



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO  
DE MORELOS**

---

---

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN  
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN**

**DIETA DE *Molossus sinaloae* y *Tadarida brasiliensis*  
(CHIROPTERA: MOLOSSIDAE) EN ÁREAS VERDES  
URBANAS DE CUERNAVACA, MORELOS.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRO EN BIOLOGÍA INTEGRATIVA DE  
LA BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN**

**PRESENTA:**

**Biol. Hilda del Rocío Hernández Vila**

**DIRECTOR: M. EN C. CARMEN LORENA OROZCO LUGO**

**CUERNAVACA, MORELOS.**

**MAYO, 2018**



## **AGRADECIMIENTOS**

A los encargados y administrativos de los parques por permitirnos la realización de este proyecto.

A mi directora, M. en C. Lorena Orozco Lugo y a mi sínodo, Dr. David Valenzuela Galván y Dr. Antonio Guillén Servent, gracias por su participación en el desarrollo de este proyecto.

Al comité evaluador: Dr. Luis Ignacio Iñiguez Dávalos y Dr. Norman Mercado Silva por el tiempo dedicado a este proyecto, porque gracias a sus observaciones se pudo mejorar este trabajo.

Al Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación por el apoyo económico y académico otorgado para presentar esta tesis en el II Congreso Latinoamericano y del Caribe de Murciélagos.

Al CONACyT por otorgarme la beca de posgrado que me permitió continuar y completar mis estudios de maestría de lo cual forma parte la presente tesis.

A la Dra. Patricia Mussali Galante y Dr. Efraín Tovar Sánchez por estar pendientes del avance del proyecto y apoyarme facilitándome el acceso y uso del material en el Laboratorio de Microscopía del CEIB.

Al Sr. Rubén, Técnico del Laboratorio de Microscopía -CEIB porque siempre estuvo atento a las visitas y comodidad en el laboratorio.

Al director de la Facultad de Ciencias Biológicas, Biól. Juan Carlos Sandoval Manrique y a los técnicos del laboratorio I por facilitarnos el uso de los microscopios estereoscopios.

A las personas que estuvieron apoyándome en las noches de muestreo: Andrea, Ari, Andy, Ángel, Alexis, Bárbara, César, David, Daniel, Emmanuel, Sophie, Lupita.

A Bárbara y Sophie, por el gran apoyo que me brindaron con los análisis de excretas.

A mi familia porque siempre me hacen sentir su inmenso amor y apoyo. Porque me enseñaron a luchar por mis sueños hasta lograrlos.

A mi Carmela, porque eres indispensable en mi vida, tu amor y tu apoyo siempre me orientan en la mejor dirección. Gracias por estar tan cerca de mí.

A mi Viejito, porque con tu cariño y tus palabras de apoyo siempre te haces sentir cerca. Gracias por aprender tanto de los murciélagos.

A Fran y Turo, porque nunca me cansaré de decirlo ustedes son y serán siempre mi mejor ejemplo por seguir. Gracias por apoyarme incondicionalmente y por ir conmigo siempre.

A Carlos Luna, gracias por acompañarme en todo momento. Tu amor, apoyo y cercanía fue muy importante para mí. Gracias por soportar mi mal humor. Sobre todo, gracias por escucharme, interesarte y emocionarte conmigo.

## RESUMEN

Hernández-Vila, H.D.R. 2018. DIETA DE *Molossus sinaloae* y *Tadarida brasiliensis* (CHIROPTERA: MOLOSSIDAE) EN ÁREAS VERDES URBANAS DE CUERNAVACA, MORELOS. Tesis de Maestría, Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación - Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.

