J. y Kiewlicz, A. (1966). The Streblid bat flies of Panama (Diptera: Calypterae: Streblidae). In: R. L. Wenzel and Tipton V. J. (Eds.), *Ectoparasites of panama* (pp. 405-675). Field Museum of Natural History, Chicago, IL.
- Whitaker, Jr. J. O., y Morales-Malacara, J. B. (2005). Ectoparasites and other associates (ectodytes) of mammals of Mexico. In V. Sánchez-Cordero, y R. A. Medellín (Eds.), *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa* (pp. 535–666). México D.F.: Instituto de Biología, UNAM/ Instituto de Ecología, UNAM/ Conabio.
- Woodley, N. E., Borkent, A. y Wheeler, T. A. (2009). Phylogeny of the Diptera. En: B. V. Brown, A. Borkent, J. M. Cumming, D. M. Wood, N. E. Woodley y M. A. Zumbado (Eds.), *Manual of Central American Diptera. Vol 1.* (pp 79-94). NRC Research Press, Ottawa, Ontario.

Yeates, D.K., Wiegmann B.M., Courtney G.W., Meier R., Lambkin C., Pape T. (2007).

Phylogeny and systematics of Diptera: Two decades of progress and prospects.

Zootaxa, 1668: 565–590.

Zhang, Z. Q. (2013). Phylum Arthropoda. Zootaxa, 3703 (1): 017-026.

**Capítulo II. Comunidad de murciélagos en una cueva en Santa María Huatulco,
Oaxaca.**

RESUMEN

Los murciélagos son considerados de suma importancia para los ecosistemas terrestres, ya que realizan funciones como dispersores de semillas, polinizadores de un importante número de especies de plantas y también son controladores de poblaciones de insectos. Los refugios como las cuevas son sitios indispensables para la conservación de los murciélagos, ya que además de servir como sitios de descanso diurno, también son espacios de reproducción y crianza. En el municipio de Santa María Huatulco se encuentra la cueva Cerro Huatulco, en la cual mediante capturas mensuales con redes de niebla durante dos años se determinó la riqueza, abundancia y composición de especies, la fidelidad de refugio, así como los cambios en la diversidad de murciélagos entre las temporadas de lluvias y sequías en los dos años. Se registró a 732 individuos pertenecientes a 15 especies agrupadas en tres familias. La riqueza mayor en lluvias (14 spp.) que en sequías (10 spp), mientras que la abundancia fue mayor en sequías que en lluvias (449 y 283 individuos respectivamente) *Artibeus jamaicensis*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina* y *Pteronotus davyi* utilizaron el refugio de manera permanente, *Leptonycteris yerbabuena*, *Mormoops megalophylla*, *Pteronotus parnellii* y *Natalus mexicanus* la usaron de manera transitoria (entre dos y cuatro meses), mientras que *Artibeus lituratus*, *A. phaeotis*, *A. toltecus*, *A. watsoni*, *Carollia subrufa*, *Sturnira hondurensis* y *Pteronotus personatus* la utilizaron de forma ocasional (una o dos veces). En cuanto a las condiciones microclimáticas *Pteronotus davyi* se refugió en la sección más cálida (33 °C), húmeda (99.2%) y con menor variación de temperatura y humedad, mientras que *A. jamaicensis*, *D. rotundus*, y *G. soricina* utilizaron secciones con mayor fluctuación de humedad y temperatura. Dada la alta diversidad de especies (N = 15) presentes en la cueva Cerro

Huatulco, consideramos que es un sitio importante para la protección de los murciélagos, por lo tanto, es crucial la conservación de este refugio.

2.1. Introducción

La Clase Mammalia está compuesta por 26 órdenes, dentro de los cuales el Orden Chiroptera es el segundo taxón más diverso, representando una cuarta parte de la diversidad total de mamíferos (Altringhan, 1996; Martin et al., 2000; LaVal, 2004); este orden de mamíferos es el único que tienen la capacidad de volar (Klimpel y Mehlhorn, 2014). Los murciélagos son reconocidos además por ser un orden de amplia distribución geográfica y por su enorme diversidad de hábitos alimenticios, producto de una larga historia evolutiva de aproximadamente 100 millones de años (Altrngman 1996, Medellín et al. 2000), lo que les ha permitido poseer una variedad de adaptaciones morfológicas y de comportamiento que les permiten explotar nichos alternativos y niveles tróficos (desde consumidores primarios hasta depredadores de aves, murciélagos, roedores y otros vertebrados pequeños.), posicionándolos como uno de los órdenes cruciales para el funcionamiento de los ecosistemas tropicales (Norberg y Rayner 1987, Sánchez-Cordero 2001).

El Orden Chiroptera está conformado por el suborden Yinpterochiroptera los cuales están restringidos al viejo continente y el suborden Yangochiroptera, el cual se encuentra en todos los continentes siendo el suborden más diverso con 759 especies pertenecientes a 135 géneros de 16 familias (Teeling et al. 2002). En México se han documentado 138 especies de murciélagos pertenecientes a ocho familias (Medellín et al. 2008).

De estas 138 especies de murciélagos la mitad utilizan cuevas como refugio primario (Arita 1993), éstos refugios son cruciales para los murciélagos ya que pasan la mitad de su vida en ellos (Kunz 1982). Además, las cuevas les proporcionan condiciones de humedad,

temperaturas y flujo de aire relativamente estables, así como protección contra sus depredadores (Arita 1993, Ávila y Medellín 2004, Bernard y Fenton 2003). De esta manera, las cuevas pueden albergar desde una hasta 13 especies de murciélagos (Arita 1993), aunque hay estudios donde se han encontrado 16 especies (Chávez 2008). Sin embargo, se ha reportado que no todas las especies encontradas en las cuevas usan de manera constante estos refugios, ya que mientras hay especies de murciélagos estrictamente cavernícolas, hay otras especies que utilizan las cuevas de manera ocasional o como refugio alternativo (Arita 1993, Chávez 2008, Tlapaya et al. 2015).

Las selvas del Neotrópico, en especial las selvas secas muestran una alta diversidad de murciélagos, se han reportado entre 15 y 67 especies (Medellín 2000, Bernard y Fenton 2002, Zortúa y Alho 2008). Las selvas secas tropicales se caracterizan por una marcada temporalidad en el régimen de precipitación y una estación seca severa, lo que provoca cambios significativos en términos de estructura de la vegetación, tipo y cantidad de alimento (Ávila-Cabadilla et al. 2014). Estas fluctuaciones en la disponibilidad de alimento afectan la presencia y abundancia de algunas especies de murciélagos (Ávila-Cabadilla et al. 2014; Ferreira et al. 2017), provocando un cambio en la comunidad de murciélagos en las selvas secas. Por ejemplo, se ha reportado que aumenta la riqueza y abundancia de murciélagos frugívoros e insectívoros en la temporada de lluvias (Kalko et al. 1999, Bolívar Cimé et al. 2014, da Rocha et al. 2015), mientras que, los murciélagos nectarívoros son más diversos durante la temporada de sequía (Chávez y Ceballos 2001, da Rocha et al. 2015). De esta manera, los cambios estacionales son un factor importante en las fluctuaciones de riqueza y abundancia de murciélagos, observándose variación en la composición de especies en la comunidad de murciélagos entre las temporadas climáticas.

En el estado de Oaxaca se han realizado varios estudios sobre la diversidad de murciélagos (Buenrostro-Silva et al. 2013, Kraker-Castañeda et al. 2013, García-García y Santos-Moreno 2014), sin embargo, el conocimiento sobre la diversidad y refugios de este orden es escasa en el Estado. Solo hay un estudio previo realizado en un refugio artificial en la región Costa de Oaxaca (García 2011). Debido a que las cuevas son refugios permanentes para algunos murciélagos y juegan un papel importante para estas especies, el propósito de este trabajo es conocer la riqueza y abundancia de las especies que utilizan este refugio, así como determinar los cambios temporales en la diversidad en la cueva Cerro Huatulco.

2.2. Objetivo General.

Determinar la diversidad de murciélagos en la cueva Cerro Huatulco, en el municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca.

2.3. Objetivos particulares.

- Evaluar los cambios temporales en la diversidad de murciélagos en la cueva Cerro Huatulco entre dos temporadas de lluvias y dos de sequías.
- Evaluar el reemplazo de especies, mediante la diversidad beta, y la similitud de especies entre las temporadas climáticas.
- Conocer la distribución espacial de las especies de murciélagos dentro de la Cueva de Cerro Huatulco, para determinar que especies de murciélagos usan el refugio de manera permanente y que especies la utilizan de manera temporal u ocasional.

2.4. Antecedentes

Familia Phyllostomidae. Es la segunda más numerosa del Orden Chiroptera con 201 especies (Fenton y Simmons 2014), de las cuales 55 se encuentran en México (Ramírez-Pulido et al. 2014). Esta familia tiene una diversidad tanto en sus hábitos alimenticios como

en sus hábitos de refugio, utilizando una gran variedad de refugios como hojas de plantas, follaje u oquedades de árboles y cuevas, entre otros (Kries et al. 2018). En cuanto a los requerimientos particulares de humedad y temperatura para cada una de las especies de esta familia, solo se tiene información de *Artibeus jamaicensis*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina*, los cuales se muestra en el Cuadro 1. *Artibeus phaeotis*, *A. toltecus*, *A. watsoni*, *Carollia subrufa*, *Leptonycteris yerbabuenae* y *Sturnira hondurensis*, no son consideradas como cavernícolas ya que usualmente se refugian en hojas de plantas, follaje u oquedades de árboles (Kries et al. 2018).

La familia Mormoopidae es una pequeña familia de murciélagos cavernícolas en donde las especies de ésta familia comparten cuevas entre sí, son insectívoras y forman grandes colonias de hasta 50 0000 individuos (Altringham 1996). En México se tiene registro de cinco especies de murciélagos mormópidos; *Mormoops megalophylla*, *Pteronotus dayvi*, *P. parnellii*, *P. personatus* y *P. gymnonotus* (Medellín et al. 2008). *Mormoops megalophylla*, *Pteronotus dayvi* y *Pteronotus parnellii*, fueron especies registradas usando la cueva Cerro Huatulco, los registros de temperatura y humedad de las cuevas usadas por éstas especies se indican en el Cuadro 1.

La familia Natalidae está compuesta por nueve especies y tres géneros. Es una familia insectívora restringida exclusivamente a la región Neotropical (Simmons 2005, Tejedor et al. 2005) y depende fuertemente de la presencia de cuevas para garantizar su supervivencia (Emmons 1997). *Natalus mexicanus* fue la especie que se registró en la cueva Cerro Huatulco, los registros de temperatura y humedad de las cuevas usadas por éstas especies se indican en el Cuadro 1.

Las especies de murciélagos de las tres familias antes mencionadas, han sido categorizadas como especies homeotermas que ocupan refugios cálidos, con temperaturas de

14.5 a 37.5°C y con humedad de 46.6 al 100% (Ávila-Flores y Medellín 2004), los requerimientos de temperatura y humedad de cada especie registrada en el presente estudio se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores promedio reportados de temperatura (T) y humedad (H) de cuevas utilizadas por murciélagos (N/R= No se registró).

Especie	No. de cuevas estudiadas	T	H	Fuente
<i>Artibeus jamaicensis</i>	1	21.9	98	Ávila-Flores y Medellín, 2004
<i>Desmodus rotundus</i>	5	21.7	88.9	Ávila-Flores y Medellín, 2004
	1	25.7	81.9	Torres-Flores et al., 2012
	2	25.3	N/R	Bonaccorso et al. 1992
<i>Glossophaga soricina</i>	2	20.6	98.9	Ávila-Flores y Medellín, 2004
	1	25.1	81.9	Torres-Flores et al., 2012
<i>Mormoops megalophylla</i>	4	32.9	64.2	Ávila-Flores y Medellín, 2004
	1	26	99.5	Torres-Flores et al., 2012
<i>Natalus mexicanus</i>	2	33.3	N/R	Bonaccorso et al. 1992
	1	25.9	99.2	Torres-Flores et al., 2012
<i>Pteronotus davyi</i>	1	34.7	65.4	Ávila-Flores y Medellín, 2004
	1	26	99.5	Torres-Flores et al., 2012
	1	34.5	N/R	Bonaccorso et al. 1992
<i>Pteronotus parnellii</i>	4	26.1	82.9	Ávila-Flores y Medellín, 2004
	1	26	99.5	Torres-Flores et al., 2012

2.5. Material y Método.

Área de estudio. Este trabajo se realizó en la cueva Cerro Huatulco, ubicada en el municipio de Santa María Huatulco, en el estado de Oaxaca, México (15° 50' 59.7" N; 96° 21' 3.9" O, 450 m s.n.m). La cueva está localizada a 4.1 km al NE de la cabecera municipal de Santa María Huatulco y se encuentra inmersa en un paisaje con fragmentos de selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, cafetal de sombra y pastizales. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Trejo et al. 2004). La temperatura anual oscila entre los 19.5°C el mes más frío y 33°C el mes más cálido,

mientras que la humedad va de 52% en la temporada de sequias y 100% en la temporada de lluvias. La precipitación anual fluctúa entre 2,300 y 3,500 mm (García 1988).

Dentro de la cueva se ubicaron cuatro secciones de percha, los cuales denominamos Interior 1 a la sección de la cámara que se encontró aislada del resto de la cueva y que presentó una sola entrada de un metro de alto por uno de largo. El Interior 2 presentó una altura de cuatro metros, con área de aproximadamente 10 m² y se ubicó en la parte que está después del Interior 1. El Interior 4 se ubicó de lado lateral a la entrada de la cueva, y se caracterizó por ser un espacio de altura irregular, la parte más alta tiene metro y medio, y la más baja 30 cm, con un área aproximada de 15 m². Finalmente se denominó Interior 3 a la sección más amplia, que correspondió a la entrada de la cueva, la cual tiene una altura de 20 m aproximadamente y un área de 50 m².

Datos microclimáticos. Después de ser ubicados las secciones de perchas de las diferentes especies de murciélagos se colocó un Data-logger (Lascar EL-USB-2; rango de humedad 0 al 100% RH y -35 a +80°C de temperatura), el cual se programó para tomar lecturas cada minuto en cada sitio ubicado dentro de la cueva, durante las noches de muestreo. Al mismo tiempo que se colocaron los Data-logger se llevó a cabo un registro de las especies de murciélagos perchadas durante el día en cada sitio. Adicionalmente se colocó otro Data-logger en la parte externa de la cueva, ya que se observó a individuos de *Artibeus jamaicensis* liberados dirigirse en dirección a las grietas de la parte superior externa de la cueva.

Captura de murciélagos. Los muestreos se llevaron a cabo a partir de julio 2016 a junio 2018, durante dos noches consecutivas por mes. Los murciélagos se capturaron usando dos redes de niebla (6 X 2.5 m) colocadas una de manera paralela y la otra de manera perpendicular de la entrada de la cueva, a 20 m de ésta. Las redes estuvieron

activas de 19:30 a 06:00 h y se revisaron cada 10 minutos. Los murciélagos capturados fueron identificados a nivel de especie, con la guía de campo de Medellín et al. (2008) y se marcaron en forma temporal siguiendo a García-Méndez et al. (2014). En el caso de *Artibeus jamaicensis*, la cual no encontramos dentro de la cueva, pero con un marcaje fluorescente en la parte dorsal del cuerpo en los individuos capturados, fue posible observar que la especie perchaba en diferentes grietas de la parte superior de la pared externa de la cueva.

Análisis de datos.

Se consideró a la riqueza de especies como el número total de especies capturadas durante todo el estudio y por temporada en la cueva Cerro Huatulco. Se tomó al número total de individuos capturados durante el estudio y por temporada, como la abundancia. Se llevó a cabo un Análisis de Varianza (ANOVA) para evaluar la significancia de las diferencias de la abundancia total, dentro (lluvias del primer y segundo año, y sequías del primer y segundo año) y entre las temporadas (lluvias y sequías). De igual manera, para las especies de murciélagos más abundantes se realizó un ANOVA para conocer si existía un cambio significativo en las abundancias entre las temporadas. Lo anterior se hizo en el programa SPSS ver. 17 (SPSS Inc., 2007). Por otro lado, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener para cada temporada muestreada y a través de una prueba de t, modificada por Hutcheson (Zar 1999) se comparó entre las temporadas. El grado de reemplazamiento de especies entre temporadas se estimó mediante el índice de diversidad beta de Whittaker (Magurran 2004), mientras que, la similitud en la composición de especies entre temporadas se evaluó con el coeficiente de similitud de Jaccard (Moreno 2001).

2.6. Resultados

Con un esfuerzo total de muestreo de 18,650 horas/red, capturamos un total de 732 individuos pertenecientes a 15 especies agrupadas en nueve géneros y tres familias. Durante la temporada de lluvias del primer y segundo año (Lluvias 1 y Lluvias 2) se registró el mayor número de especies (N = 12 y 11 respectivamente). Mientras que, en la temporada de sequías del primer y segundo año (Sequías 1 y Sequías 2) se capturaron menor número de especies (N = 9 y 7 respectivamente; Cuadro 1). En cuanto al número de individuos total, entre y dentro de cada temporada, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($F_{3, 23} = 1.058$, $p = 0.389$).

Glossophaga soricina fue la especie más abundante, seguida de *Pteronotus davyi* y *Artibeus jamaicensis*, mientras que, *Desmodus rotundus* y *Pteronotus parnellii* presentaron abundancias bajas (Cuadro 2). El Análisis de Varianza para las abundancias por especie, indicó únicamente diferencias estadísticamente significativas en la abundancia en *G. soricina* entre Sequías 1 y Lluvias 1 ($F_{3, 23} = 4.509$, $p = 0.01$), mientras que para *P. davyi* ($F_{3, 23} = 2.11$, $p = 0.130$), *A. jamaicensis* ($F_{3, 23} = 0.608$, $p = 0.617$), *D. rotundus* ($F_{3, 23} = 0.481$, $p = 0.699$) y *P. parnellii* ($F_{3, 23} = 0.358$, $p = 0.784$) las diferencias no fueron significativas.

La diversidad de especies para todo el estudio expresada a través del índice de Shannon-Wiener fue de $H' = 1.402$. La diversidad de especies entre las temporadas en los dos años de muestreo fue estadísticamente diferente (Cuadro 3), por otro lado, al considerar la diversidad de especies total entre lluvias y sequías también se encontraron diferencias significativas (lluvias $H' = 1.847$; Sequías $H' = 0.973$; $t = 10.39$, g.l. = 697, $p < 0.001$). El reemplazamiento de especies dentro de las temporadas de lluvias (Lluvias 1 y Lluvias 2) fue bajo ($\beta_w = 0.217$), al compartir diez especies en ambas temporadas, presentando un valor de coeficiente de similitud de Jaccard de (0.76). De igual manera la comunidad de murciélagos

en las temporadas de sequías presentó una diversidad beta baja ($\beta_w = 0.25$), y un índice de similitud alto ($I_s = 0.6$), al compartir seis especies. Mientras que entre temporadas lluvias y secas la diversidad beta fue baja ($\beta_w = 0.25$) y el valor de coeficiente de similitud de Jaccar alto ($I_s = 0.76$). De esta manera, cinco especies de murciélagos fueron capturados únicamente en la temporada de lluvias (*Artibeus phaeotis* y *Leptonycteris yerbabuenae* en Lluvias 1 y *Pteronotus personatus* y *Carollia subrufa* en Lluvias 2 y *A. toltecus* en lluvias 1 y 2). En las temporadas de sequías solo *Artibeus watsoni* fue exclusiva de la temporada de Sequía 2.

La comunidad de murciélagos cavernícolas fue dinámica a lo largo de todo el estudio, dado que algunas especies usaron la cueva de forma permanente (estuvieron presentes dentro de la cueva durante todos los muestreos), transitorio (se observaron en el interior de la cueva solo algunos meses) y ocasional (no se observó dentro del refugio, pero se capturó con red en la entrada de la cueva, indicando que solo usaron el sitio una noche). Tres especies de la familia Phyllostomidae (*Artibes jamaicensis*, *Desmodus rotundus* y *Glossophaga soricina*) y una especie de la familia Mormoopidae (*Pteronotus davyi*) fueron capturadas durante las dos temporadas climáticas los dos años de muestreo y fueron observadas perchadas en el interior de la cueva de esta manera, estas especies usaron este sitio como refugio permanente. *Mormoops megalophyla*, *Pteronotus parnellii*, *Natalus mexicanus* y *Leptonycteris yerbabuenae* utilizaron este sitio de manera temporal, dado a que su presencia en el interior de la cueva y su captura no fueron constantes durante los meses de muestreo. Durante el estudio se registraron siete especies más de la familia Phyllostomidae, una de la familia Mormoopidae y otra de la familia Natalidae, quienes utilizaron el refugio de forma ocasional (Cuadro 2).

Cuadro 2. Riqueza, abundancia y diversidad de murciélagos en una cueva en Santa María Huatulco.

Especies de murciélagos	Temporada climática				Total	Uso de la cueva
	Lluvias 1	Sequías 1	Lluvias 2	Sequías 2		
Phyllostomidae						
<i>Artibeus jamaicensis</i>	20	30	18	9	77	Permanente
<i>Artibeus lituratus</i>	1	2	0	1	4	Ocasional
<i>Artibeus phaeotis</i>	1	0	0	0	1	Ocasional
<i>Artibeus toltecus</i>	1	0	1	0	2	Ocasional
<i>Artibeus watsoni</i>	0	0	0	1	1	Ocasional
<i>Carollia subrufa</i>	0	0	1	0	1	Ocasional
<i>Desmodus rotundus</i>	17	7	6	10	40	Permanente
<i>Glossophaga soricina</i>	45	243	60	90	438	Permanente
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	5	0	0	0	5	Transitorio
<i>Sturnira hondurensis</i>	1	1	1	0	3	Ocasional
Mormoopidae						
<i>Mormoops megalophylla</i>	6	3	9	0	18	Transitorio
<i>Pteronotus davyi</i>	53	16	2	25	96	Permanente
<i>Pteronotus parnellii</i>	20	6	8	3	37	Transitorio
<i>Pteronotus personatus</i>	5	0	1	0	6	Ocasional
Natalidae						
<i>Natalus mexicanus</i>	1	1	1	0	3	Transitorio
Abundancia relativa	175	310	108	139	732	
Riqueza	12	9	11	7	15	
Shannon-Wiener H'	1.87	0.86	1.48	1.11	1.4	

Cuadro 3. Resultados de la prueba de t modificada por Hutcheson para el índice de diversidad de especies entre y dentro de cada temporada climática.

	Sequías 1	Lluvias 2	Sequías 2
Lluvias 1	t = 10.39, g.l. = 463, p <0.001	t = 3.00, g.l. = 181, p = 0.003	t = 6.86, g.l. = 270, p <0.0001
Sequías 1		t = 4.60, g.l. = 199, p <0.001	t = 2.2, g.l. = 316, p = 0.028
Lluvias 2			t = 4.60, g.l. = 199, p <0.001

Descripción microclimática y distribución espacial de las especies en la cueva.

La cueva está conformada por cinco secciones (Interior 1, Interior 2, Interior 3, Interior 4 y Exterior 1; Figura 1). El Interior 1, es una cámara separada del resto de las secciones, con pendientes de manera irregular producto de las grandes estalagmitas. Dentro

de esta sección, las paredes no presentaron grietas, ni estalactitas en la cuales se refugiarán los murciélagos (observamos siempre a los murciélagos perchados en las paredes). En cambio, se observaron dos cavidades grandes a los costados de la cámara. El Interior 1 se encontraba en la parte más profunda de la cueva y se conectaba al Interior 2 por una única entrada casi circular de 1m². El Interior 1 fue el más oscuro, cálido, húmedo con una temperatura promedio de 33°C y humedad promedio de 97.7%. Esta sección tenía poco flujo de aire, así mismo fue la sección que presentó menos fluctuaciones de temperatura y humedad (Cuadro 4). En el Interior 1 se registró a lo largo de todo el estudio a la colonia más grande de murciélagos que correspondió a la especie *Pteronotus davyi* (>10000).

En el Interior 2, se registró a una colonia de aproximadamente 100 individuos de *Pteronotus parnellii* durante los dos primeros meses de muestreo. En los meses posteriores ésta sección se encontró vacía, hasta que fue utilizado en el mes de noviembre por una pequeña colonia de *Natalus mexicanus* (Cuadro 4). El Interior 2 tuvo temperatura promedio de 24.2 °C con una fluctuación de 3.5°C a lo largo del año, la fluctuación de la humedad fue poca en relación al Interior 3, Interior 4 y Exterior 1.

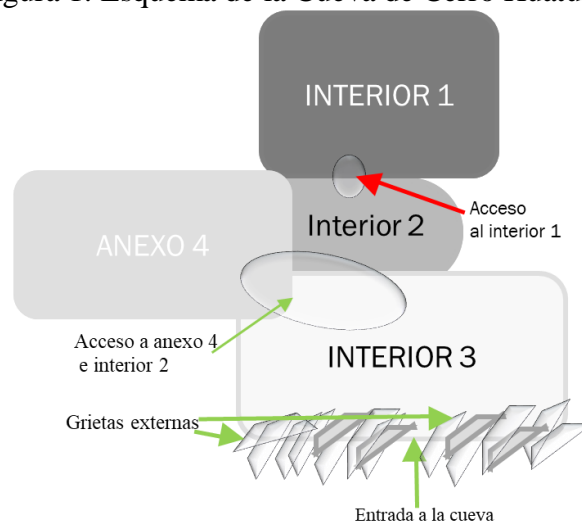
El Interior 3 es la sección más expuesta a las corrientes de aire, así como a la luz del día, ya que se ubica en la entrada de la cueva la cual es muy amplia. En ésta sección se registró una temperatura promedio de 22°C fue el sitio más frío con la variación más alta (5°C), la humedad también fluctuó ampliamente a lo largo del año. Esta sección presentó estalactitas, estalagmitas, también se observaron avones (depresiones cónicas en el techo; Brunet y Medellín, 2001) en donde se observó entre 10 y 15 grupos de tamaño variable (1 a 20 individuos) de *Desmodus rotundus*.

El Interior 4 fue la sección más irregular en cuanto a la altura y pendiente, el techo está cubierto por estalactitas de tamaños variables, el suelo se observaron estalagmitas, estas

estructuras complicaban la exploración de toda el área. La variación de la temperatura promedio fue de 22.2°C con una fluctuación de 4.5°C a lo largo del muestreo, mientras que la humedad fue casi constante a lo largo de los dos años de muestreo. Esta sección lo compartieron dos especies, en los primeros muestreos *Glossophaga soricina* y *Mormoops megalophylla*, ambas especies tenían colonias grandes >500 individuos. *G. soricina* se encontró en la parte más profunda de esta sección, mientras que, *M. megalophylla* se refugió en la parte más externa (cerca del Interior 3). En los muestreos subsecuentes *M. megalophylla* no se observó más y en su lugar en el mes de noviembre encontramos una pequeña colonia de *Leptonycteris yerbabuena*.

Finalmente, el Exterior 1 fue denominado a la pared superior de la entrada a la cueva en donde se ubicaron las grietas que albergaba a individuos de la *Artibeus jamaicensis*. Debido a la altura (10 y 15 metros) y las formaciones rocosas accidentadas que conformaban la entrada a la cueva, no pudimos determinar el tamaño de la colonia de *A. jamaicensis*. En este sitio la temperatura promedio fue de 23.1 °C y hubo una variación de 3.7°C, la variación de la humedad fue amplia a lo largo del año (Cuadro 4).

Figura 1. Esquema de la Cueva de Cerro Huatulco.



Cuadro 4. Descripción de las secciones ubicadas dentro de la cueva Cerro Huatulco Valores promedio de temperatura (T) y humedad (H) *DS= Desviación estándar. N/D No se pudo determinar.

Sección	Temperatura °C		Humedad %		Especie	Mes y año observado	Tamaño de la colonia
	T	DS	H	DS			
INTERIOR 1	33	0.43	99.2	0.16	<i>Pteronotus davyi</i>	Julio 2016 a junio 2018	10000
INETRIOR 2	24.2	0.64	88.2	2.38	<i>Pteronotus parnellii</i>	Julio y agosto 2016 Febrero 2018	100
					<i>Natalus mexicanus</i>	Noviembre de 2016 Febrero, marzo y noviembre de 2017 y junio 2018	25
INTERIOR 3	22	0.83	79.5	6.40	<i>Desmodus rotundus</i>	Julio 2016-junio 2018	100
INTERIOR 4	22.2	0.80	86.5	2.70	<i>Glossophaga soricina</i>	Julio y agosto de 2016, Septiembre 2016 a junio 2018	500 1000
					<i>Mormoops megalophylla</i>	Julio y agosto 2016 y 2017	200
					<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	Noviembre de 2016	25
EXTERIOR	23.1°	0.98	81.6	11.3	<i>Artibes jamaicensis</i>	Julio 2016-junio 2018	N/D

2.7. Discusión

Diversidad de especies. La riqueza de especies de murciélagos registrada en esta cueva es relevante, ya que uno de los trabajos pioneros y más importantes en donde se estudió 215 cuevas, concluyeron que solo el 10% de estas albergaban a más de seis especies de murciélagos, siendo las cuevas de las Vegas ubicada en Puebla y El Salitre ubicada en Morelos las que presentaron mayor riqueza con 13 y 12 especies respectivamente (Arita 1993). Por lo que en la cueva Cerro Huatulco sería una de las cuevas con mayor riqueza de especies en el país, siendo superada solo por la cueva de San Francisco con 16 especies (Chávez 2008), la cual ha sido catalogada dentro de las 100 cuevas más grandes de México,

con una profundidad de 1.7 km, mientras que la cueva Cerro Huatulco es mucho más pequeña con una profundidad de 50 m. La Cueva Cerro Huatulco representa un sitio importante para la conservación de murciélagos, no solo por la riqueza y abundancia de especies que refugia, sino también por el tipo de especies que se encuentran ahí, ya que *Leptonycteris yerbabuena* es una especie cavernícola que se encuentra en la categoría Casi Amenazada, y está cerca de calificar como en peligro de acuerdo a la IUCN (Medellín 2016), por lo que es necesario conservar este refugio.

Variación estacional en la diversidad de murciélagos. Los resultados mostraron un cambio en la composición de especies de la comunidad de murciélagos, principalmente en las especies de hábitos frugívoros (*Artibeus phaeotis*, *A. toltecus* y *Carollia subrufa*) y en un nectarívoro y un insectívoro (*Leptonycteris yerbabuena* y *Pteronotus personatus*), que se capturaron exclusivamente durante la temporada de lluvias. La diversidad de especies fue significativamente diferente entre y dentro de las temporadas, sin embargo, es importante señalar que la temporada más diversa fue lluvias 1 y la temporada menos diversa correspondió a sequías 1. De esta manera, la diversidad fue significativamente mayor en la temporada de lluvias, lo que concuerda con lo encontrado en otros estudios, en donde se reporta un fuerte efecto de la estacionalidad en la composición de especies, así como en la abundancia de especies frugívoras y nectarívoras (Ávila-Cabadilla et al. 2012, Stoner 2005, Ferreira 2017).

Por otro lado, a diferencia de los trabajos antes mencionados, no encontramos (a excepción de *Glossophaga soricina*) una diferencia significativa entre las abundancias de las poblaciones de murciélagos entre estaciones. Consideramos que este patrón que presentaron *Pteronotus parnellii*, *P. davyi*, *Artibeus jamaicensis* y *Desmodus rotundus* a lo largo del estudio indican que, a pesar de la temporalidad que muchas veces implica un cambio

significativo en las abundancias de los murciélagos frugívoros e insectívoros debido a la variación en la disponibilidad de alimento (frutos e insectos), siendo significativamente mayor en la temporada de lluvias en los trópicos (Chávez y Ceballos 2002, Ávila-Cabadilla et al. 2012), existen otros factores que pueden estar determinando que no exista variación en las abundancias de las especies de murciélagos (García-García y Santos-Moreno 2014; Ferreira et al. 2017). Esto se puede deber a que la zona de estudio se encuentra en un paisaje de selva baja, inmerso en un mosaico de vegetación secundaria, potreros, terrenos de cultivos frutales y cafetales de sombra, esta heterogeneidad del paisaje y la presencia de cuerpos de agua que se encuentran a menos de un km de la cueva Cerro Huatulco, lo que puede favorecer la disponibilidad de alimento en ambas temporadas climáticas. Este fenómeno se ha observado en otros estudios realizados a escala local (Ferreira et al. 2017, García 2020). Así mismo, debido a la presencia de ganado en la zona, la disponibilidad de alimento para *D. rotundus* es constante a lo largo del año.

Por otra parte, se observó un aumento significativo en la abundancia de *Glossophaga soricina*, la cual fue mayor en la temporada de sequía, la cual coincide con los máximos de floración en las selvas bajas del Neotrópico (Ávila-Cabadilla et al. 2012). De esta manera, nuestros resultados muestran que las especies de murciélagos responderán de manera distinta ante cambios estacionales. Así mismo inferimos que este patrón en las abundancias de los murciélagos estará influenciado por la fenología y la composición local de la vegetación, como han mencionado otros autores (García-García y Santos-Moreno 2014, Ferreira et al. 2017). Sin embargo, es necesario realizar estudios sobre la disponibilidad de alimento en esta zona entre temporadas para poder confirmar lo anterior.

Distribución espacial de las especies de murciélagos dentro de la cueva Cerro Huatulco. En el interior de la cueva Cerro Huatulco, se encontró que cuatro especies usaron

el refugio de manera permanente y cuatro la usaron de manera temporal, las siete especies restantes que fueron registradas mediante capturas, a excepción de *Pteronotus personatus*, no son consideradas especies cavernícolas, ya que se refugian principalmente en follaje de árboles u hojas de heliconias (Timm 1987, Chaverri y Kunz 2006, Reid 1997, Muñoz-Romo 2008). En el caso de *Artibeus toltecus* y *Carollia subrufa*, aunque se han reportado en cuevas, su uso es irregular, actuando como refugio secundario (Webster y Jones 1982, Reid 1997). Debido a esto, consideramos a estas seis especies como visitantes nocturnos del refugio. En el caso de *Pteronotus personatus*, que es considerada una especie cavernícola (Arita 1993; Torres-Flores et al. 2012), a pesar de registrarla en las capturas, no la observamos dentro de la cueva, pensamos que probablemente esta especie se refugia en otros sitios cerca de la zona, ya que pobladores de la zona nos indicaron de un seria de minas abandonadas a menos de un km de distancia de la cueva Cerro Huatulco, sin embargo, no pudimos explorar éstos sitios por motivos de seguridad.

En cuanto a las especies que se registraron dentro de la cueva, se observó un predominio de especies de la familia Mormoopidae en los primeros meses de muestreo (julio y agosto), que es similar a lo observado en otras cuevas en México (Bateman y Vaughan 1974, Arita y Vargas 1995, Smotherman y Guillén-Servent 2008, Torres-Flores y López-Wilchis 2010, Torres-Flores et al. 2012). Sin embargo, esta composición de especies cambió en el tercer muestreo realizado (el cual correspondió a la temporada de lluvias 1), a partir del cual la comunidad de murciélagos dentro de la cueva estuvo dominada por especies de la familia Phyllostomidae (*G. soricina*, *D. rotundus* y *A. jamaicensis*) que usaron la cueva de manera permanente y dos especies que estuvieron de manera temporal: un filostómido y un natárido (*Leptonycteris yerbabunae* y *Natalus mexicanus*). Estos datos son interesantes ya que en el caso de las tres especies de filostómidos registrados en la cueva de manera

permanente, no han sido catalogadas como especies cavernícolas obligadas, a pesar de que se refugian en cuevas con mucha frecuencia (Arita 199, Ortega y Castro-Arellano 2001).

Por otro lado, las especies de la familia Mormoopidae que sí utilizan cuevas como refugio principal y que se ha reportado que generalmente los integrantes de ésta familia se refugian juntos, solo se registró a *P. davyi* de manera permanente. Mientras que, dos especies fueron observadas de manera temporal y durante los meses en los que se les encontró que coincidieron dentro del refugio, se encontraron en secciones distintas. Lo anterior obedece posiblemente a que éstas especies de murciélagos son sensibles a perturbaciones del refugio, abandonando el mismo cuando es perturbado por acciones humanas. Particularmente, la cueva Cerro Huatulco es constantemente perturbada por la extracción de guano para fertilizar terrenos de cultivos frutales de la zona, y es usada como refugio para cazadores furtivos de la zona los cuales en ocasiones hacen fogatas dentro de la cueva (Obs. pers.).

Particularmente se observó en el tercer mes de muestreo cuando *Pteronotus parnellii* y *Moormops megalophyla* abandonaron la cueva y cuando se encontraron rastros de fogatas en el Interior 3 cerca al Interior 4, lo cual pudo ocasionar que abandonaran el refugio, desplazándose a otros refugios. Dada la disponibilidad de refugios en la zona *P. parnellii* y *M. megalophyla* probablemente usaron refugios alternos presentes en el área de estudio ya que otros autores han reportado que la disponibilidad de refugios alternos, así como las modificaciones y/o perturbaciones del refugio primario, ocasionan una baja fidelidad a éste (Trajano 1985, Lewis 1995). Por lo anterior y considerando que el estudio llevado a cabo de manera paralela a este, en el cual se reportó la existencia de la cueva El Apanguito en la cual se registró a *Pteronotus parnellii* y *Moormops megalophyla* (Hernández-Aguilar y Santos-Moreno 2020), consideramos que el comportamiento de éstas dos especies es el resultado de la disponibilidad de refugios y los disturbios en la cueva Cerro Huatulco. Por otro lado, es

importante señalar el comportamiento de la colonia de *G. soricina*, la cual aumentó y considerablemente un mes después de que la colonia de *M. megalophyla* abandonó el refugio, de esta manera el espacio vacío fue rápidamente ocupado por individuos de *G. soricina*.

En cuanto a *Natalus mexicanus* inferimos que se refugió de manera permanente en otro refugio dentro de la misma zona, ya que Aguilar y Santos-Moreno (2020) la registraron de manera mensual en la cueva El Apanguito durante un año, mientras que, nosotros solo la registramos de manera intermitente dentro de la cueva Cerro Huatulco. *Leptoncyteris yerbabuena* se ha reportado como una especie cavernícola (Cole y Wilson 2006), sin embargo, también se ha mencionado que es una especie que se mueve constantemente entre diferentes refugios, ya sea estacionalmente para cumplir algunas funciones particulares como aparearse, y posteriormente las hembras usan el refugio para formar colonias de maternidad, mientras que los machos dejan los refugios después de aparearse, además se han documentado movimientos entre estaciones (Russell y Wilson 2006).

Los resultados obtenidos mostraron que la sección utilizada por *Pteronotus davyi* dentro de la cueva, fue el sitio más cálido y húmedo, y con menor fluctuación microambiental (mínima de 32 y máxima de 34°C) esto coincide con lo reportado en otros estudios realizados en México (33.4-36.1°C, Ávila-Flores y Medellín 2004) y en Venezuela (33-36°C; Bonaccorso et al., 1992). Éste patrón pudiera deberse a que las especies insectívoras de tamaño pequeño como *P. davyi*, requieren de sitios más cálidos debido a que su tamaño está relacionado con su capacidad termorreguladora (Ávila-Flores y Medellín 2004). Por otro lado, el resto de las especies que se refugiaron en la cueva Cerro Huatulco se encontraron bajo condiciones microambientales variables a lo largo de los dos años del estudio, siendo la humedad la condición que más variación presentó durante el estudio en tres de las cinco secciones que se pudieron reconocer en la cueva.

Ávila-Flores y Medellín (2004) quienes estudiaron a *G. soricina*, *A. jamaicensis*, *D. rotundus*, *P. parnellii*, *M. megalophyla* y *Natalus mexicanus* en cuevas con distintos tipos de vegetación (Selva alta, selva baja caducifolia, bosque de niebla bosque de coníferas y matorral xerófilo) observaron que éstas especies tiene la capacidad de utilizar refugios con temperaturas que oscilan entre 14.5–37.58°C, y la humedad puede variar de un 20 a 100%. Los resultados de este estudio difieren de lo reportado por los autores anteriores, dado que la temperatura y humedad fueron muy pocos variables durante los dos años de muestreo en las secciones de la cueva, indicando que las condiciones microambientales de la cueva son óptimas para el desarrollo de los murciélagos, particularmente de la Familia Moormopidae, aunque especies como *P. parnellii* y *M. megalophyla* pueden tolerar temperaturas mínimas de 16°C (Ávila-Flores y Medellín, 2004), debido a sus limitadas capacidades termorregulatorias, estas especies prefieren sitios cálidos con temperaturas >26 y una humedad >90% (Torres-Flores et al. 2012), como las que se presentaron en el interior de la cueva Cerro Huatulco.

La cueva Cerro Huatulco, a pesar de ser una cueva pequeña en comparación con otras como la de La Trinitaria y la de El Salitre, presenta características físicas y ambientales que la hacen un refugio idóneo para un número importante de especie de murciélagos. Por un lado, la estructura irregular, la presencia de estalactitas y avones, así como las diferentes condiciones microclimaticas dentro de la cueva, y la poca variabilidad de cada una de éstas condiciones a lo largo del año, permite que diversas especies optimicen procesos fisiológicos, ya que se ha demostrado que a pesar de que algunas especies de murciélagos pueden tolerar un amplio rango de la temperatura, esto les implica un gasto energético (Bonaccorso et al. 1992).

Finalmente, como se demostró, la cueva Cerro Huatulco es la segunda con mayor riqueza de especies de murciélagos conocida en el país, con 15 especies, pero debido a la perturbación ocasionada por la extracción de guano y la creación de fogatas por cazadores furtivos en el interior de la cueva, es importante poner en práctica técnicas de aprovechamiento de guano de manera segura y regulada para minimizar las perturbaciones y de esta manera evitar que las especies más sensibles a las perturbaciones abandonen el refugio.

Literatura citada

- Arita, H. T. (1993). Conservation biology of the cave bats of Mexico. *Journal of Mammalogy* 74:693–702.
- Avila-Cabadilla, L. D., Stoner, K. E., Nassar, J. M., Espírito-Santo, M. M., Alvarez-Añorve, M. Y., Aranguren, C. I., Henry, M., González-Carcacía, L. A. Dolabela Falcão, L. A. y Sanchez-Azofeifa, G. A. (2014). Phyllostomid bat occurrence in successional stages of neotropical dry forests. *PLoS One*, 9, e84572.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.008457>
- Bonaccorso, F. J., Arends A., Genoud M., Cantoni D. y Morton T. (1992). Thermal ecology of moustached and ghost-faced bats (Mormoopidae) in Venezuela. *Journal of Mammalogy* 73: 365–378.
- Chaverri, G., y Kunz, T. H. (2006). Roosting Ecology of the Tent-Roosting Bat *Artibeus watsoni* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Southwestern Costa Rica 1. *Biotropica: The Journal of Biology and Conservation*, 38(1), 77-84.
- Emmons, L. H. (1997). Neotropical rainforest mammals: a field guide. Second edition. University of Chicago Press, Chicago.
- Ferreira, D. F., Rocha, R., López-Baucells, A., Farneda, F. Z., Carreiras, J. M., Palmeirim, J. M., y Meyer, C. F. (2017). Season-modulated responses of Neotropical bats to forest fragmentation. *Ecology and evolution*, 7(11), 4059-4071.
- Kries, K., Barros, M. A., Duytschaever, G., Orkin, J. D., Janiak, M. C., Pessoa, D. M., y Melin, A. D. (2018). Colour vision variation in leaf-nosed bats (Phyllostomidae): Links to cave roosting and dietary specialization. *Molecular ecology*, 27(18), 3627-3640.

- Martin, R. E., Pine, R. H., y DeBlase, A. F. (2011). A manual of mammalogy: with keys to families of the world. Waveland Press.
- Heithaus, E. R., Fleming, T. H., y Opler, P. A. (1975). Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. *Ecology*, 56(4), 841-854.
- Medellin, R. A. (2003). Diversity and conservation of bats in Mexico: research priorities, strategies, and actions. *Wildlife Society Bulletin*, 31(1), 87-87.
- Medellín, R. (2016). *Leptonycteris yerbabuena*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T136659A21988965.
<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20161.RLTS.T136659A21988965.en>.
Downloaded on 25 June 2020.
- Brunet, A. K., y Medellín, R. A. (2001). The species–area relationship in bat assemblages of tropical caves. *Journal of Mammalogy*, 82(4), 1114-1122.
- Muñoz-Romo, M., Herrera, E.A. y Kunz, T.H. (2008). Roosting behavior and group stability of the big fruit-eating bat *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mamm Biol* 73, 214–22. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2007.05.013>
- LaVal, R. K. (2004) Impact of Global Warming & Locally Changing Climate on Tropical Cloud Forest Bats, *Journal of Mammalogy*, Volume 85, Issue 2, pp. 237–244.
- Norberg, U. M. y Rayner, J. M. V. (1987) Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 316, 335–427.
- Ortega, J. y Castro-Arellano, (2001). *Artibeus jamaicensis*, *Mammalian Species*, Issue 662, Pages 1–9, <https://doi.org/10.2307/0.662.1>

- Reid, F. A. (1997). A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico. Oxford University Press, New York.
- Russell, F. C. y Wilson D. E. (2006) *Leptonycteris yerbabuenae*, Mammalian Species, Issue 797, 9, 1–7, <https://doi.org/10.1644/797.1>
- Tejedor, A., V. Da C. Tavares y G. Silva-Taboada. (2005). A revision of extant Greater Antillean bats of the genus *Natalus* (Chiroptera: Natalidae). American Museum Novitates, 3493:1-22.
- Teeling, E. C., Madsen, O., Van Den Bussche, R. A., de Jong, W. W., Stanhope, M. J., y Springer, M. S. (2002). Microbat paraphyly and the convergent evolution of a key innovation in Old World rhinolophoid microbats. Proceedings of the National Academy of Sciences, 99(3), 1431-1436.
- Torres-Flores, J. W., López-Wilchis, R., y Soto-Castruita, A. (2012). Dinámica poblacional, selección de secciones de percha y patrones reproductivos de algunos murciélagos cavernícolas en el oeste de México. *Revista de Biología Tropical*, 60(3), 1369-1389.
- Sánchez-Cordero V. (2001). Elevational gradients for bats and rodents. *Global Ecology and Biogeography* 10: 63–76. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822x.2001.00235.x>
- Simmons, N. B. (2005). Order Chiroptera. Pp. 312-529 In: D. E. Wilson and D. M Reeder (Eds.). *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference*. Third edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Smotherman, M., y Guillén-Servent, A. (2008). Doppler-shift compensation behavior by Wagner's mustached bat, *Pteronotus personatus*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(6), 4331-4339.

Stoner K. E. (2005). Phyllostomid bat community structure and abundance in two contrasting tropical dry forest. *Biotropica* 37: 591–599.

Webster, W., y Jones, J. K. (1982). *Artibeus toltecus*. *Mammalian Species*, (178), 1-3.

Capítulo III. New records of bat flies (Diptera: Streblidae) in Oaxaca, Mexico.

Artículo publicado en Revista Mexicana de Biodiversidad

Ecology

New records of bat flies (Diptera: Streblidae) in Oaxaca, Mexico

Nuevos registros de estréblidos (Diptera: Streblidae) en Oaxaca, México

Liliana Tlapaya-Romero ^a, Sergio Ibáñez-Bernal ^{b, *}, Antonio Santos-Moreno ^c

^a Doctorado en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Hornos Núm. 1003, Col. Noche Buena, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, Mexico

^b Red Ambiente y Sustentabilidad, Instituto de Ecología, A.C., Antigua Carretera a Coatepec Núm. 351, El Haya, 91070 Xalapa, Veracruz, Mexico

^c Laboratorio de Ecología Animal, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, Hornos Núm. 1003, Col. Noche Buena, 71230 Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, Mexico

*Corresponding author: sergio.ibanez@inecol.mx (S. Ibáñez-Bernal)

Received: 12 December 2018; accepted: 27 August 2019

Abstract

Species richness and parasitic prevalence of bat flies in a bat cave community in Oaxaca are reported. Between 2016 and 2018, a total of 732 bats were captured and inspected for streblids. We recorded 15 bat species from 3 families and obtained 1,317 streblid specimens corresponding to 24 species and 8 genera, including 19 species that are new records for the state: *Nycterophilina fairchildi* Wenzel, 1966, *Nycterophilina parnelli* Wenzel, 1966, *Metelasmus pseudopterus* Coquillett, 1907, *Strebla guajiro* (García & Casal, 1965), *Strebla wiedemanni* Kolenati, 1856, *Aspidoptera phyllostomatis* (Perty, 1833), *Megistopoda aranea* (Coquillett, 1899), *Megistopoda proxima* (Séguy, 1926), *Paratrachobius longicus* (Miranda-Ribeiro, 1907), *Trichobius bremani* Wenzel, 1966, *Trichobius diphyllae* Wenzel, 1966, *Trichobius galei* Wenzel, 1966, *Trichobius hoffmannae* Guerrero & Morales-Malacara, 1996, *Trichobius johnsonae* Wenzel, 1966, *Trichobius leionotus* Wenzel, 1966, *Trichobius sparsus* Kessel, 1925, *Trichobius sphaeronotus* Jobling, 1939, *Trichobius uniformis* Curran, 1935, and *Trichobius yunkerii* Wenzel, 1966. Bat species with the highest parasite prevalence were *Pteronotus parnellii* (Gray, 1843), *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy, 1810), and *Artibeus jamaicensis* Leach, 1821 with 88.1, 77.5, and 62.3%, respectively. After this study, the number of bat fly species known for the state of Oaxaca increases from 9 to 27, corresponding to 49% of the total Mexican streblid species richness.