En las zonas urbanas neotropicales está bien documentada la presencia de murciélagos insectívoros (MI), siendo los molósidos muy abundantes y persistentes a lo largo del año; aun así, es escaso el conocimiento sobre sus hábitos alimentarios en estos sitios. Para la ciudad de Cuernavaca, Morelos, México, se han registrado 19 especies de MI de las cuales, *Molossus sinaloae* y *Tadarida brasiliensis* son los molósidos más comunes. Por esto el presente proyecto se planteó generar información sobre la importancia relativa de los órdenes de insectos en la dieta de estas dos especies, así como evaluar los cambios de la dieta entre temporadas, estados reproductivos, edades y sexos. Por último, se estima el tamaño promedio de las presas consumidas por estos murciélagos. Los muestreos se llevaron a cabo durante 2016-2017, colocando redes de niebla sobre los cuerpos de agua de parques urbanos de Cuernavaca. A todos los individuos capturados se les tomaron medidas morfométricas estándar, así como datos de sexo, edad y estado reproductivo; posteriormente se guardaron en sacos de manta para obtener las muestras fecales. Todos los murciélagos fueron liberados al finalizar cada muestreo. Las muestras fecales se analizaron en el laboratorio mediante la separación e identificación de piezas diagnósticas de los insectos consumidos, p. ej. escamas, antenas y patas. De éstas últimas, utilizando el software LEICA LAS EZ, se tomaron las medidas del diámetro de artejos tarsales para la estimación del tamaño de presa. Se analizaron un total de 206 muestras de excretas de 2 familias, 6 géneros y 7 especies de MI. El 65% de las muestras se obtuvo de individuos de *M. sinaloae* y el 26% de *T. brasiliensis*. Dadas las pocas capturas (13ind– 6% del total) de *Nyctinomops macrotis*, *Promops centralis* (Molossidae), *Lasiurus ega*, *L. blossevillii* y *Myotis fortidens* (Vespertilionidae), únicamente pudimos confirmar que los órdenes más comunes en la dieta de los dos molósidos son los coleópteros y lepidópteros, mientras que, para los tres vespertiliónidos, los lepidópteros tienen mayor importancia relativa. *Molossus sinaloae* y *T. brasiliensis* se alimentan de 7 y 6 órdenes de insectos respectivamente; ordenes que ya habían sido reportados en la dieta de ambas especies: Coleoptera, Lepidoptera, Homoptera, Hemiptera, Diptera, Neuroptera, a excepción de Orthoptera, que no se había reportado en la dieta de *M. sinaloae*. En las muestras analizadas obtuvimos el primer registro de huevos de lepidópteros en excretas de murciélagos insectívoros, lo que pudiera

abrir una nueva pregunta de investigación en cuestión del control biológico que estén realizando estas especies de MI en un ambiente urbano. En cuanto a la importancia relativa de los órdenes en la dieta de las especies de estudio, *M. sinaloae* concordando con lo reportado en otros trabajos, basa su dieta en coleópteros (tamaño estimado:  $11.37 \pm 2.52$  mm) y lepidópteros complementado en menor proporción con otros órdenes de insectos. Sin embargo, para *T. brasiliensis* son los coleópteros (tamaño estimado  $8.52 \pm 2.87$  mm), dípteros y lepidópteros los que presentan mayor importancia relativa en su dieta, contrario a lo reportado para otros trabajos que indican un consumo mayoritario de lepidópteros. Para *M. sinaloae* encontramos que existen diferencias significativas entre la dieta de hembras gestantes e inactivas, así como entre machos reproductivos e inactivos, lo que sugiere que estos murciélagos ajustan su dieta para cubrir los gastos energéticos que implica la reproducción. Así mismo, al comparar la dieta entre temporadas estacionales encontramos cambios significativos y relacionados con el momento del ciclo reproductivo de los individuos. Para *T. brasiliensis*, al comparar la dieta entre temporadas, no encontramos diferencias significativas, ya que no se encontraron individuos reproductivos. De acuerdo con estos datos, podemos sugerir que las poblaciones de *M. sinaloae* son residentes de la ciudad y están encontrando alimento y refugio suficiente para reproducirse y permanecer en estos sitios. Para *T. brasiliensis* no se mostró evidencia de reproducción, y por lo tanto podemos sugerir 1) que sus poblaciones son migratorias, y 2) que ésta especie no realiza cambios importantes en su dieta.