Keywords: Bats; Parasitic prevalence; Cave; Diversity

Resumen

Se reporta la riqueza y prevalencia de estréblidos en una comunidad de murciélagos cavernícolas en Oaxaca. Entre el 2016 y 2018, se capturaron y revisaron 732 murciélagos pertenecientes a 15 especies y 3 familias, en los cuales se encontraron 1,317 ejemplares de estréblidos que corresponden a 24 especies y 8 géneros, de las que 19

son registros nuevos para el estado: *Nycterophilia fairchildi* Wenzel, 1966, *Nycterophilia parnelli* Wenzel, 1966, *Metelasmus pseudopterus* Coquillett, 1907, *Strebli guajiro* (García y Casal, 1965), *Strebli wiedemanni* Kolenati, 1856, *Aspidoptera phyllostomatis* (Perty, 1833), *Megistopoda aranea* (Coquillett, 1899), *Megistopoda proxima* (Séguy, 1926), *Paratrachobius longicrus* (Miranda-Ribeiro, 1907), *Trichobius brenmani* Wenzel, 1966, *Trichobius diphyllae* Wenzel, 1966, *Trichobius galei* Wenzel, 1966, *Trichobius hoffmannae* Guerrero y Morales-Malacara, 1996, *Trichobius johnsonae* Wenzel, 1966, *Trichobius leionotus* Wenzel, 1966, *Trichobius sparsus* Kessel, 1925, *Trichobius sphaeronotus* Jobling, 1939, *Trichobius uniformis* Curran, 1935 y *Trichobius yunkerii* Wenzel, 1966. Las especies de murciélagos con mayor prevalencia de estréblidos fueron *Pteronotus parnellii* (Gray, 1843), *Desmodus rotundus* (Geoffroy, 1810) y *Artibeus jamaicensis* Leach, 1821, con 88.1, 77.5 y 62.3%, respectivamente. Con este estudio, el número de especies de estréblidos conocidos en Oaxaca se incrementa de 9 a 27, lo que representa 49% de la riqueza total de estréblidos en México.

Palabras clave: Murciélagos; Prevalencia parasitaria; Cueva; Diversidad

Introduction

Bats are important components of ecosystems and provide critical environmental services for human well-being as pollinators, seed dispersers, and natural regulators of insect pests (Kunz et al., 2011). However, they are recognized as reservoirs of zoonotic pathogens, with more than 80 viruses detected in different groups of bats (Klimpel & Mehlhorn, 2016). They also harbor a variety of endoparasites like bacteria (Bai et al., 2012) such as *Rickettsia* (Dietrich et al., 2016), protozoa and helminths (Lima et al., 2018), as well as arthropod ectoparasites (Hutson, 1972) like mites and ticks (Baker & Craven, 2003), bat bugs (Usinger, 1966), fleas (Hutson, 1972), and bat flies from the families Nycteribiidae and Streblidae, which usually are highly host-specific (Dick, 2007).

Streblidae is a family of dipterans that are obligate parasites of bats (Dick & Patterson, 2006; Patterson et al., 2007; Wenzel et al., 1966). This family comprises 229 species classified in 33 genera and 5 subfamilies (Dick & Gracioli, 2018). Three of these subfamilies are distributed in the New World: Nycterophiliinae (2 genera and 6 species), Trichobiinae (20 genera and 15 species), and Streblinae (4 genera and 35 species; Dick & Miller, 2010).

Currently, a total of 55 species of streblid bat flies have been recorded in Mexico (Colin-Martínez et al., 2018; Cuxim-Koyoc et al., 2016; Whitaker & Morales-Malacara, 2005), this based on regional faunistic studies carried out in different states of the country. The state of Oaxaca is considered megadiverse (Luis-Martínez et al., 2004), ranking second as the state with the highest number of bat species (Briones-Salas et al., 2015) and third in its richness of parasite dipterans (Llorente-Bousquets & Ocegueda, 2008). However, there are only 3 previous reports for the dipteran family Streblidae in Oaxaca, which all together recorded 9 species. Hoffmann

(1944, 1953) reported *Nycterophilia coxata* Ferris, 1916, *Trichobius adamsi* Augustson, 1943, *Trichobius parasiticus* Gervais, 1844, *Strebli mirabilis* (Waterhouse, 1879), and *Paraeuctenodes longipes* Pessôa & Guimarães, 1937. Guerrero & Morales-Malacara (1996) reported 4 additional species: *Aspidoptera delatorrei* Wenzel, 1966, *Nycterophilia mormoopsis* Wenzel, 1976, *Trichobius joblingi* Wenzel, 1966, and *Speiseria ambigua* Kessel, 1925. This shows the lack of studies and knowledge on the streblids for this Mexican state.

The goal of this report is therefore to provide data on the streblid flies species found in bats that occur in the coastal area of Oaxaca. Good knowledge of the streblid fauna and their hosts is needed to conduct studies on parasite-host relationships that would help understand their ecological importance.

Materials and methods

This work was conducted in the cave “Cerro Huatulco” found in the municipality of Santa María Huatulco, in the state of Oaxaca, Mexico (15°50'59.70" N, 96°21'3.90" S). The cave is located 4.1 km NE of the municipal capital of Santa María Huatulco. It is found at 450 m asl, surrounded by patches of tropical forest with medium-sized semideciduous trees, shade coffee plantations, and grasslands. Climate is predominantly warm-subhumid, with abundant rainfall in the summer. Annual temperature ranges between 19.5 °C and 33 °C, while mean humidity ranges from 52% in the dry season and 100% in the rainy season. Annual precipitation fluctuates between 2,300 and 3,500 mm (García, 1988). There are no previous studies in this site. The cave gives shelter to at least 15 bat species, with 3 of them having populations that can reach thousands of individuals (personal observation).

Sampling of bats was carried out from July 2016 to June 2018, during 2 nights each month. Bats were captured

using 2 mist nets (6 × 2.5 m) placed 20 m away from the cave entrance. One net was hung parallel and the other perpendicular to the cave entrance. Mist nets were opened at 19:00 hrs after the most abundant bat colony emerged (of about 10,000 individuals) and were closed the next morning at 06:00 a.m. During this time, bats were caught quickly, handling each bat separately in its own bag to avoid injuries, streblid escape, and parasite contamination between individuals. Bags were washed prior to being used. Bats were identified with the field guide by Medellín et al. (2008) and were released at their capture site.

Each captured bat was examined over a white background with an eyebrow brush soaked with ethanol gel. Ectoparasites were collected with soft forceps and placed in Eppendorf tubes with 75% ethanol. Each sample was labeled with the bat host species and the individual's identification number (e.g., *Pteronotus parnellii* # 1.Pp01). At the laboratory, streblids were examined under a stereoscopic microscope Nikon SMZ 800N and were identified using the taxonomic keys by Wenzel et al. (1966) and Wenzel (1976), complemented with other published references, as was the case for *Trichobius hoffmanae* Guerrero and Morales-Malacara (1996). The examined material was deposited in the Insect Collection of the Instituto de Ecología, A.C. (IEXA), Xalapa, Veracruz, Mexico.

Prevalence was estimated as the number of hosts infested with 1 or more individuals of bat flies divided by the total number of host species examined, expressed as a percentage (Bush et al., 1997).

Results

A total of 732 individuals of 15 species of bats were captured, corresponding to the families Phyllostomidae (10 spp.), Mormoopidae (4 spp.), and Natalidae (1 sp.). A total of 52.6% of the bats carried 1 or more streblid species, totalling 1,317 streblid specimens belonging to 24 species and 8 genera (Table 1).

The following list is organized by subfamily, genus, and species in alphabetical order. We include the primary references of valid genera and species and their synonyms if they exist, the examined material, relevant information of the taxa including previous records in Mexico, reported hosts, found parasitic prevalence, general streblid sex proportion and an account of the geographic distribution by country and by Mexican state.

Subfamily Nycterophiliinae Wenzel, 1966
Nycterophiliinae Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 430. Type genus: *Nycterophilina* Ferris, 1916. Additional reference: Sabrosky, 1999: 217.

There are 2 genera of Nycterophiliinae, *Phalconomus* Wenzel, 1976, with 1 known species found in Venezuela (Wenzel, 1976), and *Nycterophilina* Ferris, 1916, with 6 described species (Dick, 2013; Reeves et al., 2013) with wider distribution in the Neotropics, including Mexico.

Genus *Nycterophilina* Ferris, 1916

Nycterophilina Ferris, 1916: 436. Type species: *Nycterophilina coxata* Ferris, 1916, by original designation.

Six species of this genus have been described (Reeves et al., 2013), 5 of them recorded in Mexico. The following species were found in the present study.

Nycterophilina coxata Ferris, 1916

Nycterophilina coxata Ferris, 1916: 437, fig. 5, pl. 22, fig. 6. Type locality: USA, California, Santa Margherita River, ex *Macrotus californicus* (Baird, 1858). Additional references: Guerrero, 1993: 67.

Material examined. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016, 5♂, 2♀ (ex *Pteronotus personatus* J. A. Wagner, 1843 ♂); 30.IX.2016, 1♂, 1♀ (ex *P. personatus* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. In Mexico, *N. coxata* has been recorded in 12 states, on *Artibeus jamaicensis* Leach, 1821, *Desmodus rotundus* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1810), *Glossophaga soricina* (Pallas, 1766), *Leptonycteris curasoae* Lydekker, 1891, *L. nivalis* (de Sausurre, 1860), *L. yerbabuena* Martínez and Villa, 1940, *M. californicus*, *M. waterhousii* Gray, 1843, *Mormoops megalophylla* (Peters, 1864), *Natalus stramineus* Gray, 1838, *Pteronotus mesoamericanus* Smith, 1972, *P. davyi* (Thomas, 1892), *P. parnellii* (Gray, 1843), and *P. personatus*. In this study, *N. coxata* was poorly represented, as we only found it on 2 individuals of *P. personatus*.

Known distribution. USA, Mexico [(Baja California, Colima, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Tamaulipas (Wenzel, 1970; Wenzel, 1976), Veracruz (Ryckman, 1956), Chiapas, Puebla, Yucatán (Guerrero & Morales-Malacara, 1996), and Jalisco (Ramírez et al., 2016)], Honduras (Dick, 2013), Colombia, Venezuela (Wenzel, 1976), and the Caribbean islands (Guerrero, 1993).

Nycterophilina fairchildi Wenzel, 1966

Nycterophilina fairchildi Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 436. Type locality: Panama, Coclé, Penonomé caves, ex *Pteronotus suapurensis* (Allen) (= *Pteronotus gymnotus* Natterer, 1843).

Material examined. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 7.XI.2017, 1♂ (ex *G. soricina* ♀); 30.IX.2016, 1♂ (ex *G. soricina* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Table 1

Bats captured and streblid species found in Cerro Huatulco cave. N = Number of specimens, I = infested individuals, PP = parasitic prevalence (percentage of parasitized hosts). * = Prevalence not calculated due to the small number of bats captured.

Host	Bats			Streblidae		
	N	I	PP (%)	Species	PP (%)	N
<i>Artibeus jamaicensis</i>	77	48	62.3	<i>Aspidoptera phyllostomatis</i>	24.7	26
				<i>Megistopoda aranea</i>	25.9	33
				<i>Metelasmus pseudopterus</i>	11.7	15
				<i>Trichobius brennani</i>	44.1	106
* <i>Artibeus lituratus</i>	4	4	-	<i>Paratrachobius longicrus</i>	-	2
				<i>Trichobius brennani</i>	-	2
<i>Dermanura phaeotis</i>	1	0	-	-	-	-
<i>Dermanura tolteca</i>	2	0	-	-	-	-
<i>Dermanura watsoni</i>	1	0	-	-	-	-
* <i>Carollia subrufa</i>	1	1	-	<i>Strebla guajiro</i>	-	4
				<i>Trichobius joblingi</i>	-	2
* <i>Sturnira hondurensis</i>	3	3	-	<i>Aspidoptera delatorrei</i>	-	6
				<i>Megistopoda proxima</i>	-	1
<i>Desmodus rotundus</i>	40	31	77.5	<i>Strebla wiedemanni</i>	45	41
				<i>Trichobius parasiticus</i>	67.5	236
<i>Glossophaga soricina</i>	438	233	53.2	<i>Paraeuctenodes longipes</i>	1.8	8
				<i>Strebla guajiro</i>	4.3	20
				<i>Trichobius diphyllae</i>	34.5	257
				<i>Trichobius parasiticus</i>	0.2	1
				<i>Trichobius uniformis</i>	29.6	199
				<i>Nycterophilia fairchildi</i>	0.4	2
<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	5	4	80	<i>Nycterophilia parnelli</i>	40	6
				<i>Trichobius sphaeronotus</i>	40	3
<i>Natalus mexicanus</i>	3	1	33.3	<i>Trichobius galei</i>	33.3	3
<i>Mormoops megalophylla</i>	18	4	22.2	<i>Nycterophilia parnelli</i>	5.5	3
				<i>Trichobius yunkerii</i>	5.5	5
				<i>Trichobius leionotus</i>	11.1	6
				<i>Trichobius hoffmannae</i>	20.8	73
				<i>Trichobius johnsonae</i>	7.3	9
<i>Pteronotus davyi</i>	96	23	23.9	<i>Nycterophilia parnelli</i>	3.1	3
				<i>Trichobius diphyllae</i>	1	1
				<i>Trichobius hoffmannae</i>	20.8	73
				<i>Trichobius johnsonae</i>	7.3	9
<i>Pteronotus parnellii</i>	37	30	88.1	<i>Nycterophilia parnelli</i>	54	59
				<i>Trichobius hoffmannae</i>	2.7	2
				<i>Trichobius yunkerii</i>	64.9	174
				<i>Trichobius sparsus</i>	2.7	1
				<i>Trichobius uniformis</i>	2.7	1
<i>Pteronotus personatus</i>	6	3	50	<i>Nycterophilia coxata</i>	33.3	9
				<i>Trichobius yunkerii</i>	16.7	1
				<i>Trichobius johnsonae</i>	16.7	1
Total	732	385				1,317

Comments. *Nycterophilia fairchildi* is currently known to be distributed in the Mexican states of Sinaloa (Wenzel, 1970), Veracruz, and Jalisco (Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Ramírez et al., 2016), being found on *P. gymnonotus*, *P. davyi*, *P. parnellii*, *P. personatus*, *M. megalophylla*, *N. stramineus*, and *Sturnira parvidens* Goldman, 1917. This is the first record of *N. fairchildi* in the state of Oaxaca, Mexico.

Known distribution. Mexico (see state records in comments), Guatemala, Panama, Colombia, and Venezuela (Guerrero, 1993).

Nycterophilia parnellii Wenzel, 1966

Nycterophilia parnellii Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 434. Type locality: Panama, Canal zone, Paraiso, ex *Pteronotus parnellii fuscus* J. A. Allen, 1911 (= *Pteronotus parnellii*).

Material examined. 72 specimens on 25 hosts of 4 bat species. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016, 4♂, 6♀ (ex *P. parnellii* 4♂, 1♀); 23.VII.2016, 1♂ (ex *P. davyi* ♂); 22.VIII.2016, 1♂ (ex *P. davyi* ♂); 22.VIII.2016, 4♂, 1♀ (ex *P. parnellii* ♂, ♀); 22.XI.2016, 3♂, 1♀ (ex *L. yerbabuena* ♀); 23.XI.2016, 1♂, 1♀ (ex *L. yerbabuena* ♀); 15.XII.16, 1♀, 1 non sexed (ex *P. parnellii* ♂, 1 non sexed); 13.II.2017, 1♂, 1♀ (ex *P. parnellii* ♂); 10.V.2017, 3♂ (ex *M. megalophylla* ♀); 22.VI.2017, 1♂ (ex *P. parnellii* ♀); 23.VI.2017, 18♂, 8♀ (ex *P. parnellii* 5♀); 2.VIII.2017, 2♂ (ex *P. parnellii* ♀); 17.I.2018, 3♂, 2♀ (ex *P. parnellii* ♂); 18.I.2018, 1♂ (ex *P. davyi* ♂); 11.V.2018, 1♂ (ex *P. parnellii* ♂); 18.VI.2018, 2♂, 4♀ (ex *P. parnellii* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. Mexican records of this species were found on the following hosts: *Balantiopteryx plicata* (Peters, 1867), *Natalus mexicanus* Miller, 1902, *N. stramineus*, and *P. parnellii* (Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Ramírez et al., 2016; Wenzel, 1970; Wenzel, 1976). In the present study *N. parnellii* was found on *L. yerbabuena*, *M. megalophylla*, *P. davyi*, *P. parnellii*, and *P. personatus*. Parasitic prevalence and sex proportion were different depending on the host; for *L. yerbabuena* it was 40% while female: male proportion was 2:4, for *M. megalophylla* there was 5.5% prevalence and only 3 males were recorded. For *P. davyi* the parasitic prevalence was 4%, with only males recorded, for *P. parnellii* the parasite prevalence was 54% with a female: male proportion of 23:36, and for *P. personatus* the parasitic prevalence was 16.6% with a female: male proportion of 2:5.

Known distribution. Mexico (Colima, Guerrero, Sinaloa, Yucatán (Wenzel, 1970; Wenzel 1976), Chiapas, Jalisco, Puebla, Veracruz (Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Ramírez et al., 2016), Guatemala, Nicaragua, Panama, Colombia, and Venezuela (Wenzel, 1970; Wenzel, 1976).

Subfamily Streblinae Kolenati, 1863

Streblinae Kolenati, 1863: 90, 103. Type genus: *Strebla* Wiedemann, 1824. Additional references: Sabrosky, 1999: 292.

Some taxonomic publications on Streblidae mentioned Speiser (1900) as the author of this group. Nevertheless, Sabrosky (1999) states that Kolenati (1863) was the first to use the group epithet based on the genus type *Strebla* Wiedemann, with *Hippobosca vespertilionis* Fabricius, 1805 as type, later suppressed by the International Commission on Zoological Nomenclature (1936), corresponding to *Strebla wiedemanni* Kolenati, 1856 (see also Dick et al., 2016). Currently, this subfamily comprises 4 genera: *Anastrebla* Wenzel, 1966, *Metelasmus* Coquillett, 1907, *Paraeuctenodes* Pessôa & Guimarães, 1937, and *Strebla* Wiedemann, 1824, 3 of them represented at least by 1 species in the present inventory.

Genus *Metelasmus* Coquillett, 1907

Metelasmus Coquillett, 1907: 292. Type species: *Metelasmus pseudoapterus* Coquillett, by original designation.

Syn. *Lemosia* Pessôa & Galvão, 1936: 243. Type species: *Lemosia setosa* Pessôa & Galvão, by original designation. Additional references: Jobling, 1939: 494, as a synonym of *Metelasmus*.

Two species of *Metelasmus* have been described, but at least 1 other from Guatemala is known (Dick, 2013). *Metelasmus wenzeli* Graciolli & Dick (2004) occurs in Paraguay and southern Brazil (Graciolli & Dick, 2004). In Mexico, the following species have been reported.

Metelasmus pseudoapterus Coquillett, 1907

Metelasmus pseudoapterus Coquillett, 1907: 292, by original designation. Type locality: Paraguay, Sapucay, on *Artibeus lituratus* Olfers, 1818.

Syn. *Lemosia setosa* Pessôa & Galvão, 1936: 244, by original designation. Type locality: Brazil, São Paulo, M'ogi das Cruzes.

Material examined. 15 specimens on 9 bat species. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco: 22.VII.2016, 1♂ (ex *A. jamaicensis* ♂); 23.VII.2016, 2♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 12.II.2017, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 21.III.2017, 1♂, 6♀ (ex *A. jamaicensis* 2♂); 22.VI.2017, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♀); 2.X.2017, 1♂ (ex *A. jamaicensis* ♀); 17.I.2018, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 16.II.2018, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments and known distribution. Hoffmann (1944) reported *Metelasmus pseudoapterus* for the first time in Mexico, in the state of San Luis Potosí. Since then, this species has been reported in Jalisco, Yucatán and

Chiapas (Colín-Martínez et al., 2018; Cuxim-Koyoc et al., 2015; Lira-Olguín et al., 2015; Ramírez et al., 2016; Tlapaya-Romero et al., 2015; Wenzel, 1970). In nearly all cases, *M. pseudopterus* has been found parasitizing *A. jamaicensis*, except for Tlapaya-Romero et al. (2015), who also reported *Diphylla ecaudata* Spix, 1823, *Dermanura tolteca* (de Saussure, 1860), *S. parvidens*, and *Sturnira hondurensis* Goodwin, 1940 as host species. According to Wenzel et al. (1966), *M. pseudopterus* seems to be a specialist of Stenodermatinae bats, especially those from the genus *Artibeus*, and in the present work we only found the species on *A. jamaicensis*. This streblid species was not known for Oaxaca, so this is the first report of *M. pseudopterus* in this Mexican state. Prevalence of *M. pseudopterus* was 10.4%, with a female: male sex ratio of 11:4.

Genus *Paraeuctenodes* Pessôa & Guimarães, 1937
Paraeuctenodes Pessôa & Guimarães, 1937: 257. Type species: *Paraeuctenodes longipes* Pessôa & Guimarães, 1937, by original designation.

This genus has 2 described species. *Paraeuctenodes similis* Wenzel, 1976, is known in Brazil, Colombia, and Venezuela (Guerrero, 1996), and *P. longipes* Pessôa & Guimarães, 1937, with a wider distribution in the Neotropics including Mexico.

Paraeuctenodes longipes Pessôa & Guimarães, 1937
Paraeuctenodes longipes Pessôa & Guimarães, 1937: 258. Type locality: Brazil, São Paulo, Ipiranga, ex *Lonchoglossa ecaudata* (= *Anoura caudifer* E. Geoffroy St.-Hilaire).

Material examined. 8 specimens on 8 bat individuals. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 30.IX.2016, 1♀ (ex *G. soricina* ♀); 23.XI.2016, 1♀ (ex *G. soricina* ♂); 15.XII.2016, 1♀ (ex *G. soricina* ♂); 15.I.2017, 1♀ (ex *G. soricina* ♂); 16.I.2016, 1♀ (ex *G. soricina* ♂); 13.II.2017, 1♂ (ex *G. soricina* ♀); 14.II.2017, 1♀ (ex *G. soricina* ♀); 17.II.2018, 1♀ (ex *G. soricina* ♂), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments and known distribution. Mexican records of *P. longipes* by Hoffmann (1944) are from a site on the border between Veracruz and Oaxaca, obtained from *G. soricina*, *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758), and *S. parvidens*. Wenzel et al. (1966) mentioned a few specimens from Guatemala, and Wenzel (1970) reported it in Nicaragua. More recently, Dick (2013) recorded this species in Honduras. In this work, *P. longipes* was found parasitizing *G. soricina*, with a prevalence of 1.8%, for a total of 8 bat fly specimens in 438 bats, with a female: male proportion of 7:1.

Genus *Strebla* Wiedemann, 1824

Strebla Wiedemann, 1824: 19. Type species: *Hippobosca vespertilionis* Fabricius, 1805, by monotypy (= *Strebla wiedemanni* Kolenati, 1856).

Syn. *Euctenodes* Waterhouse, 1879: 310. Type species: *Euctenodes mirabilis* Waterhouse, by monotypy.

The genus *Strebla* currently includes 25 species, being the genus with the second highest species richness, only surpassed by *Trichobius* Gervais (Dick, 2013). Of all the species described, 9 have been recorded in Mexico, although *Strebla mexicana* Rondani, 1878, is unrecognizable.

Strebla guajiro (García & Casal, 1965)

Euctenodes guajiro García & Casal, 1965: 14. Type locality: Venezuela, Aragua, Campamento Rangel.

Syn. *Strebla carolliae* Wenzel, 1966: 619. Type locality: Panama, Canal Zone, Fort Davis, ex *Carollia perspicillata azteca* de Saussure, 1860.

Material examined. 24 specimens on 19 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco Cueva Cerro Huatulco, 15.XII.2016, 1♂ (ex *G. soricina* ♂); 15.I.2017, 1♂ (ex *G. soricina* ♀); 14.II.2017, 1♂, 2♀ (ex *G. soricina* ♂, 2♀); 10.V.2017, 1♂, 1♀ (ex *G. soricina* 2♀); 11.V.2017, 2♂, 2♀ (ex *G. soricina* ♂, 2♀); 8.XI.2017, 2♂, 2♀ (ex *C. subrufa* ♀); 1.XII.2017, 1♂ (ex *G. soricina* ♂); 18.I.2018, 1♀ (ex *G. soricina* ♂); 9.IV.2018, 1♀ (ex *G. soricina* ♂); 11.V.2018, 1♂, 2♀ (ex *G. soricina* 2♂, ♀); 18.VI.2018, 1♂, 2♀ (ex *G. soricina* ♀, ♂), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. In Mexico, this species was reported in Chiapas as *Strebla carolliae* by Wenzel (1970). Recently, *S. guajiro* was confirmed in the same state on *Carollia sowelli* Baker, Solari & Hoffmann, 2002 (Colín-Martínez et al., 2018). In this work, we present the first report of *S. guajiro* in Oaxaca, parasitizing 2 host species, *G. soricina* and *Carollia subrufa* (Hahn, 1905). Parasite prevalence was 4.3%, and female: male proportion was 11: 9 for *G. soricina*, while for *C. subrufa* the parasitic prevalence and female: male proportion were 100% and 1:1, respectively.

Known distribution. Mexico (Chiapas) (Guerrero, 1996), Honduras (Dick, 2013), El Salvador, Trinidad, Panama, Venezuela, Peru, Brazil (Wenzel, 1976), Colombia, Guyana, Surinam (Guerrero, 1996).

Strebla wiedemanni Kolenati, 1856

Hippobosca vespertilionis Fabricius, 1805: 339, suppressed by the International Commission on Zoological Nomenclature, 1936: 46.

Strebla wiedemanni Kolenati, 1856: 46, nom. nov. for *H. vespertilionis* Fabricius.

Material examined. 41 specimens on 18 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco Cueva Cerro Huatulco, 22.VII.2016, 3♂ (ex *D. rotundus* ♂) 23.VII.2016, 4♂, 3♀ (ex *D. rotundus* 2♂, 2♀); 21.VIII.2016, 1♂, 1♀ (ex *D.*

rotundus ♂); 22.VIII.2016, 8♂, 5♀ (ex *D. rotundus* 4♂); 21.XI.2016, 1♀ (ex *D. rotundus* ♀); 20.III.2017, 3♂ (ex *D. rotundus* ♂); 10.V.2017, 1♂, 1♀ (ex *D. rotundus* ♀); 2.VIII.2017, 4♂, 2♀ (ex *D. rotundus* 2♀); 17.I.2018, 1♀ (ex *D. rotundus* ♀), 9.IV.2018, 2♂, 1♀ (ex *D. rotundus* 2♂), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments and known distribution. *Strebli wiedemanni* was reported for the first time in Mexico by Hoffmann (1944; 1953) in Chiapas, Yucatán and the state of Mexico, found on *Anoura geoffroyi* Gray, 1838, *S. parvidens*, and *Platyrrhinus helleri* (Peters, 1866). More recently, it has been recorded on *D. rotundus* (Cuxim-Koyoc et al., 2015; Lira-Olguín et al., 2015), as reported by Wenzel et al. (1966), who mentioned that 96% of the specimens were obtained from *D. rotundus*. In this study, *S. wiedemanni* was only found parasitizing *D. rotundus*, its principal host, although it can be found on other occasional hosts. In this work, parasitic prevalence was 45% and the female: male proportion was 15:26. This constitutes the first report of the species for the state of Oaxaca, Mexico.

Subfamily Trichobiinae Kishida, 1931

Trichobiinae Kishida, 1932: 84, 88. Type genus: *Trichobius* Gervais, 1844. Additional references: Sabrosky, 1999: 312.

Subfamily authorship had been given to Jobling (1936), but Sabrosky (1999) indicated that Kishida (1932) was the first who recognize this group. This subfamily is the most diverse of the Streblidae, represented by 20 genera including the recently recognized genus *Megistapophysis* Dick & Wenzel (2006).

Genus *Aspidoptera* Coquillett, 1899

Aspidoptera Coquillett, 1899: 334. Type species: *Aspidoptera busckii* Coquillett, 1899, by original designation (= *Aspidoptera phyllostomatis* (Perty)).

Syn. *Lepopteryx* Speiser, 1900: 42, 53. Type species: *Lipoptena phyllostomatis* Perty, 1833. Synonym by Speiser, 1907: 104.

Aspidoptera includes 3 species restricted to Stenodermatinae (Phyllostomidae) bats (Dick, 2013), of which *A. falcata* was not recorded in Mexico before this work.

Aspidoptera phyllostomatis (Perty, 1833)

Lipoptena phyllostomatis Perty, 1833: 190, pl. 37, fig. 16. Type locality: "Brazil".

Aspidoptera phyllostomatis (Perty): Speiser, 1900: 153.

Syn. *Aspidoptera busckii* Coquillett, 1899: 335. Type locality: Puerto Rico, Bayamon, from *Artibeus* sp., synonym by Speiser, 1900: 153. Additional references: Wenzel et al., 1966: 555 (resurrected); Wenzel, 1976: 107 (as synonym of *A. phyllostomatis*).

Material examined. 26 specimens on 19 host individuals. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 22.VII.2016, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 23.VII.2016, 3♂, 4♀ (ex *A. jamaicensis* 3♀, 2 non sexed); 12.II.2017, 2♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 13.II.2017, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 21.III.2017, 2♂, 3♀ (ex *A. jamaicensis* 3♂, 2♀); 22.VI.2017, 1♂, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♀); 2.VIII.2017, 1♂ (ex *A. jamaicensis* ♀); 2.X.2017, 2♀ (ex *A. jamaicensis* ♂, ♀); 1.XII.2017, 1♂, 3♀ (ex *A. jamaicensis* ♀); 11.V.2018, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Aspidoptera phyllostomatis* was reported as *A. busckii* for various localities of Mexico (not specified) by Wenzel et al. (1966). It was also reported for Jalisco, Mexico as *A. buscki* (sic!) by Wenzel (1977), and was later recorded (without indication of the precise locality) by Webb and Loomis (1977) on *A. jamaicensis* (Whitaker & Morales-Malacara, 2005), and Ramirez et al. (2016) confirmed its presence in the state of Jalisco. This is the first report of *A. phyllostomatis* for the state of Oaxaca, Mexico. It was found on *A. jamaicensis* with a prevalence of 24.7%, and sex proportion of 18 females: 8 males.

Known distribution. Mexico (Jalisco and Oaxaca), Cuba, Puerto Rico, Guatemala, Honduras, Costa Rica, Panama, Colombia, Venezuela, and Brazil (Dick, 2013; Wenzel et al., 1966; Wenzel, 1970, 1976).

Aspidoptera delatorrei Wenzel, 1966

Aspidoptera delatorrei Wenzel, in Wenzel et al., 1966: 557. Type locality: Panama, Guánico, Los Santos, ex *Sturnira lilium parvidens*.

Material examined. 6 specimens on 3 hosts. MEXICO, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 21.XI.2016, 2♂, 1♀ (ex *S. hondurensis* ♀); 14.XII.2016, 2♀ (ex *S. hondurensis* ♂); 8.XI.2017, 1♀ (ex *S. hondurensis* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Aspidoptera delatorrei* was first found in Mexico in the state of Jalisco by Wenzel et al. (1966). Later, it was reported in Chiapas, Oaxaca, Jalisco, Veracruz, and Yucatán (Colin-Martínez et al., 2018; Cuxim-Koyoc et al., 2015, 2016; Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Ramírez et al., 2016; Wenzel, 1970). In these studies, *A. delatorrei* was commonly found on *S. parvidens* and *S. hondurensis*, but in other reports it was found on *A. jamaicensis* (Ramírez et al., 2016). In Michoacán, this species was found on *S. hondurensis* and *A. geoffroyi* (Trujillo-Pahua & Ibáñez-Bernal, 2019). Wenzel et al. (1966) mentioned *S. parvidens* as the main host, but unexpectedly it was also found on *C. perspicillata*. In this work *A. delatorrei* was found on *S. hondurensis* with prevalence of 100% and a female-male proportion of 4:2.

Known distribution. Mexico (Chiapas, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Veracruz, and Yucatán), Guatemala, Nicaragua, Panama, Colombia, and Venezuela (Cuxim-Koyoc et al., 2015, 2016; Dick, 2006; Ramírez et al., 2016; Trujillo-Pahua & Ibáñez-Bernal, 2019; Wenzel, 1970, 1976; Wenzel et al., 1966).

Genus *Megistopoda* Macquart, 1852

Megistopoda Macquart, 1852: 332. Type species: *Megistopoda pilatei* Macquart, by monotypy (= *Megistopoda aranea* Coquillett, according with Wenzel et al., 1966: 542).

Syn. *Pterellipsis* Coquillett, 1899: 333. Type species: *Pterellipsis aranea* Coquillett, 1899, by subsequent designation of Coquillett, 1910: 597).

Megistopoda includes 3 species, but the high morphological variation and difficulty in differentiating *M. proxima* (Séguy) from *M. theodori* Wenzel, highlights their taxonomic reevaluation (Dick, 2013).

Megistopoda aranea (Coquillett, 1899)

Pterellipsis aranea Coquillett, 1899: 334. Type locality: Jamaica, ex undetermined bats.

Syn. *Megistopoda desiderata* Speiser, 1900a: 57, pl. 3, figs. 6-8. Type locality: Brazil, Cuba, with no specific localities, ex. *Phyllostoma* sp.; Speiser 1900b: 154, as synonym of *P. aranea* Coquillett.

Material examined. 33 specimens on 20 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016, 1♂, 9♀ (ex *A. jamaicensis* 2♀, 2 not sexed); 21.VIII.2016, 2♂, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂, ♀); 14.I.2017, 1♂ (ex *A. jamaicensis* ♂); 21.III.2017, 3♀ (ex *A. jamaicensis* 3♀); 11.V.2017, 1♂, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♀); 22.VI.2017, 1♂, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♀); 23.VI.2017, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 2.VIII.2017, 3♂, 3♀ (ex *A. jamaicensis* 2♂, ♀); 2.X.2017, 2♂ (ex *A. jamaicensis* 2♀); 1.XII.2017, 1♂ (ex *A. jamaicensis* ♀); 11.V.2018, 2♂ (ex *A. jamaicensis* 2♂), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. Hoffmann (1953) reported *M. aranea* for the first time in Yucatán, Mexico. Since then, this species has been found in other states including Campeche, Chiapas, and San Luis Potosí (Colín-Martínez et al., 2018; Cuxim-Koyoc et al., 2015; Hoffmann, 1953; Lira-Olguín et al., 2015; Tlapaya-Romero et al., 2015). In all the Mexican states, *M. aranea* was found parasitizing *A. jamaicensis*, and occasionally *A. lituratus* (Wenzel, 1976). This species was previously unknown for Oaxaca, making this the first report for this state. The parasitic prevalence found was 25.9%, and the female: male ratio was 19:14.

Known distribution. Mexico (Campeche, Chiapas, San Luis Potosí, Tabasco, Veracruz, and Yucatán, see

references above), Central America and Honduras on *A. jamaicensis* and *A. planirostris* (Spix, 1823) (Dick, 2013); Panama and Venezuela on *A. jamaicensis* (Wenzel, 1966); Paraguay on *A. fimbriatus* Gray, 1838 (Dick, 2006); Greater and Lesser Antilles, Trinidad and Tobago (Wenzel, 1970), Brazil, Peru, Paraguay (Wenzel, 1970, Wenzel, 1976), Bolivia (Guerrero, 1994); in Brazil it was also recorded on *A. planirostris*, *A. lituratus*, and as a rare record on *Carollia perspicillata* (Linnaeus, 1758) (Urbietta et al., 2014).

Megistopoda proxima (Séguy, 1926)

Pterellipsis proxima Séguy, 1926: 194. Type locality: Argentina, Misiones, environs of San Ignacio, Villa Lutecia, on an unidentified bat.

Material examined. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 21.XI.2016, 1♀ (ex *S. hondurensis* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Megistopoda proxima* was first reported in Mexico in the states of Chiapas and Jalisco (Wenzel, 1970), and later in Jalisco, Veracruz, and Yucatán (Cuxim-Koyoc et al., 2015, 2016; Ramírez et al., 2016). This species has been found on *C. sowersi*, *N. mexicanus*, *S. parvidens*, and *S. hondurensis* (Colín-Martínez et al., 2018; Cuxim-Koyoc et al., 2015, 2016; Ramírez et al., 2016; Wenzel, 1970). In our samples, we only observed 1 specimen of *M. proxima* parasitizing 1 of 3 specimens of *S. hondurensis*, despite that Wenzel (1966) mentioned that it is restricted to *S. parvidens* (= *S. lilium*). We are not aware of any previous record of this species in Oaxaca, making it the first for the state.

Known distribution. Mexico (Chiapas, Jalisco, Oaxaca, Veracruz), Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panama, south of Peru, Paraguay, Brazil, Argentina (Wenzel, 1970), Cuba, Dominica, Martinique, and Uruguay (Guerrero, 1994, 1996; Hoffmann, 1944).

Genus *Paratrichobius* Costa Lima, 1921

Paratrichobius Costa Lima, 1921: 20. Type species: *Trichobius longicrus* Miranda-Ribeiro, by original designation.

Currently, there are 6 described species for this genus, but there are problems with the definition of its species limits (Dick, 2013). In Mexico, only 1 species has been recorded.

Paratrichobius longicrus (Miranda-Ribeiro, 1907)

Trichobius longicrus Miranda-Ribeiro, 1907: 236. Type locality: Brazil, Guanabara, Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista, ex *A. jamaicensis*.

Paratrichobius longicrus (Miranda-Ribeiro) of Costa Lima, 1921: 20.

Material examined. 2 specimens in 2 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco. 15.I.2017, 1♂ (ex *A. lituratus* ♀); 17.I.2018, 1♂ (ex *A. lituratus* ♂), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. In Mexico, *P. longicrus* was first reported in Chiapas (Kuns & Tashian, 1954), and later in the states of Jalisco, San Luis Potosí, and Tlaxcala. Host species reported for Mexico are *A. jamaicensis*, *A. lituratus*, *Dermanura azteca* (Andersen, 1906), and *Enchisthenes hartii* (Thomas, 1892) (Colín-Martínez et al., 2018; Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Kuns & Tashian, 1954; Ramírez et al., 2016; Wenzel, 1970). In the present study we report this species for the first time in Oaxaca, with a parasitic prevalence of 50% and a female: male sex proportion of 1:1. All specimens were found on *A. lituratus*.

Known distribution. Mexico (Chiapas, Oaxaca, San Luis Potosí, Tlaxcala) (Guerrero & Morales-Malacara 1996; Wenzel, 1970), Central America, Honduras (Dick, 2013), Venezuela, Brazil, Peru (Wenzel, 1970), and Bolivia (Guerrero, 1994).

Genus *Trichobius* Gervais, 1844

Trichobius Gervais, 1844: 14. Type species: *Trichobius parasiticus* Gervais, 1844, by monotypy.

Syn. *Kolenatia* Rondani, 1878: 169. Type species: *Strebila wiedemanni* Kolenati, 1863 (not Kolenati, 1856), by original designation.

Syn. *Kesselia* Curran, 1934: 522. Type species: *Kesselia pallida* Curran, 1934, by original designation.

Trichobius is the most diverse streblid genus with 68 described species (Dick, 2013). In Mexico, 24 species have been recorded (Trujillo-Pahua & Ibáñez-Bernal, 2019), of which only 3 were known for Oaxaca. We report the occurrence of the following 12 species.

Trichobius brennani Wenzel, 1966

Trichobius brennani Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 497. Type locality: Panama, Chiriquí, near Cerro Punta, casa Tilley, ex *Sturmira ludovici* Anthony, 1924.

Material examined. 106 specimens on 35 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco: 22.VII.2016, 5♂, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 23.VII.2016, 20♂, 16♀ (ex *A. jamaicensis* 3♂, 7♀); 21.VIII.2016, 3♂, 4♀ (ex *A. jamaicensis* ♂, ♀); 21.X.2016, 1♀ (ex *A. lituratus* ♂); 14.I.2017, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 2.II.2017, 6♂, 6♀ (ex *A. jamaicensis* 4♂); 12.II.2017, 1♀ (ex *A. lituratus* ♂); 13.II.2017, 3♂, 3♀ (ex *A. jamaicensis* ♂); 10.V.2017, 4♂, 2♀ (ex *A. jamaicensis* 2♂); 22.VI.2017, 5♂, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♀), 2.VIII.2017, 3♀ (ex *A. jamaicensis* 2♂, ♀); 2.X.2017, 7♂, 1♀ (ex *A. jamaicensis* ♂, 3♀); 17.I.2018, 2♂ (ex *A.*

jamaicensis ♀); 11.V.2018, 3♂, 7♀ (ex *A. jamaicensis* 3♂), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments and known distribution. *Trichobius brennani* was recently recorded in Mexico, with specimens found on 1 individual of *S. hondurensis* in the state of Veracruz (Cuxim-Koyoc et al., 2016), and in the same bat species in Michoacán (Trujillo-Pahua & Ibáñez-Bernal, 2019). In accordance with Wenzel et al. (1966) this species is apparently restricted to *Artibeus* and *Sturmira* bats. This is the first time the species is recorded in the state of Oaxaca. We found *T. brennani* on *A. jamaicensis*, and *A. lituratus*. In *A. jamaicensis*, the parasitic prevalence of *T. brennani* was 44.1%, with a female: male proportion of 45:59. In the case of *A. lituratus* this species had a parasitic prevalence of 100%, but only 2 females were obtained.

Trichobius diphyllae Wenzel, 1966

Trichobius diphyllae Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 492. Type locality: Guatemala, Jalapa, San Lorenzo, 4 miles northeast of Volcan Jumay, ex *Diphylla ecaudata centralis*.

Material examined. 258 specimens on 157 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016, 1♂ (ex *G. soricina* ♀); 30.IX.2016, 3♂ (ex *G. soricina* ♀); 21.XI.2016, 2♂ (ex *G. soricina* ♂); 23.XI.2016, 1♀ (ex *G. soricina* ♀); 14.XII.2016, 2♂ (ex *G. soricina* ♂, ♀); 15.XII.2016, 6♂, 3♀ (ex *G. soricina* 4♂, 2♀); 15.XII.16, 1♂ (ex *P. davyi* ♂); 14.I.2017, 3♂, 2♀ (ex *G. soricina* 2♀, ♂); 15.I.2017, 10♂, 11♀ (ex *G. soricina* 5♂, 8♀); 16.I.2017, 8♂, 11♀ (ex *G. soricina* 2♂, 6♀, 1 non sexed); 12.II.2017, 1♀ (ex *G. soricina* ♂); 13.II.2017, 21♂, 15♀ (ex *G. soricina* 4♂, 14♀); 14.II.2017, 31♂, 10♀ (ex *G. soricina* 9♂, 12♀); 21.III.2017, 1♂1♀ (*G. soricina* 2♀); 22.III.2017, 1♂ (ex *G. soricina* ♂); 10.V.2017, 5♀ (ex *G. soricina* 3♂, 2♀); 11.V.2017, 23♂, 11♀ (ex *G. soricina* 10♂, 13♀); 7.XI.2017, 6♂, 2♀ (ex *G. soricina* ♂, 6♀); 1.XII.2017, 5♂, 1♀ (ex *G. soricina* 3♀); 17.I.2018, 5♂ (*G. soricina* ♂, 2♀); 18.I.2018, 3♂, 1♀ (ex *G. soricina* 2♂); 16.II.2018, 2♂, 1♀ (ex *G. soricina* 2♂, ♀); 17.II.2018; 1♂, 3♀ (ex *G. soricina* 3♂); 9.IV.2018, 15♂, 3♀ (ex *G. soricina* 6♂, 4♀); 11.V.2018, 9♂, 4♀ (ex *G. soricina* 3♂, 3♀) and 18.VI.2018, 11♂, 2♀ (ex *G. soricina* 4♂, 4♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. In Mexico, *T. diphyllae* was recorded for the first time in the states of Quintana Roo and Yucatán (Wenzel et al., 1966; Wenzel, 1970). Recent studies have confirmed the records from Yucatán (Cuxim-Koyoc et al., 2015) and its presence in the state of Veracruz (Cuxim-Koyoc et al., 2016). These papers reported *D. ecaudata* as the host species. In the present study *T. diphyllae* was found on *G. soricina* with a parasitic prevalence of 35.8% and a female: male proportion of 88:169, on *P. davyi* with

a parasitic prevalence of 1%, and was represented by only 2 females that could be considered natural contamination from other species at the cave. This is the first record of *T. diphyllae* in the state of Oaxaca.

Known distribution. Mexico (Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz, and Yucatán), Guatemala, Venezuela (Wenzel et al., 1966; Wenzel, 1970), Honduras (Dick, 2013), and Peru (Guerrero, 1995a).

Trichobius galei Wenzel, 1966

Trichobius galei Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 449. Type locality: Panama, Canal Zone, Fort Sherman, San Lorenzo caves, ex *Natalus stramineus mexicanus*.

Material examined. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 21.III.2017, 3♂ (ex *N. mexicanus* ♂), Tlapaya-Romero, L., Col.

Comments. *Trichobius galei* was recorded for the first time in Mexico in the states of Veracruz and Chiapas parasitizing *N. mexicanus* and *D. rotundus* (Cuxim-Kocoy et al., 2016; Lira-Olguín et al., 2015), but the latter was probably a case of contamination as indicated by the authors. This species was subsequently found in the state of Jalisco on *M. megalophylla* (Ramírez et al., 2016). In our study, *T. galei* was found on *N. mexicanus* with a parasitic prevalence of 33.3%, though only male specimens were found. This represents the first report of *T. galei* in the state of Oaxaca.

Known distribution. Mexico (Chiapas, Jalisco, Oaxaca, Veracruz) (Cuxim-Koyoc et al., 2016; Lira-Olguín et al., 2015; Ramírez et al., 2016), Panama (Wenzel et al., 1966), Honduras, Venezuela, and Paraguay (Dick, 2013).

Trichobius hoffmannae Guerrero & Morales-Malacara, 1996

Trichobius hoffmannae Guerrero & Morales-Malacara, 1996: 359. Type locality: Mexico, Veracruz, Puente Nacional, Cueva Arroyo Bellaco, ex *Pteronotus davyi*.

Material examined. 74 specimens on 21 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016, 2♂, 1♀ (ex *P. davyi* 2♂); 23.VIII.2016, 4♂, 5♀ (ex *P. davyi* 3♂, ♀); 15.XII.2016, 2♂, 2♀ (ex *P. davyi* ♂, 1 non sexed); 14.I.2017, 4♂ (ex *P. davyi* ♂); 15.I.2017, 11♂, 5♀ (ex *P. davyi* ♂ 1 non sexed); 20.III.2017, 4♂, 10♀ (ex *P. davyi* ♂); 21.III.2017, 2♂, 2♀ (ex *P. davyi* ♂); 22.VI.2017, 3♂, 8♀ (ex *P. davyi* ♂); 23.VI.2017, 1♂ (ex *P. parnellii* ♀); 16.II.2018, 2♀ (ex *P. davyi* ♀), 17.II.2018, 1♂, 1♀ (ex *P. davyi* 2♂); 9.IV.2018, 1♂, 1♀ (ex *P. davyi* 2♂); 11.V.2018, 2♂ (ex *P. davyi* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Trichobius hoffmannae* was described with specimens obtained from *M. megalophylla*, *N. stramineus*, *P. davyi*, *P. parnellii*, and *P. personatus* in the states of

Chiapas and Veracruz (Guerrero & Morales-Malacara, 1966). Specimens collected in this study came from *P. davyi* and *P. parnellii*. Parasitic prevalence was 20.8% on *P. davyi*, with a female: male proportion of 37:36. On the other hand, for *P. parnellii* only 1 female specimen of *T. hoffmannae* was found. This is the second report for this species since its description and constitutes the first record for the state of Oaxaca.