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	I
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	2
2.1 <i>Murciélagos insectívoros: zonas urbanas templadas y tropicales</i> .....	2
2.2 <i>Dieta de murciélagos insectívoros</i> .....	3
2.3 <i>Dieta y factores intrínsecos</i> .....	4
2.4 <i>Dieta y factores extrínsecos</i> .....	7
2.5 <i>Murciélagos del área urbana de Cuernavaca</i> .....	9
2.6 <i>Molossus sinaloae</i> .....	9
2.7 <i>Tadarida brasiliensis</i> .....	10
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	11
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	11
4.1 <i>Objetivo general</i> .....	11
4.2 <i>Objetivos particulares</i> .....	12
<b>5. HIPÓTESIS Y PREDICCIONES</b> .....	12
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	13
6.1 <i>Área de estudio</i> .....	13
6.2 <i>Selección de los sitios de muestreo</i> .....	14
6.3 <i>Obtención de excretas</i> .....	15
6.4 <i>Análisis de excretas e identificación de insectos</i> .....	16
6.5 <i>Medidas de artejos tarsales</i> .....	18
6.6 <i>Análisis estadísticos</i> .....	19
<b>7. RESULTADOS</b> .....	21
7.1 <i>Órdenes de insectos identificados en la dieta de M. sinaloae y T. brasiliensis</i> .....	23
7.2 <i>Importancia relativa de los órdenes de insectos</i> .....	26
7.3 <i>Variación entre sexos, edades y estados reproductivos</i> .....	28
7.4 <i>Estimación del tamaño de presa</i> .....	34

<b>8. DISCUSIÓN</b> .....	35
8.1 <i>Órdenes de insectos en la dieta</i> .....	37
8.2 <i>Importancia estacional de los órdenes en la dieta</i> .....	38
8.3 <i>Variación de la dieta considerando las características intrínsecas</i> .....	39
8.4 <i>Tamaño y tipo de presas</i> .....	41
<b>9. CONCLUSIONES</b> .....	42
<b>10. LITERATURA CITADA</b> .....	44
<b>ANEXO I</b> .....	52
<b>ANEXO II</b> .....	52
<b>ANEXO III</b> .....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

Después de los roedores, los quirópteros son el segundo grupo de mamíferos más diverso a nivel mundial, con 18 familias que incluyen aproximadamente 1,116 especies descritas (Simmons, 2005; Fenton y Simmons, 2015). La capacidad de vuelo y la ecolocación son características que les han facilitado acceder a una gran variedad de hábitats (Arita y Fenton, 1997), y de esta manera les ha permitido diversificar sus hábitos alimentarios, perteneciendo la mayoría de las especies al gremio insectívoro.

Los murciélagos de este gremio, particularmente de la familia Molossidae y Vespertilionidae, son comunes en áreas urbanas, ya que encuentran alimento suficiente, así como refugios en ambientes urbanos tropicales (Vázquez-Mota, 2011; Hernández-Vila, 2015, Ocampo-Ramírez, 2015) y templados (Romano *et al.*, 1999; Wickramasinghe *et al.*, 2003; Cleveland *et al.*, 2006; Tuttle *et al.*, 2006; Kervyn y Libois, 2008).

La importancia de los murciélagos insectívoros en áreas urbanas se debe al control biológico que desempeñan (Romano *et al.*, 1999), el cual se define como la actividad de una especie que reduce los efectos indeseados de otra especie (Alston, 1996). Este es un servicio ecológico que prestan los murciélagos, pues al alimentarse de insectos, incluyen especies que potencialmente pueden ser vectores de enfermedades para el humano (Alston, 1996; Salazar y Moncada, 2004; Reiskind y Wund, 2009; Gonsalves *et al.*, 2013), o de hecho regular cascadas tróficas (Maine y Boyles, 2015).