Known distribution. Mexico (Chiapas and Veracruz) (Guerrero & Morales-Malacara, 1966).

Trichobius joblingi Wenzel, 1966

Trichobius joblingi Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 481. Type locality: Panama, Canal Zone, railroad culvert east of Summit Golf Club, ex *Carollia perspicillata azteca*.

Material examined. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 8.XI.2017, 1♂, 1♀ (ex *C. subrufa* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Trichobius joblingi* was reported in the states of Chiapas and Veracruz (Wenzel 1970), but without mention of the hosts. In Chiapas, Jalisco, Oaxaca, and Yucatán, it was obtained from *A. jamaicensis*, *D. ecaudata*, *D. rotundus*, *C. perspicillata*, *G. soricina*, *S. ludovici*, and *Trachops cirrhosus* (Spix, 1823) (Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Ramírez et al., 2018; Tlapaya-Romero et al., 2015). During this study, only 1 specimen was collected on *C. subrufa*. Wenzel et al. (1966) mentioned that *T. joblingi* seems to parasitize species of *Carollia*, considering that findings in other bat genera may be transitory associations by transference.

Known distribution. Mexico (Chiapas, Veracruz) (Wenzel, 1970), Oaxaca, Yucatán (Guerrero & Morales-Malacara, 1996), Puebla (Field Museum: Field Museum of Natural History (Zoology) Insect, Arachnid and Myriapod Collection, 2014-06-25. Accessed via <http://www.gbif.org/occurrence/919692569> on 2015-04-12), Chiapas (Field Museum: Field Museum of Natural History (Zoology) Insect, Arachnid and Myriapod Collection, 2014-06-25. Accessed via <http://www.gbif.org/occurrence/919683991> on 2015-04-12), Central America, Trinidad and Tobago, South America towards Brazil, and Peru (Wenzel, 1970), Bolivia (Guerrero, 1995).

Trichobius johnsonae Wenzel, 1966

Trichobius johnsonae Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 455. Type locality: Panama, Coclé, Penonomé Cave, ex *Pteronotus psilotis* (Dobson, 1878) (= *Pteronotus personatus psilotis*).

Material examined. 10 specimens on 8 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 30.IX.2016, 1♂, 1♀ (ex *P. davyi* ♀); 15. I.2017, 1♂ (ex *P. davyi*); 20.III.2017, 1♂ (ex *P. davyi* ♂); 2.X.2017,

1♂ (*P. personatus* ♂); 18.I.2018, 1♂, 1♀ (*P. davyi* ♂); 17.II.2018, 1♂ (*P. davyi* ♂); 17.II.2018, 1♂ (*P. davyi* ♂); 9.IV.2018, 1♂ (*P. davyi* ♂), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Trichobius johnsonae* was reported in Mexico in the states of Chiapas and Veracruz (Guerrero & Morales-Malacara, 1996), on *M. megalophylla*, *N. stramineus*, *P. davyi*, *P. parnellii*, and *P. personatus*. It has also been found in the state of Jalisco on *P. personatus* (Ramírez et al., 2016). In this study, this bat fly species was found on *P. davyi* and *P. personatus*. Parasitic prevalence was of 7.3% on *P. davyi*, and female: male proportion was 2:7. In contrast, only 1 specimen was obtained from *P. personatus*. This is the first record in the state of Oaxaca.

Known distribution. Mexico (Chiapas, Veracruz) (Guerrero & Morales-Malacara 1996), Colima (Field Museum: Field Museum of Natural History (Zoology) Insect, Arachnid and Myriapod Collection, 2014-06-25. Accessed via <http://www.gbif.org/occurrence/919682305> on 2015-04-12; 2014-06-25. Accessed via <http://www.gbif.org/occurrence/919661549> on 2015-04-12), Sinaloa (Field Museum: Field Museum of Natural History (Zoology) Insect, Arachnid and Myriapod Collection, 2014-06-25. Accessed via <http://www.gbif.org/occurrence/919714181> on 2015-04-12), Oaxaca (new record), Panama, Colombia, and Venezuela (Wenzel, 1970).

Trichobius leionotus Wenzel, 1976

Trichobius leionotus Wenzel, 1976: 43. Type locality: Guatemala, Alta Vera Paz, Lanquín, Cueva de Lanquín, ex *Mormoops megalophylla*. Paratypes on *Pteronotus davyi fulvus*.

Material examined. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016, 2♂, 3♀ (ex *M. megalophylla*); 2.VIII.2017, 1♂ (ex *M. megalophylla*), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Trichobius leionotus* was reported in Mexico in the states of Puebla, Veracruz (Guerrero & Morales-Malacara, 1996), in Nuevo León from *Tadarida brasiliensis mexicana* (de Saussure, 1860) as an accidental record (Guzmán-Cornejo et al., 2003), and Jalisco (Ramírez et al., 2016). This is the first report from the state of Oaxaca. In this study the parasitic prevalence on *M. megalophylla* was 11.1%, and the female: male proportion was 3:3.

Trichobius parasiticus Gervais, 1844

Trichobius parasiticus Gervais, 1844: 14. Type locality: Guiane (locality not mentioned), ex *Desmodus rufus* (= *Desmodus rotundus*).

Syn. *Trichobius kesseli* Guimarães, 1938: 660, nom. nov. for *T. parasiticus* Gervais of Kessel, 1925: 15 (error).

Material examined. 237 specimens on 28 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 22.VII.2016, 7♂, 3♀ (ex *D. rotundus* 2♂); 23.VII.2016, 24♂, 19♀ (ex *D. rotundus* 2♂, 3♀); 22.VIII.2016, 32♂, 17♀, 3 non sexed (ex *D. rotundus* 4♂, ♀); 21.XI.2016, 3♂, 5♀ (ex *D. rotundus* ♀); 20.III.2017, 3♂, 1♀ (ex *D. rotundus* 2♀); 21.III.2017, 5♂, 6♀ (ex *D. rotundus* ♂, ♀); 10.V.2017, 9♂, 3♀ (ex *D. rotundus* ♀); 2.VIII.2017, 53♂, 26♀ (ex *D. rotundus* 3♀); 17.I.2018, 2♂ (ex *D. rotundus* 2♀); 18.I.2018, 1♂, 1♀ (ex *D. rotundus* ♂), 17.I.2018, 1♂ (ex *G. soricina* ♀); 9.IV.2018, 8♂, 5♀ (ex *D. rotundus* 2♂, ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. Hoffmann (1944, 1953) reported *T. parasiticus* in the states of Yucatán, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, and Guerrero, and Kuns & Tashian (1954), Lira-Olguín et al. (2015), and Ramírez et al. (2016) found this species in Chiapas and Jalisco parasitizing *D. rotundus* and *D. ecaudata*. It has also been found on *A. jamaicensis*, *Centurio senex* Gray, 1842, and *Chrotopterus auritus* (Peters, 1856); nevertheless, Cuxim-Koyoc et al. (2015) considered these cases of contamination. In the present study *T. parasiticus* was found on *D. rotundus* and *G. soricina*. Parasitic prevalence for the former was 70%, with a female: male proportion of 86:146, whereas in *G. soricina* only 1 strebid specimen was found, and probably represents natural contamination.

Known distribution. *Trichobius parasiticus* has been recorded in Mexico (Chiapas, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí, Veracruz, Yucatán (Cuxim-Koyoc et al., 2015; Hoffmann, 1944; Kuns & Tashian, 1954; Lira-Olguín et al., 2015; Ramírez et al., 2016), Chihuahua, and Sinaloa (Field Museum: Field Museum of Natural History (Zoology) Insect, Arachnid and Myriapod Collection, 2014-06-25. Accessed via <http://www.gbif.org/occurrence/919690945> on 2015-04-13)), Central America, Trinidad, South America south to Brazil, Peru, Argentina (Wenzel 1970), Bolivia, and Chile (Guerrero, 1995).

Trichobius sparsus Kessel, 1925

Trichobius sparsus Kessel, 1925: 17. Type locality: Panama, Chilibrillo river, ex *Chilonycteris rubiginosa fusca* (= *Pteronotus parnellii fuscus*).

Material examined. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016, 1♀ (ex *P. parnellii* ♂); 30.IX.2016, 1♂ (ex *P. davyi* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Trichobius sparsus* was previously reported in Mexico in the state of Veracruz (Guerrero & Morales-Malacara, 1996), and later in Jalisco (Ramírez et al., 2016), parasitizing *N. stramineus*, *M. megalophylla*, and *P. parnellii*. In this study, which reports the first record

in the state of Oaxaca, we found this species on *P. parnellii* and *P. davysi*, with a parasitic prevalence of 2.7% and 16.6 %, respectively.

Known distribution. Mexico (Veracruz (Guerrero & Morales-Malacara, 1996), Colima (Field Museum: Field Museum of Natural History (Zoology) Insect, Arachnid and Myriapod Collection, 2014-06-25. Accessed via <http://www.gbif.org/occurrence/919678056> on 2015-04-13), Sonora (Field Museum: Field Museum of Natural History (Zoology) Insect, Arachnid and Myriapod Collection, 2014-06-25. Accessed via <http://www.gbif.org/occurrence/919662614> on 2015-04-13)), Guatemala, Panama, and Venezuela (Wenzel, 1970).

Trichobius sphaeronotus Jobling, 1939

Trichobius sphaeronotus Jobling, 1939: 494. Type locality: Mexico, Nuevo Leon, Cerro Potosi, ex *Leptonycteris nivalis* (de Saussure, 1860).

Material examined. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 21.XI.2016, 2♂, 1♀ (ex *L. yerbabuena* ♂, ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Trichobius sphaeronotus* was described in Nuevo Leon, Mexico (Jobling, 1939), since then, this species has been reported in Baja California, Colima, Guerrero, Jalisco, Nuevo Leon, Puebla, and Veracruz, on the following bat species: *D. rotundus*, *L. nivalis*, *L. curasoae*, *L. yerbabuena*, *M. californicus*, *M. megalophylla*, and *P. davysi* (Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Hoffmann, 1944,1953; Ramírez et al., 2016). In this study *T. sphaeronotus* was found on *L. yerbabuena*, with a parasitic prevalence of 80% and a female: male proportion of 1:2. This is the first time the species is recorded in the state of Oaxaca.

Known distribution. USA, Mexico (Baja California, Colima, Guerrero, Jalisco, Nuevo Leon, Oaxaca, Puebla, and Veracruz).

Trichobius uniformis Curran, 1935

Trichobius uniformis Curran, 1935: 10. Type locality: Panama, Canal Zone, Paraíso, ex *Glossophaga soricina leachii* (= *Glossophaga leachii* (Gray, 1844)).

Material examined. 199 specimens on 131 hosts. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016. 3♂, 1♀ (ex *G. soricina* ♂, ♀); 23.XIII.2016, 2♂ (ex *G. soricina* ♂); 30.IX.2016, 1♂ (ex *G. soricina* ♀); 23.XI.2016, 7♂, 2♀ (ex *G. soricina* 4♂, 3♀); 15.XII.2016, 1♀ (ex *P. parnellii* ♀); 15.XII.2016, 5♂, 6♀ (ex *G. soricina* 4♂, 4♀); 15.I.2017, 13♂, 3♀ (ex *G. soricina* 5♂, 7♀); 16.I.2017, 12♂, 4♀ (ex *G. soricina* 5♂, 3♀, 1 non sexed); 13.II.2017, 9♂, 4♀ (ex *G. soricina* 5♂, 4♀); 14.II.2017, 7♂, 4♀ (ex *G. soricina* 4♂, 3♀); 21.III.2017, 1♂ (ex *G. soricina* ♀); 22.III.2017, 5♂ (ex

G. soricina 5♀); 10.V.2017, 4♂, 1♀ (ex *G. soricina* 2♂, 2♀); 11.V.2017, 27♂, 13♀ (ex *G. soricina* 10♂, 9♀); 7.XI.2017, 1♂, 1♀ (ex *G. soricina* ♀, ♂); 8.XI.2017, 1♂ (ex *G. soricina* ♀); 1.XII.2017, 9♂ (ex *G. soricina* 2♂, 4♀); 17.I.2018, 4♂, 1♀ (ex *G. soricina* 2♂, 2♀); 16.II.2018, 13♂, 2♀ (ex *G. soricina* 8♂, 5♀); 9.IV.2018, 8♂, 6♀, 1 non sexed (ex *G. soricina* 6♂, 3♀); 11.V.2018, 6♂, 2♀ (ex *G. soricina* 2♂, 3♀); 18.VI.2018, 6♂, 3♀ (ex *G. soricina* 3♂, 2♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments. *Trichobius uniformis* is reported in Chiapas, San Luis Potosí, Tamaulipas (Hoffmann, 1944, 1953), Yucatán (Wenzel, 1970), Jalisco, and Veracruz (Cuxim-Koyoc et al., 2015; Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Ramírez et al., 2016). In nearly all cases except in Hoffmann's (1944, 1953) studies, the species was found on *Molossus rufus* É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1805, *Myotis nigricans* (Schinz, 1821), *Saccopteryx bilineata* (Temminck, 1838), and *G. sorina*. In this study, we only found this species on *G. sorina*, with a parasitic prevalence of 29.6%, and a female: male proportion of 54:144. Only 1 specimen of *T. uniformis* was found on *P. parnellii*, which probably represents a case of contamination. This is the first record in the state of Oaxaca.

Known distribution. Mexico (see states in comments), to Venezuela, Guyana, Peru (Wenzel, 1970).

Trichobius yunker Wenzel, 1966

Trichobius yunker Wenzel, In Wenzel et al., 1966: 453. Type locality: Panama, Canal Zone, Paraíso, ex *Pteronotus parnellii fuscus*.

Material examined. 177 specimens on 27 hosts belonging to 3 bat species. Mexico, Oaxaca, Santa María Huatulco, Cueva Cerro Huatulco, 23.VII.2016, 1♂ (ex *P. personatus* ♂); 23.VII.2016, 16♂, 32♀ (ex *P. parnellii* 5♂, 3♀); 24.VII.2016, 1♀ (ex *P. parnellii* ♂); 22.VIII.2016, 10♂, 4♀ (ex *P. parnellii* 2♂, ♀); 12.II.2017, 1♂, 2♀ (ex *P. parnellii* ♂); 13.II.2017, 5♂ (ex *P. parnellii* ♂); 10.V.2017, 3♂, 2♀ (ex *M. megalophylla* ♀); 22.VI.2017, 3♂, 3♀ (ex *P. parnellii* ♀); 23.VI.2017, 30♂, 37♀ (ex *P. parnellii* 5♀); 02.VIII.2017, 13♂, 5♀ (ex *P. parnellii* ♀); 17.I.2018, 1♂, 1♀ (ex *P. parnellii* ♂); 11.V.2018, 1♀ (ex *P. parnellii* ♂); 18.VI.2018, 3♂, 3♀ (ex *P. parnellii* ♀), Tlapaya-Romero, L., col.

Comments and known distribution. *Trichobius yunker* is known to occur in the states of Guerrero, Jalisco, Sinaloa, Yucatán (Wenzel, 1970), Chiapas, Jalisco, Puebla, and Veracruz (Cuxim-Koyoc et al., 2015; Guerrero & Morales-Malacara, 1996; Ramírez et al., 2016). In these studies, *T. yunker* was found on *P. parnellii*, *P. personatus*, *P. mesoamericanus*, *M. megalophylla*, and *N. stramineus*. The specimens studied here were found on *P. parnellii*, *P. personatus*, and *M. megalophylla*, with the following

parasitic prevalence and female: male proportions: 67.6% and 89:82 for *P. parnellii*, 16.6% and 1 specimen male for *P. personatus*, and 5.5%, and 2:3 for *M. megalophylla*. This is the first record of the species in the state of Oaxaca.

Discussion

In the Neotropics, streblids are represented by 153 described species, corresponding to 64% of the known streblids worldwide (Borkent et al., 2018). Regional species inventories are currently more common in the literature, and constitute the first step towards understanding parasite relationships and their role in the transmission of pathogens in bat communities. Even though recent efforts to characterize the streblid fauna of Mexico have increased the number of known species to 55 (Colín-Martínez et al., 2018; Cuxim-Koyoc et al., 2015, 2016; Whitaker & Morales-Malacara, 2005), there are still large areas awaiting to be studied.

Even though Oaxaca is recognized as a megadiverse state, the streblid fauna has been poorly studied, with only 3 previous studies that altogether recorded 9 species. In this study, with an effort concentrated in only 1 cave but involving systematic and periodic sampling, 19 streblid species were added to the Oaxacan fauna, increasing the recorded bat fly species for the state to 27. This amounts to 49% of the Mexican species, obtained from 12 bat species that represent 12.9% of the species reported in Oaxaca.

It is important to mention that of the 9 streblid species previously recorded in Oaxaca, we did not find *Speiseria ambigua* and *Strebla mirabilis*, found on *Macrotus* sp. and *B. plicata* by Hoffmann (1953) and Guerrero and Morales-Malacara (1996). We did not find the latter 2 bat species in our study. Also, we did not obtain *T. adamsi*, despite that this species was reported on *D. rotundus*, a very abundant bat in our samples.

The Phyllostomidae family was the best represented in our study with 10 species, corresponding to 17.8% of the species known in Oaxaca (García-Grajales & Buenrostro-Silva, 2012). The Mormoopidae and Natalidae families were represented by 4 species each, comprising all the species known in this Mexican state. *Glossophaga sorina* presented the highest capture frequency, with 438 individuals followed by *P. parnellii* and *A. jamaicensis* with 96 and 77 individuals, respectively. In contrast, *C. subrufa* (N = 1), *S. hondurensis* (N = 3) and *N. mexicanus* (N = 3) were the species with the lowest number of individuals captured.

Phyllostomidae presented the highest streblid richness with 17 species, followed by Mormopidae with 8 streblid species and Natalidae with only 1 bat fly species. Even though few species of bat flies were found parasitizing

more than 1 bat species, in general the host species belong to the same family. This was the case of *T. brennani*, which was found on *A. jamaicensis* and *A. lituratus*; *S. guajiro* recorded on *C. subrufa* and *G. soricina*. Moreover, *T. hoffmannae* and *T. johnsonae* were collected on 2 species, whereas *T. yunkerii* was obtained from 3 Mormoopidae species. Only *N. parnellii* was found parasitizing 3 bat species from 2 different bat families (Phyllostomidae and Mormoopidae).

Of the 15 bat species recorded, *D. phaeotis*, *D. tolteca*, and *D. watsoni* (with 1 individual each) did not have streblids, but in the other 12 bat species (728 captured individuals) we obtained a total of 1,317 streblid specimens belonging to 24 species. This richness of streblid species is only similar to that obtained by Ramírez et al. (2016), who found 24 streblid species on 297 bats. Nevertheless, the latter study was more extensive, carried out throughout 4 years in a larger sampling area including different localities in southwestern Jalisco, southern coast and Sierra Amula, with different types of vegetation. In this study, we focused our effort on 1 cave with 2 sampling periods, representing the 2 seasons each year (wet and dry seasons). In the study by Guerrero & Morales-Malacara (1996), who sampled caves around central and southern Mexico, they reported 23 streblid species on 109 bats. Lira-Olguín et al. (2015) carried out a study for 8 days in Chiapas and recorded 7 streblid species on 34 bats captured in 4 caves, whereas Tlapaya-Romero et al. (2015) recorded 3 streblid species on 559 bats in 1 cave in Chiapas. The ratio between the number of bat species and the number of streblid species found in the above studies probably were affected by the sampling method and the season when sampling was done. Lira-Olguín et al. (2015) and Tlapaya-Romero et al. (2015) used a method similar to the one employed in this study, but the number of streblid species found was lower. Other factors that could affect the effectiveness of the sampling method could be related to the strategy of closing the mist nets during the periods of high bat activity, when the bat colonies leave or return to the refuge (17:30 and 18:30 and 04:00 and 05:00). This method helps prevent the mist nets from saturating quickly with bats, enabling workers to efficiently examine the captured bats. Of course, this sampling method has a negative impact on the number of bat specimens captured and examined, but for streblid samples it is probably much better, since it allows for carefully examination of the captured bats.

Another aspect of our sampling strategy included applying alcohol gel (antibacterial commercial gel) to the bats with a large number of streblids (more than 15 specimens), making difficult their mobility and loss during the extraction period. In spite of taking the appropriate precautions, 3 possible cases of contamination were

detected on 3 host species: *G. sorina*, *P. davyi*, and *P. parnellii* harbored 1 specimen of *T. parasiticus*, *T. diphyllae*, and *T. uniformis*, respectively. We considered these to be cases of contamination because these streblids were abundant in other hosts: *D. rotundus* with 236 specimens of *T. parasiticus* and *G. sorina* with 257 specimens of *T. diphyllae* and 199 specimens of *T. uniformis*.

The streblid prevalence observed shows contrasting variation, ranging from 22.2% on *M. megalophylla* to 88.1% on *P. parnellii*. Similar differences have been previously observed in studies with different sampling periods, in different capture sites with different types of vegetation (Colín-Martínez et al., 2018; Cuxim-Koyoc et al., 2015, 2016), as well as in natural bat refuges (Lira-Olguín et al., 2015; Ramírez et al., 2016; Tlapaya-Romero et al., 2015). Other studies mention that high ectoparasite prevalence can be explained by the high abundance of captured bats (Colín-Martínez et al., 2018). However, our results apparently differ from that pattern. For instance, *G. soricina*, which was the best represented species with 438 individuals, presented the highest streblid richness (N = 6) and higher streblid prevalence (53.2%), whereas *P. parnellii*, with only 37 captured individuals, had a high streblid richness (N = 5) and the highest streblid prevalence (88.1%).

Cuxim-Koyoc et al. (2015) mentioned that streblid richness and prevalence per bat species are related to the roosting habits. This means that bats that use caves as diurnal resting sites will show high streblid prevalence. Nevertheless, our results do not agree with this idea, because *M. megalophylla* and *P. davyi*, which are strict gregarious cave inhabitants (Torres-Flores & López-Wilchis, 2010), were the 2 species with the lowest prevalence values (22.2% and 23.9%, respectively). Our results indicate that prevalence variation and number of streblid species is specific for each bat species, suggesting that the bat species abundance and type of roost are not the main contributing factors. An alternative explanation for streblid richness and prevalence variability per host could be related to complexity in the cave structure complexity, which affects air flow and the amount of light per area, creating different microhabitats (McNab, 1974; Torres-Flores & López-Wilchis, 2010). However, this only can be confirmed after the microclimatic conditions per perching site inside the caves are assessed.

Our results show that an important streblid richness exists in the state of Oaxaca, comprising 49% of the Mexican streblid species, which were found in 16.1% of the total number of bat species found in the state. This study also highlights the importance of conducting systematic and periodic sampling in small areas to obtain robust data for analysis of community ecology.

Acknowledgements

We are grateful to the authorities of Santa María Huatulco, Oaxaca for granting the permits to work in Cueva de Cerro Huatulco. We also thank Antonio García Méndez and David Cruz Ramírez who helped with the field work. LTR recognizes the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) for providing a graduate fellowship grant (No. 449205) that made this research possible and for economic support during research stays in the Instituto de Ecología, A.C., in Xalapa, Veracruz. This work was also supported by SIP- 20161645, SIP-20171154 and SIP-2018-0613 project grants from the Instituto Politécnico Nacional de México. Specimen collection was conducted under the auspices of collection permit SMARN 20/KS-0112/10/16.

References

- Bai, Y., Recuenco, S., Gilbert, A. T., Osikowicz, L. M., Gómez, J., Rupprecht, C., & Kosoy, M. Y. (2012). Prevalence and diversity of *Bartonella* spp. in bats in Peru. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 87, 518–523. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2012.12-0097>
- Baker, A. S., & Craven, J. C. (2003). Checklist of the Mites (Arachnida: Acari) associated with Bats (Mammalia: Chiroptera) in the British Isles. *Systematic and Applied Acarology Special Publications*, 14, 1–20.
- Borkent, A., Brown, B., Adler, P. H., Amorim, D. S., Barber, K., Bickel, D. et al. (2018). Remarkable fly (Diptera) diversity in a patch of Costa Rican cloud forest: Why inventory is a vital science. *Zootaxa*, 4402, 53–90. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4402.1.3>
- Briones-Salas, M., Cortés-Marcial, M., & Lavariega, M. C. (2015). Diversidad y distribución geográfica de los mamíferos terrestres del estado de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 685–710. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.07.008>
- Bush, A. O., Lafferty, K., Lotz, J., & Shosta, J. A. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al., revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575–583. <https://doi.org/10.2307/3284227>
- Colín-Martínez, H., Morales-Malacara, J. B., & García-Estrada, C. (2018). Epizootic fauna survey on Phyllostomid Bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a shaded coffee plantation of southeastern Chiapas, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 55, 172–182. <https://doi.org/10.1093/jme/tjx186>
- Cuxim-Koyoc, A., Reyes-Novelo, E., Macswiney, M. C., & Aguilar-Rodríguez, P. A. (2016). New records of Streblidae (Diptera: Hippoboscoidea) for Mexico. *Revista Colombiana de Entomología*, 42, 192–196. <https://doi.org/10.25100/socolen.v42i2.6692>
- Cuxim-Koyoc, A., Reyes-Novelo, E., Morales-Malacara J. B., Bolívar-Cimé, B., & Laborde, J. (2015). Streblidae (Diptera:

- Kunz, T. H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobo, T., & Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223, 1–38. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x>
- Lima, V. F. S., Rocha, P. A., Silva, M. A. D., Beltrão-Mendes, R., Ramos, R. A. N., Giannelli, A. et al. (2018). Survey on helminths and protozoa of free-living Neotropical bats from Northeastern Brazil. *Acta Tropica*, 185, 267–272. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.06.002>
- Lira-Olguín, A. Z., Guzmán-Cornejo, C., & Del Castillo-Martínez, L. (2015). *Dipteros (Diptera: Streblidae) parásitos de murciélagos de cuevas de Chiapas, México*. *Entomología Mexicana*, 2, 785–789.
- Llorente-Bousquets, J., & Ocegueda, S. (2008). Estado del conocimiento de la biota. In J. Soberón, G. Halffter, & J. Llorente-Bousquets (Eds.), *Capital natural de México. Conocimiento actual de la biodiversidad, Vol. I* (pp. 283–322). México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- Luis-Martínez, A., Llorente-Bousquets, J., Warren, A. D., & Vargas-Fernández, I. (2004). Lepidópteros: Papilionoideos y Hesperioideos. In A. J. García-Mendoza, M. J. Ordóñez, & M. Briones-Salas (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (pp. 335–355). México D.F.: Instituto de Biología, UNAM/ Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/ World Wildlife Foundation.
- McNab, B. K. (1974). The behavior of temperate cave bats in a subtropical environment. *Ecology*, 55, 943–958. <https://doi.org/10.2307/1940347>
- Medellín, R. A., Arita, H. T., & Sánchez, H. O. (2008). *Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo*. Segunda Edición. México D.F.: Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Patterson, D. B., Dick, W. C., & Dittmar, K. (2007). Roosting habits of bats affect their parasitism by bat flies (Diptera: Streblidae). *Journal of Tropical Ecology*, 23, 177–189. <https://doi.org/10.1017/s0266467406003816>
- Ramírez, M. M. M., López, M. P. I., Iñiguez-Dávalos, L. I., Yuill, T., Orlova, M. V., & Reeves, W. K. (2016). New records of ectoparasitic Acari (Arachnida) and Streblidae (Diptera) from bats in Jalisco, Mexico. *Journal of Vector Ecology*, 41, 309–313. <https://doi.org/10.1111/jvec.12228>
- Reeves, W. K., Loftis, A. D., & Beck, J. (2013). A new species of *Nycterophila* (Diptera: Streblidae) from the Antillean fruit-eating bat, *Brachyphylla cavernarum* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Entomological Science*, 48, 114–117. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-48.2.114>
- Ryckman, R. E. (1956). Parasitic and some nonparasitic arthropods from bat caves in Texas and Mexico. *American Midland Naturalist*, 56, 186–190. <https://doi.org/10.2307/2422453>
- Sabrosky, C. W. (1999). Family-group names in Diptera. *Myia*, 10, 1–576.
- Speiser, P. (1900). Ueber die Strebliden, Fledermausparasiten aus der Gruppe der pupiparen Dipteren. *Archiv für Naturgeschichte*, 66, 31–70. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.29034>
- Tlapaya-Romero, L., Horváth, A., Gallina-Tessaro, S., Naranjo, E. J., & Gómez, B. (2015). Prevalencia y abundancia de moscas parásitas asociadas a una comunidad de murciélagos cavernícolas en La Trinitaria, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 377–385. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.04.012>
- Torres-Flores, J. W., & López-Wilchis, R. (2010). Condiciones microclimáticas, hábitos de percha y especies asociadas a los refugios de *Natalus stramineus* en México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 26, 191–213. <https://doi.org/10.21829/azm.2010.261687>
- Trujillo-Pahua, L., & Ibáñez-Bernal, S. (2019). New geographical records of bat flies (Diptera: Streblidae) associated with phyllostomid bats in the west highlands of Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 56, 18–28. <https://doi.org/10.1093/jme/tjy166>
- Urbiet, G. L., Torres, J. M., de Almeida, L. B. M., Shinohara, A., & dos Anjos, E. A. C. (2014). Infestação de morcegos (Mammalia, Chiroptera) por moscas do gênero *Megistopoda* (Diptera, Streblidae) em um fragmento urbano de Cerrado de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*, 69, 10–13.
- Usinger, R. L. (1966). *Monograph of Cimicidae, Vol 7*. Baltimore: The Thomas Say Foundation and the Entomological Society of America.
- Webb, J. P., & Loomis, R. B. (1977). Ectoparasites. In J. R. Baker, J. K. Jones, & D. C. Carter (Eds.), *Biology of the bats of the New World family Phyllostomatidae. Part II* (pp. 57–119). Lubbock, Texas: Special Publications the Museum Texas Tech University.
- Wenzel, R. L. (1970). *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States. Family Streblidae*. Sao Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de Sao Paulo. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.110114>
- Wenzel, R. L. (1976). The Streblidae batflies of Venezuela (Diptera: Streblidae) *Brigham Young University Science Bulletin, Biological Series*, 20, 1–177. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.5666>
- Wenzel, R. L., Tipton, V. J., & Kiewlicz, A. (1966). The Streblid bat flies of Panama (Diptera: Calypterae: Streblidae). In R. L. Wenzel, & V. J. Tipton. (Eds.), *Ectoparasites of Panama* (pp. 405–675). Chicago: Field Museum of Natural. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.2633>
- Whitaker, Jr. J. O., & Morales-Malacara, J. B. (2005). Ectoparasites and other associates (ectodytes) of mammals of Mexico. In V. Sánchez-Cordero, & R. A. Medellín (Eds.), *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa* (pp. 535–666). México D.F.: Instituto de Biología, UNAM/ Instituto de Ecología, UNAM/ Conabio.

- Hippoboscoidea) from Yucatán and updated species list for Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 52, 947–961. <https://doi.org/10.1093/jme/tjv117>
- Dick, C. W. (2006). The streblid bat flies (Diptera: Streblidae) of Guatemala. In E. B. Cano (Ed.), *Biodiversidad de Guatemala, Vol. 1* (pp. 441–452). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.
- Dick, C. W. (2007). High host specificity of obligate ectoparasites. *Ecological Entomology*, 32, 446–450. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00836.x>
- Dick, C. W. (2013). Review of the bat flies of Honduras, Central America (Diptera: Streblidae). *Journal of Parasitology Research*, 437696, 1–17. <https://doi.org/10.1155/2013/437696>
- Dick, C. W., & Gracioli, G. (2018). *Checklist of world Streblidae (Diptera: Hippoboscoidea)*. Retrieved on 25 Jun 2018, from: <https://www.researchgate.net/publication/322578987>
- Dick, C. W., Gracioli, G., & Guerrero, R. (2016). Family Streblidae. *Zootaxa*, 4122, 784–802. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4122.1.67>
- Dick, C. W., & Miller, J. A. (2010). Streblidae. In B. V. Brown, A. Borkent, J. M. Cumming, D. M. Wood, N. E. Woodley, & M. Zumbado (Eds.), *Manual of Central American Diptera, Vol 2*. (pp. 1249–1260). Ottawa: National Research Council Press.
- Dick, C. W., & Patterson, B. D. (2006). Bat flies-obligate ectoparasites of bats. In S. Morand, B. R. Krasnov & R. Poulin (Eds.), *Micromammals and macro-parasites: from evolutionary ecology to management* (pp. 179–194). Tokyo: Springer-Verlag.
- Dick, C. W., & Weizel, R. L. (2006). A new genus and species of trichobiinae bat flies (Diptera: Hippoboscoidea: Streblidae) from Costa Rica. *Insect Systematics & Evolution*, 37, 433–442. <https://doi.org/10.1163/187631206788831489>
- Dietrich, M., Tjale, M. A., Weyer, J., Kearney, T., Seemark, E. C. J., Nel, L. H. et al. (2016). Diversity of *Bartonella* and *Rickettsia* spp. in bats and their blood-feeding ectoparasites from South Africa and Swaziland. *Plos One*, 11, e0152077. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152077>
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México D.F.: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Grajales, J., & Buenrosto-Silva, A. (2012). Revisión al conocimiento de los murciélagos del estado de Oaxaca. *Therya*, 3, 277–293. <https://doi.org/10.12933/therya-12-83>
- Gracioli, G., & Dick, C. W. (2004). A new species of *Metelasmus* (Diptera: Streblidae: Streblinae) from southern South America. *Zootaxa*, 509, 1–8. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.509.1.1>
- Guerrero, R. (1993). Catálogo de los Streblidae (Diptera: Pupipara) parásitos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del Nuevo Mundo. I. Clave para los géneros y Nycterophiliinae. *Acta Biologica Venezuelica*, 14, 61–75.
- Guerrero, R. (1994). Catálogo de los Streblidae (Diptera: Pupipara) parásitos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del Nuevo Mundo. IV. Trichobiinae con alas desarrolladas. *Boletín de Entomología Venezolana*, 9, 161–192.
- Guerrero, R. (1995). Catálogo de los Streblidae (Diptera: Pupipara) parásitos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del Nuevo Mundo. III. Los grupos: Dugesii, Dumni y Phyllostomae del género *Trichobius* Gervais, 1844. *Acta Biologica Venezuelica*, 15, 1–27.
- Guerrero, R. (1996). Catálogo de los Streblidae (Diptera: Pupipara) parásitos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) del Nuevo Mundo. VI. Streblinae. *Acta Biologica Venezuelica*, 16, 1–25.
- Guerrero, R., & Morales-Malacara, J. B. (1996). Streblidae (Diptera: Calyptrate) parásitos de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) cavernícolas del centro y sur de México, con descripción de una nueva especie del género *Trichobius*. *Anales Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 67, 357–373.
- Guzmán-Cornejo, C., García-Prieto, L., Pérez-Ponce de León, G., & Morales-Malacara, J. B. (2003). Parasites of *Tadarida brasiliensis mexicana* (Chiroptera: Molossidae) from arid regions of Mexico. *Comparative Parasitology*, 70, 11–25. [https://doi.org/10.1654/1525-2647\(2003\)070\[0011:potbmc\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1654/1525-2647(2003)070[0011:potbmc]2.0.co;2)
- Hoffmann, A. (1944). *Los ectoparásitos de murciélagos mexicanos (Tesis de maestría)*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Hoffmann, A. (1953). Estado actual del conocimiento de los estrebliidos mexicanos (Diptera: Pupipara). In *Memorias del Congreso Científico Mexicano VII Ciencias Biológicas* (pp. 175–193), Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- Hutson, A. M. (1972). Ectoparasites of British bats. *Mammal Review*, 1, 143–150. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2907.1972.tb00332.x>
- International Commission on Zoological Nomenclature. (1936). Opinion 128. *Nycteribia*, 1796, Pupipara and *Spinturnix*. 1826, Acarine. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 73, 28–44 (Republished in Opinions, International Commission on Zoological Nomenclature, 1, Section B, 465–508).
- Jobling, B. (1936). A revision of the subfamilies of the Streblidae and the genera of the Streblinae (Diptera Acalypterae), including a redescription of *Metelasmus pseudoapterus* Coquillett and a description of two new species from Africa. *Parasitology*, 28, 355–380. <https://doi.org/10.1017/s0031182000022538>
- Kishida, K. (1932). Diptera pupipara. In S. Uchida et al. (Ed.), *Iconographia, Insectorum, Japonicorum, edita prima* (pp. 236–249). Tokyo: Hokuryukan Co.
- Klimpel, S., & Mehlhorn, H. (2016). *Bats (Chiroptera) as vectors of diseases and parasites*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Kolenati, F. A. (1863). Beiträge zur Kenntnis der Phthirio-Myiarien. *Horse Societatis Entomologicse Rossicae*, 2, 9–109.
- Kuns, M. L., & Tashian, R. E. (1954). Notes on mammals from northern Chiapas. *Journal of Mammal*, 35, 100–103. <https://doi.org/10.2307/1376078>

Capítulo IV. Efecto de la temporalidad y del microclima en la variación de la carga parasitaria de estréblidos (Diptera: Streblidae) en un ensamble de murciélagos cavernícolas en una selva seca.

Artículo sometido para su publicación en la revista *Mammalia*

1
2
3 **Effect of seasonality and microclimate on the variation in bat-flies load (Diptera:**
4
5 **Streblidae) in a cave bats assemblage in a dry forest**
6
7

8
9
10
11 Liliana Tlapaya-Romero*, Antonio Santos-Moreno and Sergio Ibáñez-Bernal
12
13

14
15
16 ***Correspondence author: Liliana Tlapaya Romero**, Laboratorio de Ecología Animal,
17
18 Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR),
19
20 Instituto Politécnico Nacional, Calle Hornos No. 1003, Colonia Noche Buena, 71230, Santa
21
22 Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, Mexico, e-mail: liliana_tlapaya@yahoo.com.mx
23
24

25
26
27 **Antonio Santos-Moreno**, Laboratorio de Ecología Animal, Centro Interdisciplinario de
28
29 Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Instituto Politécnico Nacional,
30
31 Calle Hornos No. 1003, Colonia Noche Buena, 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca,
32
33 Mexico, e-mail: asantosm90@hotmail.com
34
35

36
37
38 **Sergio Ibáñez-Bernal**, Red Ambiente y Sustentabilidad. Instituto de Ecología, A.C.
39
40 Antigua Carretera a Coatepec No. 351, El Haya, Xalapa, C.P. 91070 Veracruz, Mexico, e-
41
42 mail sergio.ibanez@inecol.mx
43
44

45
46 Running title: Variation in bat-flies load in a cave bats
47
48
49
50
51

52
53
54 **Abstract**
55
56
57
58
59
60

1
2
3 Seasonality cause fluctuations in the availability of resources, affecting the presence and
4 abundance of animal species. These oscillations can have an impact on parasite-host
5 relationships, which in turn can be exacerbated by microclimatic changes to which bat-flies
6 are exposed. We characterized the bat-fly load and evaluated the effect of seasonality on
7 the parasite load of five bat species in a dry forest. We evaluated variations in
8 microclimatic conditions inside the cave Cerro Huatulco between seasons and the response
9 of the bat-fly load. We collected 1165 bat-fly specimens belonging to 16 bats species The
10 obtained results indicate that the mean abundance and infestation intensity exhibited
11 changes between seasons in *Artibeus jamaicensis*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga*
12 *soricina*, and *Pteronotus parnellii*. In the case of the effect of microclimate conditions, we
13 observed that prevalence is negatively correlated with temperature in *G. soricina*, while
14 mean abundance and mean infestation intensity was negatively related to temperature in *A.*
15 *jamaicensis* and *G. soricina*. The present study provides significant information about host-
16 parasite relationships in a dry forest and discusses the relevance of abiotic and biotic factors
17 that could affect host-parasite interactions, as well as the importance of each parasite load
18 parameter for the understanding of this interaction.
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

42 **Key words:** Roost, prevalence, mean abundance, mean infestation intensity, parasitism.
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53

54 **Introduction**

55
56
57
58
59
60

1
2
3 Seasonality of climate in dry forests of the Neotropics is determined by differences in
4 precipitation rather than differences in temperature (MacArthur 1984). Differences in
5 precipitation between seasons generate significant cyclic variations in food availability
6 (Janzen 1967, Bullock et al. 1995), which can cause changes in the structure of animal
7 communities due to the need of traveling larger distances in search for resources, which
8 ultimately modifies the abundance patterns of animal populations (Mello 2009, García-
9 García and Santos-Moreno 2014, Bauer and Hoye 2014). In the case of ectoparasites, there
10 is little information about the effect of seasonality on their populations. Some authors
11 mention that the host is the environment of the parasite, and thus the environment will
12 indirectly affect the parasite through the host (Dick and Dittmar 2014). Even though this
13 can occur in parasite species that complete their entire life cycle inside the host, there is not
14 enough information about ectoparasites, which undergo one or more developmental stages
15 without contact with the host and are thus directly exposed to abiotic factors such as
16 temperature, humidity, and precipitation (Marshall 1981, Gray et al. 2009, Salinas-Ramos
17 et al. 2018). An example of this has been reported by Heeb et al. (2000), who mentions that
18 environmental pressures directly affect parasites, and variation in their life history traits
19 can, therefore, be the result of their capacity to perceive and respond to environmental
20 variables. Thus, parasite-host interactions would then be mediated by factors that act at the
21 parasite, host, and environmental levels (Fonseca et al. 2016, Zarazúa et al. 2016,
22 Hernández-Martínez et al. 2018), and possibly at the microclimatic level, making the study
23 of such interactions complex.

24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
Studies in birds, bats, and insects have found that the microclimate can be an
important factor in habitat selection because it provides humidity and temperature
conditions that help optimize physiological processes (Conway and Martin 2000, Heeb et

1
2
3 al. 2000, Kerth et al. 2001, Ávila-Flores and Medellín 2004, Boyles 2007, Maziarz and
4
5 Wesolowski 2013). Notwithstanding this, knowledge on the effect of microclimate is still
6
7 scarce, since even though roosts have been found to minimize fluctuations in environmental
8
9 variables by providing stable humidity and temperature conditions inside them (Fenton
10
11 1983, Kurta 1985), it is not known how stable these conditions are throughout the year and
12
13 what is the effect of these variations on the organisms and microorganisms that live in these
14
15 places.
16
17

18
19 Roosts are key resources for bats since they spend more than half their lives in them
20
21 (Vaughan and O'Shea 1976, Kunz 1982). In Mexico, almost half of the 138 recognized bat
22
23 species use caves as roosts (Arita 1993). Like all other organisms, bats host a great
24
25 diversity of parasites, such as viruses, bacteria, fungi, helminths, and arthropods (Simmons
26
27 2005, Walldorf and Mehlhorn 2016, Dietrich et al. 2016). Among the arthropods that
28
29 parasite bats, there are members of the family Streblidae (Orden Diptera), which are highly
30
31 specialized hematophagous ectoparasites (Dick and Patterson 2006). Streblids have a
32
33 holometabolous life cycle, which implies undergoing a process of metamorphosis to
34
35 complete their development. During this process, they undergo a cycle of indirect
36
37 transmission, since the female abandons the host to deposit the pupae in the host's roost
38
39 (Wenzel et al. 1966, Dick and Patterson 2006). Thus, during this phase of the life cycle, the
40
41 parasite can be directly affected by the microenvironmental conditions of the roost
42
43 (humidity and temperature).
44
45
46
47

48
49 Seasonal changes can indirectly influence the prevalence, abundance, and
50
51 infestation intensity of ectoparasites, since host species of small size, such as mice or bats,
52
53 show strong seasonal fluctuations in the behavior of reproductive and territorial groups, as
54
55 well as other social groups, which cause variations in ectoparasite load throughout the year
56
57
58
59

1
2
3 (Nelson et al. 2002, Klein 2004, Read 1990, Weil et al. 2016). Seasonal fluctuations have
4
5 been reported in the reproductive activity of ectoparasites in bats, which reproduce more
6
7 frequently during the reproductive season of their hosts and reduce their activity during
8
9 winter (Villegas-Guzman et al. 2005, Lourenco and Palmeirim 2008). Some studies
10
11 indicate that temporal variation can be an indirect factor in the parasite load of bats since
12
13 even though it can be affected by changes in the microclimatic conditions of the roosts, it
14
15 has not been completely demonstrated due to the lack of data on humidity and temperature
16
17 variation in host roosting sites in the case of bats (Hernández-Martínez et al. 2019, Pilosof
18
19 et al. 2012). Furthermore, there is no record of whether variation in microclimate is affected
20
21 by temporal variation. However, a study in birds showed that humidity inside the nests
22
23 affected the infracommunity structure of ectoparasites (Heeb et al. 2000).

24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
Given that environmental conditions vary between climatic seasons in dry forests,
bat communities exhibit higher diversity, richness, and abundance in the rainy season than
in the dry season (Ceballos 1995, Aguirre et al. 2003, Mendes-Ponte 2004, da Rocha et al.
2015). This could imply a variation in the bat-fly load (Hernández-Martínez et al. 2018,
Pilosof et al. 2012). Therefore, it would be expected that ectoparasite population
abundances exhibited seasonal variation in cave bat communities; however, it has been
documented that variation in streblid abundance in each host species can be explained by
the biology of each parasite and bat species (Pilosof, 2012, Tlapaya-Romero et al. 2019).
Thus, it is possible that the parasite load of each host species responds differently to
temporal variation, making it necessary to analyze how seasonality affects the main
population attributes of streblids in each host species. Therefore, the objective of the
present study was to determine whether seasonality and microclimatic conditions have an
effect on the prevalence, mean abundance, and mean infestation intensity of bat-fly in cave

1
2
3 bats that share the same roost, as well as whether there are differences between host
4
5 species.
6
7
8
9

10 **Materials and methods**

11 **Study area**

12
13
14 The study was carried out in the cave Cerro Huatulco, located in the municipality of Santa
15
16 María Huatulco, in the state of Oaxaca, Mexico (15° 50' 59.7" N; 96° 21' 3.9" O). The
17
18 cave is located at 4.1 km NE from the municipal seat of Santa María Huatulco, at 450 masl,
19
20 and immersed in a landscape composed of fragments of medium semi-evergreen forest, low
21
22 deciduous forest, shade coffee plantations, and grassland. The predominant climate is a
23
24 warm subhumid with rainfall in the summer (Trejo et al., 2004). The annual temperature
25
26 ranges between 19.5°C in the coldest month and 33°C in the warmest month, while
27
28 humidity ranges between 52% in the dry season and 100% in the rainy season. The annual
29
30 precipitation ranges between 2,300 and 3,500 mm (García 1988).
31
32
33
34
35
36
37

38 We located four roosting sections inside the cave, we named Interior 1 the
39
40 section of the chamber that was isolated from the rest of the cave and had a single one-
41
42 meter high by one-meter long entrance. Interior 2 exhibited a height of four meters with an
43
44 area of approximately 10 m² and was located in the section after Interior 1. Interior 4 was
45
46 located on the lateral side of the cave entrance and was characterized by having an irregular
47
48 height, with the highest part measuring one and a half meters and the lowest 30 cm, and an
49
50 area of approximately 15 m². Finally, we named the largest section Interior 3, which
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 corresponded to the cave entrance and had a height of approximately 20 m and an area of
4
5 50 m².
6
7

8 9 10 Microclimatic data

11
12
13 After locating the roosting sections of the different bat species, we placed a Data-logger
14 (Lascar EL-USB-2; 0 to 100% RH humidity range and -35 to +80°C temperature range)
15 that was programmed to obtain readings every minute in each site inside the cave during
16 the sampling nights. At the same time, we recorded the bat species roosting in each site
17 during the day. We also placed another Data-logger in the outside of the cave, since we
18 observed released *Artibeus jamaicensis* individuals heading towards the crevices on the
19 upper part of the outside of the cave.
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32

33 Bat capture

34
35 Samplings were carried out from July 2016 to June 2018 during two consecutive nights per
36 month. Bats were captured using two mist nets (6 X 2.5 m) that were placed one parallel
37 and the other perpendicular to the cave entrance at a distance of 20 m. The nets were active
38 from 19:30 to 06:00 h and were inspected every 10 minutes. Once the nets were opened, we
39 extracted the captured bats from the nets as quickly as possible to prevent the bat-fly from
40 leaving the host while it was in the net and avoid contamination of bat-fly between hosts
41 caught in the net. Captured bats were individually placed in cloth bags, which were washed
42 after each use to avoid contamination of the collected material.
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 Captured bats were identified to species level using the field guide by Medellín
4 et al. (2008) and were temporally marked following García-Méndez et al. (2014). After the
5 extraction of bat-fly, bats were provided with a solution of water and sugar to reanimate
6 them before releasing them close to the capture site. The species *Artibeus jamaicensis* was
7 not found inside the cave, but the use of fluorescent marking on the back of captured
8 individuals allowed us to observe that this species roosted in different crevices in the upper
9 part of the external wall of the cave.
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

20 21 22 Collection of bat-fly

23
24 Captured bats were carefully examined on rectangular white cardboard (40 x 30 cm) and
25 each individual was combed with an eyebrow comb previously soaked in alcohol gel. Bat-
26 fly were collected with tweezers and placed in Eppendorf tubes with 70% alcohol. Streblids
27 were subsequently examined under a Nikon SMZ 800N stereomicroscope in the laboratory
28 for identification using the keys by Wenzel et al. (1966) and Wenzel (1976). The examined
29 material was deposited in the Insect Collection of the Instituto de Ecología, A. C. (IEXA),
30 Xalapa, Veracruz, Mexico.
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42

43 44 Data analyses

45 46 47 48 Temporal variation in the microclimate of roosting sites

49
50
51 To evaluate the effect of seasonality on the humidity and temperature of each roosting
52 section, we performed a Student's t-test in Past V 4.0 (Hammer et al. 2001). We first
53 grouped the six months corresponding to the rainy season (June to November) and the six
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

months of the dry season (December to May) of each year and then compared the mean monthly humidity and temperature of the roosting sections between years (rainy 1 (2016) vs rainy 2 (2017); dry 1 (2017) vs dry 2 (2018)). We then compared the two rainy seasons with the two dry seasons. We used the same method to evaluate the parameters of parasite load: prevalence (P), mean abundance (MA), and mean infestation intensity (MI).

Temporal variation in bat-fly load.

We calculated the parameters of parasite load for each host species recorded in the study. We used an Analysis of Variance to compare the prevalence data and the bootstrap method for MA and MI (Rózsa et al., 2000). The analyses were conducted in Quantitative Parasitology version 3.0 (Reiczigel and Rózsa, 2005). We then evaluated the significance of the differences within and between seasons.

Relationship between microclimate and bat-fly load.

To determine the relationship between the microclimatic characteristics of the roosting sections and parasite load, we performed a correlation analysis using Pearson's coefficient in PAST 4.0 (Hammer et al. 2001) with the mean monthly values of temperature, humidity, and the parameters of parasite load of each host species.

Variation in bat-fly load between host species.

We used an Analysis of Variance to determine if there were differences in the variation in parasite load between host species. When results were significant, we identified species

1
2
3 subgroups that were statistically homogenous with Scheffe's post-hoc multiple
4
5 comparisons test in NCSS v. 7.1 (NCSS 2018).
6
7

8 9 10 **Results**

11
12
13
14 Microclimatic conditions inside the roost and occupation by bats

15
16
17 Of the four sections located inside the cave, Interior 1, Interior 3, and Interior 4 were
18
19 constantly occupied by bats throughout the two years of sampling, whereas Interior 2 was
20
21 sporadically occupied by two bat species, *Natalus mexicanus* and *Pteronotus parnelli*
22
23 (Table 1). Interior 1 was occupied by *Pteronotus davyi* during the entire study. This species
24
25 was the most abundant (approximately 10000 individuals) and was only observed in this
26
27 section of the cave. In Interior 2, we recorded a small colony of *P. parnelli* in the first two
28
29 samplings of 2016. We subsequently recorded a colony of this species in the same section
30
31 in February 2018. During the period when we did not record *P. parnelli*, we irregularly
32
33 observed (in the months of November, February, March, and June) a small colony of
34
35 approximately 25 individuals of *Natalus mexicanus*. In Interior 3, we observed from 8 to 10
36
37 groups of *Desmodus rotundus* in the crevices of the ceiling and walls, which varied in the
38
39 number of individuals (1-20 individuals). In Interior 4, in the first two samplings, we
40
41 recorded a colony of *Mormoops megalophylla* of approximately 200 individuals and a
42
43 colony of approximately 200 individuals of *Glossophaga soricina* in the deepest part of this
44
45 section. We did not record *M. megalophylla* in subsequent samplings and observed a
46
47 considerable increase in the number of *G. soricina* individuals in January 2017,
48
49 approximately 1000 individuals, which remained constant until the end of the samplings.
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Temporal variation in the microclimate of the roosting sections

We found that temperature was significantly higher in the Dry 1 than in the Dry 2 season in four of the five roosting sections (Interior 1: $t = 8.484$, $p = 0.0001$; Interior 2: $t = 7.986$, $p = 0.0001$; Interior 3: $t = 8.479$, $p = 0.0001$, and Interior 4: $t = 6.982$, $p = 0.0001$), while humidity was significantly higher in Dry 1 only in Interior 3 ($t = 6.816$, $p = 0.0001$). In the case of the rainy seasons, the temperature was significantly higher in Rainy 1 only in Interior 1 ($t = 4.115$, $p = 0.0001$), with no differences between rainy seasons in the rest of the sections, while the humidity was significantly higher in Rainy 1 in Interior 4 ($t = 5.142$, $p = 0.0001$) and Interior 2 ($t = 4.2749$, $p = 0.0009$). The analysis of the differences between the rainy and dry seasons showed that humidity was significantly different in the five sections, while the exterior temperature was the only parameter that showed no significant differences (Table 1). Minimum and maximum temperatures throughout the samplings are shown in Table 2.

Streblid bat-fly load

We collected a total of 1165 bat-fly from 16 species, seven genera, and three subfamilies in 688 individuals from five bat species (hosts) belonging to two families: Phyllostomidae (three species) and Mormoopidae (two species) (Table 3). Table 3 shows values of prevalence, mean abundance, and mean infestation intensity, as well as the streblid species found in each host species.

Relationship between microclimate and bat-fly load

1
2
3 We found a significant correlation between temperature and parasite load in three of the
4
5 four species permanently recorded in the cave. *Glossophaga soricina* exhibited an inversely
6
7 proportional relationship between temperature and P and MI ($r = -0.59549$, $p = 0.0091$; $r = -$
8
9 0.52563 , $p = 0.025$; respectively), while *P. davyi* showed an inversely proportional
10
11 relationship between temperature and MI ($r = -0.47855$, $p = 0.044535$). *Artibeus*
12
13 *jamaicensis* showed a negative correlation ($r = -0.59627$, $p = 0.0090$) between temperature
14
15 and MA. We did not find a significant correlation in *D. rotundus*. We also found no
16
17 correlation between humidity and any parameter of parasitism in any of the host species.
18
19
20
21
22
23
24

25 Temporal variation in bat-fly load

26
27
28 Most values of the parameters of parasitism in the hosts were similar between the rainy
29
30 seasons 1 and 2, except for MI in *A. jamaicensis*, which was significantly higher in Rainy 1
31
32 ($p=0.007$). In the case of *P. parnellii*, MA ($p=0.006$) and MI ($p=0.004$) were significantly
33
34 higher in Rainy 2 (Table 4). We found no differences between the dry seasons in any
35
36 parameter of parasitism in any of the host species (Table 4).
37
38
39

40
41 In the case of differences between the rainy and dry seasons, we found that the
42
43 prevalence of bat-fly in *G. soricina* was significantly higher in the Dry season ($p=0.00$),
44
45 while the rest of the host species did not show significant differences in this parameter. We
46
47 found significant differences in MA and MI between the rainy and dry seasons, where *A.*
48
49 *jamaicensis* showed higher MI during the Rainy season and *D. rotundus* and *P. parnellii*
50
51 showed higher MA and MI also during this season, whereas MA in *G. soricina* was
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 significantly higher in the Dry season (Table 5). Finally, we found no significant
4
5 differences in the parasite load of *P. davyi* between seasons.
6
7

8 9 10 Variation in bat-fly load between host species

11
12 The bat species with the highest P values were *P. parnellii* (67.6%) and *D. rotundus*
13 (67.5%). The highest values of MA and MI were observed in *D. rotundus* (5.90 and 8.74;
14
15 respectively), followed by *P. parnellii* (4.70 and 6.96); whereas *P. davyi* exhibited the
16
17 lowest levels of P, MA, and MI (Table 3). According to Scheffe's test, we found that
18
19 prevalence in *P. davyi* was significantly lower than in the rest of the hosts. In the case of
20
21 MA and MI, two groups were formed, the first one included *P. parnellii* and *D. rotundus*,
22
23 and had higher MA and MI values than the second group, comprised by *P. davyi*, *G.*
24
25 *soricina*, and *A. jamaicensis* (Table 6).
26
27
28
29
30
31
32
33
34

35 **Discussion**

36 Microclimatic conditions inside the roost

37
38 Natural roosts, such as caves, provide stable microclimatic conditions (temperature and
39
40 humidity) throughout the year, which explains why 70 bat species in Mexico use caves as
41
42 their main roosts (Arita 1993). However, in the present study, we observed significant
43
44 variations in temperature and humidity between and within climatic seasons in the different
45
46 roosting sections of the cave. These results contrast with that reported by Amat-Valero et
47
48 al. (2014), who observed little variation in the microclimatic conditions of burrows and
49
50 cavities throughout two years in a landscape of cropland and riparian vegetation in a
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 semiarid environment. The variations in temperature and humidity that we report in our
4
5 study could be due to environmental conditions between seasons (rainy and dry) being
6
7 highly contrasting in dry forests, which could have an influence on a finer scale (roosting
8
9 sites).
10

11 12 Relationship between microclimate and bat-fly load 13 14

15
16 Previous studies have documented that parasite population density responds to changes in
17
18 humidity (Marshall 1981, Gray et al. 2009). The results of our study show that even though
19
20 variations in temperature in each roosting section were correlated with variations in parasite
21
22 load, this correlation was different in each host species and parameter of parasite load. MI
23
24 appears to be the parameter most strongly influenced by temperature, since we observed a
25
26 negative correlation in *G. soricina* and *P. davyi*, whereas, for P and MA, we only observed
27
28 a significant correlation in *G. soricina* and *A. jamaicensis*, respectively. There was no
29
30 significant correlation between humidity and any of the parasitism parameters measured in
31
32 this study. The negative correlation between temperature and P, MA, and MI contrasts with
33
34 what has been reported by other authors, who mention that higher humidity and
35
36 temperature result in a reduction in the incubation period of some ectoparasite species
37
38 (mainly mites and ticks), causing an increase in their reproduction rates (Labruna et al.,
39
40 2002, Sponchiado et al. 2017). This appears to indicate that streblids respond differently
41
42 from other ectoparasites to environmental variations. The importance of temperature for
43
44 cave organisms has been previously documented by Ávila and Medellín (2004), who
45
46 studied 15 caves in five different biomes and found that temperature is the most important
47
48 physical factor in the selection of roosts by bats. Similarly, to our study, the authors found
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 that even though there were variations in humidity, this factor did not show any important
4
5 correlation with the presence of bat populations in caves.
6

7 8 Temporal variation in bat-fly load 9

10
11 Some studies suggest that seasonality is not a factor that influences the parasite load of bats
12
13 (Villegas-Guzman 2012, Lareschi and Krasnov 2010). These conclusions could be due to
14
15 such studies analyzing parasite load in the host assemblage as a whole, but when parasite
16
17 load is analyzed in each species independently, as performed in the present and other
18
19 studies (Rivera-García et al. 2016, Salinas-Ramos et al. 2018), we can observe how
20
21 temporal changes influence parasite load differently in each host species.
22
23
24
25

26 The results of our study suggest that the parasite load of each host species responds
27
28 differently to seasonal changes since we found significant variation in the three studied
29
30 parameters of parasite load in four of the five analyzed bat species. In the case of *A.*
31
32 *jamaicensis*, we found significantly higher MA and MI in the Rainy 1 season than in Rainy
33
34 2, and MA was significantly higher in Dry 2 than in Dry 1. It is important to note that the
35
36 difference in the number of individuals of *A. jamaicensis* between the two rainy seasons
37
38 was of only two individuals, whereas in the dry seasons, the number of individuals of this
39
40 host species was significantly higher in Dry 1 (n = 30) than in Dry 2 (n = 9). When we
41
42 analyzed the parasite load of *A. jamaicensis* between the Rainy and Dry seasons, only MI
43
44 was significantly higher in the Rainy seasons, while host abundance was similar between
45
46 the two different seasons (39 and 38 individuals, respectively). In the case of *D. rotundus*,
47
48 we found no significant differences in parasite load within a given season, even though
49
50 there were marked differences in the abundance of this host species within the rainy
51
52 seasons. When we compared the Dry and Rainy seasons, we found that MA and MI were
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 significantly higher in the Rainy seasons in *D. rotundus*, while the abundance of the host
4 species was similar between seasons. The pattern of MA and MI observed within and
5 between seasons indicates that an increase in the abundance of *A. jamaicensis* and *D.*
6 *rotundus* may not have an influence on the increase in parasite load, as some authors
7 suggest (Villegas-Guzman et al. 2005, Pilosof et al., 2012). Based on the results of the
8 analysis of parasite load and microclimate, we consider that this pattern is the result of a
9 direct effect of environmental changes on streblids, whose life cycle includes stages where
10 they are exposed to microclimatic variations in the roosting sites of their hosts, which vary
11 not only between seasons but also within months.
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22

23
24 In the case of *P. parnellii*, MA and MI were significantly higher in Rainy 2 than in
25 Rainy 1, even though the abundance of the host showed an inverse pattern (20 and 7
26 individuals, respectively), exhibiting the same pattern as in *A. jamaicensis* and *D. rotundus*,
27 where we observed that host abundance does not appear to influence the changes in parasite
28 load. However, when compared between the Dry and Rainy seasons, MA and MI were
29 significantly higher in the Rainy seasons and host abundance was also higher in these
30 seasons, which could indicate that parasite load increases with host abundance. This result
31 is similar to that reported by Salinas-Ramos et al. (2018), who apart from recording higher
32 abundance and infestation intensity of four streblid species in *P. parnellii* in the rainy
33 season, also found a higher prevalence of one streblid species. The authors also recorded a
34 higher host population density in this season and thus concluded that the abundance of *P.*
35 *parnellii* explains the higher abundance and infestation intensity of certain streblid species.
36
37 In the case of *G. soricina*, we found a different pattern from that of the other host species,
38 since we found no significant differences within a given season in any parasite load
39 parameter despite the marked differences in the abundance of this species between the two
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 Rainy (15 and 51 individuals, respectively) and Dry (243 and 99 individuals, respectively)
4
5 seasons. When we compared parasite load between the Rainy and Dry seasons, we found
6
7 that all parameters were significantly higher in the Dry seasons, which corresponded to
8
9 higher host abundance (n = 342) compared to the Rainy seasons (n = 66). This phenomenon
10
11 in the abundances of *G. soricina* could be due to the higher availability of food (mainly
12
13 nectar) in the dry season in dry forests since flowering occurs in this season (Chávez and
14
15 Ceballos 2001).
16
17

18
19 According to the above, we can conclude that the parasite load of *G. soricina* and
20
21 *P. parnellii* is influenced by seasonality, which could be manifested indirectly through host
22
23 abundance since an increase in host abundance corresponded to an increase in parasite load.
24
25 This pattern of an increase in host abundance and parasite load has been reported in other
26
27 studies (Lourenço and Palmeirim 2008, Salinas-Ramos et al. 2018), which explain that host
28
29 abundance increases in certain seasons due to an increase in food resources, which results
30
31 in an increase in ectoparasite abundance.
32
33

34
35 Finally, according to the results of the five host species analyzed in the present
36
37 study, we can conclude that seasonality directly influences the parasite load of two host
38
39 species (*A. jamaicensis* and *D. rotundus*), while in *P. parnellii* and *G. soricina*, apart from a
40
41 direct effect due to changes in temperature in the roosting site, seasonality could also be
42
43 contributing to the variation in parasite load through changes in host abundance between
44
45 seasons. In the case of *P. davyi*, we found no significant changes between seasons, but there
46
47 was a correlation with microclimatic conditions. Thus, we suggest that changes in parasite
48
49 load should be analyzed from the ecological perspective of each streblid species since
50
51 different streblid species could respond differently to changes such as fragmentation of the
52
53 host's habitat, as suggested by Bolivar-Cime et al. (2018). Other studies (Colín-Martínez et
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 al. 2018, Salinas-Ramos et al. 2018) have found that the abundance of some mite
4 (ectoparasites of bats) and streblid species is sensitive to temporal changes. Therefore, we
5 consider that the differences in MA and MI where there were no differences in host
6 abundance but there were differences in temperature in the roosting sites indicate that
7 streblids are sensitive to changes in the temperature of the sites.
8
9
10
11
12
13
14
15

16 Variation in bat-fly load between host species

17
18 In this study, we analyzed prevalence in five bat species belonging to two families. The
19 three species of the family Phyllostomidae showed prevalence values higher than 50%, with
20 the lowest value observed in *G. soricina* with 54.3%, while the highest value corresponded
21 to *D. rotundus* with 75%. The species of the family Moormopidae showed prevalence
22 values that were very different between species. *P. davyi* had the lowest prevalence value
23 from both families with 25%, while *P. parnellii* had the highest value from both families
24 with 83.8%. The prevalence values observed in *P. parnellii* are similar to those reported in
25 other studies (87% in Jalisco, Salinas-Ramos et al., 2018; 87% in Chiapas, Tlapaya et al.,
26 2015), as well as to those observed in *D. rotundus* (70% in Chiapas, Tlapaya et al. 2015).
27 Thus, we can infer that streblid prevalence rates in *P. parnellii* and *D. rotundus* do not vary
28 between different environmental conditions, such as humidity, temperature, altitude, and
29 latitude, as well as vegetation type, although there are only a few studies that demonstrate
30 this pattern.
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49

50 An important result to consider is the pattern in the parasite loads of *P. parnellii* and
51 *D. rotundus* observed in this study and the one reported by Tlapaya et al. (2015). In both
52 cases, *P. parnellii* showed higher streblid prevalence than *D. rotundus*, but MA and MI
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 were higher in *D. rotundus*. This pattern is a clear example of what has been proposed by
4
5 Rózsa et al. (2000), who mentions the difficulty in determining which host sample is more
6
7 parasitized since the three types of measures can yield contradictory results. Therefore, we
8
9 suggest that each descriptor parameter of parasite load should answer a more specific
10
11 question and the interpretation could be more complex, allowing thus each parameter to be
12
13 interpreted at the population level or the individual host level. Thus, we can infer that all
14
15 individuals in the populations of *P. parnellii* are equally susceptible to the presence of
16
17 (Prevalence), but at the individual level, hosts exhibit low infestation rates (MA and MI).
18
19 On the other hand, populations of *D. rotundus* exhibit low prevalence rates, but at the
20
21 individual level, some hosts exhibit high infestation rates, which could indicate that certain
22
23 individuals in populations of *D. rotundus* are more susceptible to streblid infestations.
24
25
26
27

28
29 Even though many studies have measured the prevalence of bat-fly in bat
30
31 communities or assemblages, several of these studies only indicate that there are
32
33 differences in prevalence between host species but do not corroborate those differences
34
35 through statistical analyses (Komeno and Linhares 1999, Eriksson et al. 2019, Cuxim-
36
37 Koyoc et al. 2015, Tlapaya et al. 2015). Studies that have focused on measuring differences
38
39 in parasite load have done so only at the individual host level (sex, age, reproductive
40
41 condition; Komeno and Linhares 1999, Tlapaya-Romero et al. 2015), the temporal level
42
43 (Salinas-Ramos et al. 2018, Colín-Martínez 2018), or concerning habitat and roost type
44
45 (Bolívar-Cimé et al. 2018). Nevertheless, many of these studies indicate that streblid
46
47 prevalence patterns vary widely between hosts as a result of local host abundance and roost
48
49 type (Eriksson et al. 2011, Cuxim-Coyok et al. 2015, Tlapaya-Romero et al. 2015, Bolívar-
50
51 Cimé et al. 2018). Our results show a very wide variation in prevalence between host
52
53 species, ranging from 25% (*P. davyi*) to 83% (*P. parnellii*). However, Scheffé's post-hoc
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 test showed that only *P. davyi* had a significantly lower prevalence than the rest of the host
4 species, which did not show differences between each other. In the case of MA and MI, we
5 identified two subsets of hosts with similar MA and MI: the first one included *P. parnellii*
6 and *D. rotundus* and the second one included *P. davyi*, *G. soricina*, and *A. jamaicensis*.
7
8
9

10 Differences in parasite load between bat species found in other studies (Imaz and
11 Totorika 1999, Eriksson et al. 2011, Cuxim-Koyoc et al. 2015, Tlapaya et al. 2015, Colín-
12 Martínez et al. 2018) are similar to what we report here. Such variation has been mentioned
13 to be due to bat species roosting both in closed (caves or abandoned mines) and open
14 (foliage and hollow trees) sites, and since closed sites promote higher streblid infestation
15 levels than open sites (Gracioli and Barros de Carvalho 2001, Dick and Patterson 2006,
16 Patterson et al, 2007), such variation in roost type explains variation in prevalence (Cuxim-
17 Koyoc et al. 2015). Nevertheless, according to the results obtained in the present study, we
18 consider that the use of closed roosts, such as caves, does not necessarily imply a higher
19 streblid parasite load, since all the analyzed species showed clearly contrasting results in
20 the parameters of parasite load even though they all occupied the same cave as a roost site.
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36

37 Regarding host population size and parasite load, we observed no relationship
38 between these two variables in the studied bat species, since the species with the largest
39 colony (*P. davyi*) showed some of the lowest parasite load values, while *D. rotundus*, which
40 was found in a few groups with a low number of individuals, was one of the species with
41 highest P, MA, and MI values. Some authors propose that parasite load values are in fact
42 ultimately determined by the identity of the host (Lareschi and Krasnov 2010, Pilosof,
43 2012, Sponchiado et al. 2017). Based on our results, we consider that the combination of
44 the biology of each host species and their response to environmental changes, as well as the
45 specific requirements of each streblid species and their response to fluctuations in host
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

1
2
3 abundance, along with fluctuations in the microclimate, will determine the pattern of
4
5 parasite load.
6
7
8
9

10 **Conclusions**

11
12 We consider the values obtained for each parasite load parameter (P, MA, and MI) to be
13 highly important because each one provides valuable information about parasitism in bat
14 populations. The results of each analyzed parameter showed that a high P does not imply
15 high MA and MI, as we observed in *P. parnellii* and *D. rotundus*. We also found that P is a
16 parameter that does not appear to vary significantly with temporal or host population
17 changes and can thus be used for monitoring the health status of bat populations. On the
18 other hand, MA and MI showed changes in parasite load in response to environmental and
19 host population changes. However, it is necessary to monitor the response of each streblid
20 species to environmental and microenvironmental changes. Thus, we recommend
21 conducting studies focusing on generating knowledge on the biology of this family of
22 dipterans, which is still very poorly known.
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Acknowledgements: We thank the authorities of Santa María Huatulco, Oaxaca, for providing the permits to work in the cave Cerro Huatulco. To Mr. Rigoberto Cruz Soriano (Don Rigo) for providing information and the resources to get to the cave Cerro Huatulco. We also thank Antonio García Méndez, David Ramírez Cruz, Alejandra Vera Rúa, and Lucia T. Mendoza Morales for helping with the fieldwork. LTR thanks the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) for providing the scholarship No. 449205 and a mobility grant for a research internship at the Instituto de Ecología, A.C., en Xalapa,

1
2
3 Veracruz. This work was also supported by project subsidies SIP-20161645, SIP-
4
5 20171154, and SIP-2018-0613 provided by the Instituto Politécnico Nacional de México to
6
7 the second author and the support provided through a BEIFI scholarship. The collection of
8
9 samples was conducted under the auspices of the collection permit SMARN 20 / KS-
10
11 0112/10/16.
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

For Review Only

References

- 1
2
3
4
5
6 Aguirre, L.F., A. Herrel, R. Van Damme, and E. Matthysen, 2003. The implications of food
7
8 hardness for diet in bats. *Funct. Ecol.* 17: 201–212.
9
10
11 Amat-Valero, M., M.A. Calero-Torralbo, R. Václav, and F. Valera. 2014. Cavity types and
12
13 microclimate: implications for ecological, evolutionary, and conservation studies.
14
15 *Int. J. Biometeorol.* 58: 1983–1994.
16
17
18 Arita, H.T. 1993. Conservation biology of the cave bats of Mexico. *J. Mammal.* 74: 693–
19
20 702.
21
22 Avila-Flores, R. and R.A. Medellín. 2004. Ecological, taxonomic, and physiological
23
24 correlates of cave use by Mexican bats. *J. Mammal.* 85: 675–687.
25
26
27 Bauer, S. and B.J. Hoye. 2014. Migratory animals couple biodiversity and ecosystem
28
29 functioning worldwide. *Science* 344. 1242552–1242552.
30
31
32 Bolívar-Cimé, B., A. Cuxim-Koyoc, E. Reyes-Novelo, J.B. Morales-Malacara, J. Laborde,
33
34 and R. Flores-Peredo. 2018. Habitat fragmentation and the prevalence of parasites
35
36 (Diptera, Streblidae) on three Phyllostomid bat species. *Biotropica.* 50: 90–97.
37
38
39 Boyles J.G. 2007. Describing roosts used by forest bats: the importance of microclimate.
40
41 *Acta Chiropterol* 9: 297–303.
42
43
44 Bullock, S.H., H.A. Mooney, and E. Medina. 1995. Seasonally dry tropical forests.
45
46 Cambridge University Press, New York. pp. 450.
47
48 Ceballos, G. (1995). Vertebrate diversity, ecology, and conservation in neotropical dry
49
50 forests. In: (S. Bullock, E. Medina and H. Mooney, eds.) Seasonally dry tropical
51
52 forests. Cambridge University Press, pp. 195–220.
53
54
55
56
57
58
59
60

- 1
2
3 Chávez, C. and G. Ceballos. 2001. Diversidad y abundancia de murciélagos en selvas secas
4 de temporalidad contrastante en el oeste de México. *Rev. Mex. Mastozool.* 5: 27–
5
6 44.
7
8
9
10 Colín-Martínez, H., J.B. Morales-Malacara and C. García-Estrada. 2018. Epizoic fauna
11 survey on Phyllostomid Bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a shaded coffee
12 plantation of southeastern Chiapas, Mexico. *J Med Entomol.* 55: 172–182.
13
14
15
16
17 Conway C.J. and T.E. Martin. 2000 Effects of ambient temperature on avian incubation
18 behavior. *Behav Ecol* 11: 178–188.
19
20
21 Cuxim-Koyoc, A., E. Reyes-Novelo, J.B Morales-Malacara, B. Bolívar-Cimé, and J.
22 Laborde. 2015. Streblidae (Diptera: Hippoboscoidea) from Yucatán and updated
23 species list for Mexico. *J Med Entomol*, 52: 947–961.
24
25
26
27
28 da Rocha, A.P., J. Ruiz-Esparza, A. de S. Ribeiro and S.F. Ferrari. 2015. Species diversity
29 and seasonal variation in the composition of a bat community in the semi-arid
30 Brazilian caatinga. *Acta Sci.* 37: 197–203.
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
- Dick, C.W. y B.D. Patterson. 2006. Bat flies-obligate ectoparasites of bats. In (S. Morand, B.R- Krasnov and R. Poulin, eds.) *Micromammals and macroparasites: From evolutionary ecology to management*. Springer-Verlag, Tokyo, pp 179-194.
- Dick, C.W. and K. Dittmar. 2014. Parasitic bat flies (Diptera: Streblidae and Nycteribiidae): host specificity and potential as vectors. In (S. Klimpel and H. Mehlhorn, eds.) *Bats (Chiroptera) as vectors of diseases and parasites*, Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 131–155.
- Dietrich, M., M.A. Tjale, J. Weyer, T. Kearney, E. C. Seamark, L.H. Nel, A. Monadjem and W. Markotter. 2016. Diversity of Bartonella and Rickettsia spp. in bats and their blood-

- 1
2
3 feeding ectoparasites from South Africa and Swaziland. PLoS One, 11(3). e0152077.
4
5 doi:10.1371/ journal.pone.0152077
6
7 Eriksson, A., G. Graciolli and E. Fischer. 2011. Bat flies on phyllostomid hosts in the
8
9 Cerrado region: Component community, prevalence and intensity of parasitism.
10
11 Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 106: 274–278. [https://doi.org/10.1590/S0074-](https://doi.org/10.1590/S0074-02762011000300004)
12
13 [02762 01100 0300004](https://doi.org/10.1590/S0074-02762011000300004)
14
15 Eriksson, A., J.F. Doherty, E. Fischer, G. Graciolli and R. Poulin. 2019. Hosts and
16
17 environment overshadow spatial distance as drivers of bat fly species composition
18
19 in the Neotropics. *J. Biogeogr.* 47: 736–747.
20
21
22 Fenton, M.B. 1983. Roosts used by the African bat *Scotophilus leucogaster* (Chiroptera:
23
24 Vespertilionidae). *Biotropica* 15: 129–132.
25
26
27 Fonseca, P et al. (2016) Parasite-host interactions of bat flies (Diptera: Hippoboscoidea) in
28
29 Brazilian tropical dry forest. *Parasitology Research* 115, 367–377.
30
31
32 García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México
33
34 D.F.: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
35
36
37 García-García, J.L., and A. Santos-Moreno. 2014. Variación estacional en la diversidad y
38
39 composición de ensambles de murciélagos filostómidos en bosques continuos y
40
41 fragmentados en Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85: 228–
42
43 241.
44
45
46 García-Méndez, A., C. Lorenzo, L. Bernardo V. and R. Reyna-Hurtado. 2014. Roedores y
47
48 murciélagos en espacios verdes en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.
49
50 *Therya* 5: 615–632.
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- 1
2
3 Gracioli, G., and C.J.B. Carvalho. 2001. Moscas ectoparasitas (Diptera, Hippoboscoidea)
4 de morcegos (Mammalia, Chiroptera) do estado do Paraná. II. Streblidae: chave
5 pictórica para gêneros e espécies. Rev. Bras. Zool, 907-960.
6
7
8
9
10 Gray, J.S., H. Dautel, A. Estrada-Peña, O. Kahl and E. Lindgren. 2009. Effects of climate
11 change on ticks and tick-borne diseases in Europe. Interdiscip Perspect Infect Dis.
12 593232
13
14
15
16
17 Hammer, O., D.A.T. Harper and P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics
18 software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4: 1–
19 9.
20
21
22
23
24 Heeb P, M. Kölliker and H. Richner. 2000 Bird-ectoparasite interactions, nest humidity,
25 and ectoparasite community structure. Ecology 81(4): 958–968
26
27
28
29 Hernández-Martínez, J., J. Morales-Malacara, M. Alvarez-Añorve, S. Amador-Hernández,
30 K. Oyama and L. Avila-Cabadilla. 2019. Drivers potentially influencing host–bat
31 fly interactions in anthropogenic neotropical landscapes at different spatial scales.
32 Parasitology 146–1, 74-88. doi:10.1017/S0031182018000732
33
34
35
36
37 Imaz, E., J.R. Aihartza, and M. J. Totorika. 1999. Ectoparasites on bats (Gamasida,
38 Ixodida, Diptera) in Biscay (N Iberian peninsula). Misc Zool 22: 21–30.
39
40
41
42 Janzen D.H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees within dry season in
43 Central America. Ecology 21: 620–637.
44
45
46
47 Kerth G, K. Weissmann and B. König. 2001. Day roost selection in female Bechstein’s bats
48 (Myotis bechsteinii): a field experiment to determine the influence of roost
49 temperature. Oecologia 126: 1–9
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

- 1
2
3 Komeno C.A. and A.X. Linhares. 1999. Bat flies parasitic on some phyllostomid bats in
4
5 Southeastern Brazil: parasitism. Rates and host-parasite relationships. *Memorias*
6
7 del Instituto Oswaldo Cruz 94: 151-156.
8
9
10 Kunz, T. 1982. Roosting ecology of bats. In (T.H. Kunz ed.) *Ecology of bats*, Plenum, New
11
12 York pp.1-55
13
14 Kurta, A. 1985. External insulation available to a non nesting mammal, the little brown bat
15
16 (*Myotis lucifugus*). *Comp. Biochem. Physiol.* 82: 413-420.
17
18 Labruna, M.B., N. Kasai, F. Ferreira, J.L. Faccini and S.M. Gennari. 2002. Seasonal
19
20 dynamics of ticks (Acari: Ixodidae) on horses in the state of São Paulo, Brazil. *Vet.*
21
22 *Parasitol.* 105 65-77.
23
24
25 Lareschi, M. and B.R. Krasnov. 2010. Determinants of ectoparasite assemblage structure
26
27 on rodent hosts from South American marshlands: the effect of host species, locality
28
29 and season. *Med. Vet. Entomol.* 24: 284-292.
30
31
32 Lourenço, S.I. and J.M. Palmeirim. 2008. Which factors regulate the reproduction of
33
34 ectoparasites of temperate-zone cave-dwelling bats? *Parasitol. Res.* 104: 127-134.
35
36
37 Lewis, S. E. 1995. Roost fidelity of bats: a review. *J. Mammal.* 76: 481-496
38
39
40 MacArthur, R.H. 1984. *Geographical ecology: Patterns in the distribution of species.*
41
42 Princeton, NJ: Princeton University Press
43
44 Marshall, A.G. 1981. *The ecology of ectoparasitic insects.* Academic Press, London. pp.
45
46 459.
47
48
49 Maziarz, M. and T. Wesolowski. 2013. Microclimate of tree cavities used by Great Tits
50
51 (*Parus major*) in a primeval forest. *Avian Biol. Res.* 6: 47-56.
52
53
54 Medellín, R.A., H.T. Arita and O. Sánchez. 2008. Identificación de los murciélagos de
55
56 México: clave de campo. Instituto de Ecología, UNAM, México D.F. pp. 78.
57
58
59
60

- 1
2
3 Mello, M.A.R. 2009. Temporal variation in the organization of a Neotropical assemblage of
4
5 leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Oecol.* 35: 280–286.
6
7
8 NCSS 12. 2018. NCSS 12 Statistical Software. Available at: ncss.com/software/ncss.
9
10 Accessed March 10, 2019.
11
12 Nelson, R.J., G.E. Demas, S.L. Klein and L. Kriegsfeld. 2002 Seasonal patterns of stress,
13
14 immune function and disease. Cambridge Univ Press, New York
15
16
17 Patterson, D. B., W.C. Dick and K. Dittmar. 2007. Roosting habits of bats affect their
18
19 parasitism by bat flies (Diptera: Streblidae). *J. Trop. Ecol.* 23: 177–189.
20
21
22 Pilosof, S., C.W. Dick, C. Korine, B.D. Patterson and B.R. Krasnov. 2012. Effects of
23
24 anthropogenic disturbance and climate patterns of bat fly parasitism. *PLoS One* 7:
25
26 1–7.
27
28
29 Pontes, A.M. 2004. Ecology of a community of mammals in a seasonally dry forest in
30
31 Roraima, Brazilian Amazon. *Mamm. Biol.* 69: 319–336.
32
33
34 Read, A. 1990. Parasites and the evolution of host sexual behaviour. In: (C.J. Barnard and
35
36 J.M. Behnke, eds) *Parasitism and host behaviour*. Taylor and Francis, London, pp
37
38 117–157.
39
40
41 Rivera-García, K.D., C.A. Sandoval-Ruiz, R.A. Saldaña-Vazquez and J.E. Schondube.
42
43 2016. The effect of seasonality on host-bat fly ecological networks in a temperate
44
45 mountain cave. *Parasitology* 144: 692–697.
46
47
48 Reiczigel J, Zakariás I, Rózsa L 2005. A bootstrap test of stochastic equality of two
49
50 populations. *Am Am. Stat.* 59: 156–161
51
52 Rózsa, L., J. Reiczigel y G. Majoros. 2000. Quantifying Parasites in Samples of Hosts. *J.*
53
54 *Parasitol.* 86: 228–232.
55
56
57
58
59
60

- 1
2
3 Salinas-Ramos V.B., A. Zaldívar-Riverón, A. Rebollo-Hernández and L.G. Herrera-M.
4
5 2018. Seasonal variation of bat-flies (Diptera: Streblidae) in four bat species from a
6 tropical dry forest. *Mammalia* 82: 133–143
7
8
9
10 Simmons, N.B. 2005. Order Chiroptera. In: (D.E. Wilson and D.M. Reeder, eds) *Mammal*
11 *species of the world: a taxonomic and geographic guide*.
12 John Hopkins University Press, Baltimore, pp. 312–529
13
14
15
16 Sponchiado, J., G.L. Melo, G.A. Landulfo, F.C. Jacinavicius, D.M. Barros-Battesti and
17 N.C. Cáceres. 2015. Interaction of ectoparasites (Mesostigmata, Phthiraptera and
18 Siphonaptera) with small mammals in cerrado fragments, western Brazil. *Exp.*
19 *Appl. Acarol.* 66: 369–381.
20
21
22
23
24
25 Trejo, I., A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez, and M. Briones-Salas. 2004. Biodiversidad
26 de Oaxaca. Chapter Clima. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la
27 Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, pp. 67–85.
28
29
30
31
32 Tlapaya-Romero, L., A. Horváth, S.Gallina-Tessaro, E.J. Naranjo and B. Gómez. 2015.
33 Prevalencia y abundancia de moscas parásitas asociadas a una comunidad de
34 murciélagos cavernícolas en La Trinitaria, Chiapas, México. *Rev. Mex. Biodivers.*
35 86: 377–385.
36
37
38
39
40
41
42 Tlapaya-Romero, L., S. Ibáñez-Bernal and A. Santos-Moreno. 2019. New records of bat
43 flies (Diptera: Streblidae) in Oaxaca, Mexico. *Rev. Mex. Biodivers.* 90: 1–16
44
45
46
47 Vaughan, T.A. and T.J. O'shea. 1976. Roosting ecology of the pallid bat, *Antrozous*
48 *pallidus*. *J. Mammal.* 57: 19–42.
49
50
51 Villegas-Guzman, G.A., C. López-González and M. Vargas. 2005. Ectoparasites associated
52 to two species of *Corynorhinus* (Chiroptera: Vespertilionidae) from the Guanaceví
53 Mining Region, Durango, Mexico. *J. Med. Entomol.* 43: 125–127.
54
55
56
57
58
59
60

- 1
2
3 Wenzel, R.L. 1976. The Streblidae batflies of Venezuela (Diptera: Streblidae) Brigham
4
5 Young University Science Bulletin, Biological Series 20: 1–177.
6
7
8 Wenzel, R.L., V.J. Tipton and A. Kiewlicz. 1966. The Streblid bat flies of Panama
9
10 (Diptera: Calypterae: Streblidae). In: (R.L. Wenzel and V.J. Tipton, eds.)
11
12 Ectoparasites of Panama. Field Museum of Natural History, Chicago. pp. 405-675
13
14
15 Weil Z.M., L.B Martin II. and R.J. Nelson. 2016. Interactions among immune, endocrine,
16
17 and behavioural response to infection. In (S. Morand, B.R. Krasnov and R. Poulin,
18
19 eds.) Micromammals and macroparasites from evolutionary ecology to
20
21 management. pp. 443-474.
22
23
24 Walldorf V. and H. Mehlhorn. 2016. Bats: A Glimpse on Their Astonishing Morphology
25
26 and Lifestyle. In (S. Klimpel and H. Mehlhorn, eds.) Bats (Chiroptera) as vectors of
27
28 diseases and parasites, Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 7–24.
29
30
31 Zarazúa-Carbajal, M., Avila-Cabadilla, L. D., Alvarez-Anorve, M. Y., Benítez-Malvido, J.,
32
33 y Stoner, K. E. (2017). Importance of riparian habitat for frugivorous bats in a
34
35 tropical dry forest in western Mexico. *J. Trop. Ecol.*, 33(1), 74-82.
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60

Tables.

Table 1. Comparisons of the microclimate in the roosting sites of the hosts between the rainy and dry seasons.

Section	Temperature		Humidity	
	t	p	t	p
Interior 1	12.64	0.0001	1.49	0.1553
Interior 2	13.40	0.0001	16.13	0.0001
Interior 3	5.88	0.0001	23.53	0.0001
Interior 4	18.33	0.0001	11.63	0.0001
Exterior	1.63	0.121	3.8016	0.0015

Table 2. Description of the sites located inside the cave Cerro Huatulco *SD= Standard deviation. N/D Could not be determined.

Section	Temperature °C			Humidity %			Sampling month and year	Bat species	Individuals of bats
	Max	Min	SD	Max	Min	SD			
Interior 1	34°	32°	0.43	100	98.5	0.16	July 2016 to June 2018	<i>Pteronotus davyi</i>	10000
Interior 2	26°	22.5°	0.64	93.5	83	2.38	July and August 2016	<i>Pteronotus parnellii</i>	100
							February to June 2018		
							November 2018	<i>Natalus mexicanus</i>	25
Interior 3	24.5°	19.5°	0.83	94	65	6.4	February and March		
							2017 and June 2018		
Interior 3	24.5°	19.5°	0.83	94	65	6.4	July 2016-June 2018	<i>Desmodus rotundus</i>	100
Interior 4	24.5°	20°	0.80	87.6	85.5	2.7	June-August 2016	<i>Glossophaga</i>	500
							September 2016-June	<i>soricina</i>	1000
							2018		
Interior 4	24.5°	20°	0.80	87.6	85.5	2.7	July and August 2016	<i>Mormoops</i>	200
							and 2017	<i>megalophylla</i>	

1
2
3
4
5
6
7
8
9

Exterior	25°	21.3	0.98	63.3	100	11.3	July 2016-June 2018	<i>Artibes</i>	N/D
								<i>jamaicensis</i>	

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47

Table 3. Captured bats (N), infested bats (I), prevalence percentage (P), number of streblids (NI), mean abundance (MA) and mean infestation intensity (MI). *Insufficient data.

Bats	N	I	PP (% CI 95%)	Streblids	NI	MA (CI 95%)	MI (CI 95%)
<i>Artibes jamaicensis</i>	77	19	24.7	<i>Aspidoptera phyllostomatis</i>	26	0.34	1.37
			(0.15-0.35)			(0.21-0.55)	(1.05-1.79)
		21	27.3	<i>Megistopoda aranea</i>	33	0.43	1.57
			(0.17-0.38)			(0.26-0.62)	(1.24-2.00)
			9	11.7		<i>Metelasmus pseudopterus</i>	15
(0.5-0.21)		(0.08-0.47)	(1-3.33)				
<i>Desmodus rotundus</i>	40	18	42.9	<i>Trichobius bremani</i>	104	1.35	3.15
			(0.31-0.54)			(0.92-1.86)	(2.45-3.91)
		45	<i>Strebla wiedemanni</i>	41	1.02	2.28	
(0.29-0.61)		(0.63-1.65)	(1.72-3.28)				
<i>Desmodus rotundus</i>	40	27	67.5	<i>Trichobius parasiticus</i>	236	5.90	8.74
			(0.50-0.81)			(3.75-8.95)	(6.15-11.93)

Table 6. Scheffé's multiple comparisons test between host species. Groups with the same letter indicate no significant differences between the corresponding species. *P. davyi* (*P. d*), *G. soricina* (*G. s*), *A. jamaicensis* (*A. j*), *D. rotundus* (*D.r*), *P. parnellii* (*P. p*), Prevalence (P), mean abundance (MA), mean infestation intensity (MI) = Mean (Mn), Group (G).

Host	Prevalence			Host	Mean abundance			Host	Infestation intensity		
	P (CI 95%)	Mn	G		MA (CI 95%)	Mn	G		MI (CI 95%)	Mn	G
<i>P. d</i>	25 (16.7-34.9)	0.25	A	<i>P. d</i>	0.90 (0.53-1.63)	0.89	A	<i>P. d</i>	3.58 (2.38-5.79)	0.89	A
<i>G. s</i>	54.3 (50-59)	0.52	B	<i>G. s</i>	1.23 (1.08-1.40)	1.10	A	<i>G. s</i>	2.26 (2.05-2.49)	1.10	A
<i>A. j</i>	62.3 (50-73)	0.62	B	<i>A. j</i>	2.31 (1.75-2.97)	2.31	A	<i>A. j</i>	3.71 (3.02-4.44)	2.31	A
<i>D. r</i>	75 (59-87)	0.75	B	<i>P. p</i>	6.93 (4.68-9.93)	6.37	B	<i>P. p</i>	9.23 (6.73-12.83)	6.37	B
<i>P. p</i>	83.8 (68-94)	0.83	B	<i>D. r</i>	6.38 (4.14-9.22)	6.92	B	<i>D. r</i>	7.31 (5.26-10.9)	6.92	B

Capítulo V. Conclusiones generales

Conclusiones generales

Nuestros resultados indican que la estacionalidad influye en la riqueza de especies de murciélagos en la cueva Cerro Huatulco ya que la estación lluviosa presentó una mayor riqueza de especies (14 sp) que la estación seca (10), mientras que la abundancia por especies solo fue significativamente mayor en sequías en *Glossophaga soricina*. En cuanto al uso del refugio encontramos que, *Artibeus jamaicensis*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina* y *Pteronotus davyi* utilizaron el refugio de manera permanente. *Pteronotus davyi* se refugió en la sección más cálida, húmeda y con menor variación de temperatura y humedad, mientras que *A. jamaicensis*, *D. rotundus*, y *G. soricina* utilizaron secciones con mayor fluctuación de humedad y temperatura.

En relación a los estréblidos, las especies de estréblidos más abundantes fueron *Trichobius diphyllae*, *T. parasiticus* y *T. uniformis* con 257, 236 y 199 individuos respectivamente. Las menos abundantes fueron *T. sparsus*, *Megistopoda próxima* y *Nycterophilia. Fairchildi* representados con tan solo un individuo. La abundancia de los estréblidos es independiente de la abundancia de sus hospederos un claro ejemplo es la abundancia de *T. parasiticus* que estuvo representada con 236 individuos en 40 hospederos, mientras que *Paraeuctenodes longipes* y *T. johnsonae* que solo registraron a siete y nueve individuos respectivamente estuvieron asociados a las dos especies de hospederos más abundante (*Glossophaga soricina* y *Pteronotus davyi* con 438 y 96 individuos respectivamente).

En este estudio se logró registrar a 24 especies de estréblidos en una sola cueva, de los cuales 19 especies son nuevos registros para el estado de Oaxaca. Lo que sugiere que aún existen muchas zonas que estudiar para conocer las especies que encuentran en el estado de Oaxaca.

A pesar de la importancia de los estréblidos en las poblaciones de murciélagos ya que pueden ser reservorios y vectores para sus hospederos, la información disponible para este grupo es escasa e incompleta lo que hace más evidente la necesidad de estudios faunísticos, para conocer el número de especies y su distribución en México.

En el presente trabajo se adicionan una nueva técnica para la extracción de los estréblidos de sus hospederos, que consistió en aplicar alcohol en gel sobre los estréblidos, esta técnica resultó muy efectiva ya que inmovilizaba al parásito facilitando la extracción y evitando la pérdida de muestras.

Nuestros resultados sugieren que el hábito de refugio de los hospederos no es uno de los factores principales que este determinando la carga parasitaria y el número de especies de estréblidos en la comunidad de murciélagos cavernícolas analizada.

Los cambios en las abundancias de las poblaciones de los hospederos van a depender de las capacidades de cada especie para enfrentar los cambios en su entorno debido a fluctuaciones estacionales. Así mismo las poblaciones de cada especie de estréblido responderá de manera particular ante los cambios microambientales, así como a las fluctuaciones poblacionales de sus hospederos.

Nuestros resultados indican que la influencia de la temporalidad y las oscilaciones microambientales en los parámetros de carga parasitaria son específicas en cada especie de hospedero. Mientras que, las condiciones microambientales la temperatura se correlacionó negativamente con la carga parasitaria, en *Artibeus jamaicensis*, *Glossophaga soricina*,

Pteronotus parnellii y *Pteronotus Davyi*. La cueva Cerro Huatulco es sitio importante ya que alberga una alta diversidad de especies de murciélagos y estréblidos, debido a esto es importante crear un plan de manejo para conservar este sitio.