Por lo anterior, estudiar la dieta de murciélagos insectívoros aporta datos básicos sobre las funciones de este grupo en aspectos ecológicos que nos orienten a los requerimientos de la especie. El estudio de la ecología urbana toma cada vez mayor interés debido a la elevada tasa de transformación de los hábitats naturales (Galindo-González, 2007).

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Murciélagos insectívoros: zonas urbanas templadas y tropicales

La mayor parte de los estudios de murciélagos en áreas urbanas se han realizado en ciudades ubicadas en zonas templadas, en donde los ensamblajes de murciélagos están compuestos únicamente por especies insectívoras (Castilla, 2010; Dixon, 2012). Dichos trabajos, mediante el uso de la detección acústica, concuerdan en que las especies más activas en estas ciudades pertenecen principalmente a la familia Vespertilionidae. Estos murciélagos aprovechan la disponibilidad de refugios (edificios altos como sitios de percha) (López-Berrizbeitia y Díaz, 2013), así como la oferta alimenticia que encuentran en sitios iluminados (iluminación pública). Aunque hay especies de MI que utilizan estos sitios como áreas de forrajeo, consumiendo insectos que se ven atraídos por la luz (Rydell, 1992; Gaisler *et al.*, 1998), hay otras especies a las que la luz puede afectar negativamente sus hábitos de forrajeo (Stone *et al.*, 2014). Trabajos comparativos han logrado confirmar que los murciélagos urbanos se alimentan prácticamente de los mismos ordenes de insectos que los de zonas rurales de regiones templadas (Kervyn y Libois, 2008).

Por otra parte, se han enfocado estudios a demostrar la importancia de estos mamíferos como controladores biológicos de insectos en la ciudad. Siendo así, Romano *et al.* (1999), estiman que una colonia de maternidad (aprox. 64,000 individuos) de *Tadarida brasiliensis* (Molossidae) en el área urbana de Rosario, Argentina, podría consumir entre 209 y 385 kg de insectos por noche.

Reiskind y Wund (2009), encuentran que los murciélagos insectívoros *Myotis septentrionalis* (Vespertilionidae), consumen principalmente hembras de mosquitos, reduciendo la actividad de puesta de huevos, siendo así importantes depredadores y controladores de mosquitos de la familia Culicidae (*Culex*; Orden Diptera). Resulta importante considerar que, de esta familia de dípteros, las hembras hematófagas son vectores de patógenos que producen enfermedades para el humano, como chikonguya, dengue, zika, filariasis y paludismo entre otras (Faran, 1980; Salazar y Moncada, 2004; Reiskind y Wund, 2009; Gonsalves *et al.*, 2013).

En términos de diversidad, al igual que para zonas templadas, en zonas urbanas tropicales está bien documentada la presencia de murciélagos insectívoros. Los molósidos son los más abundantes, persistentes y generalmente con el mayor número de especies, pues se benefician por la disponibilidad de refugio y alimento en estos ambientes (Ávila–Flores y Fenton, 2005; Da Silva y Anacleto, 2011; Hernández-Vila, 2015; Ocampo-Ramírez, 2015). Para estos murciélagos, los cuerpos de agua artificiales en áreas urbanas representan importantes sitios de forrajeo y obtención de agua (Gómez- Ruiz, 2008).

## 2.2 Dieta de murciélagos insectívoros

Los murciélagos insectívoros se alimentan de gran cantidad de órdenes de insectos, incluyendo Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Heterocera, Hymenoptera y Lepidoptera que abarcan diferentes niveles de dureza (Freeman, 1981; Barlow, 1997; Ramírez-Chávez *et al.*, 2008; Vázquez-Mota, 2011; Flores, 2013). La dieta de los MI es considerada complementaria ya que son uno o dos órdenes los de mayor importancia relativa mientras que el porcentaje restante es dividido entre varios órdenes (Kunz, 1988). Actualmente no se ha reportado que los MI tengan dietas representadas de manera exclusiva por un orden.

Comúnmente para determinar la dieta se realizan análisis de excretas y/o contenido estomacal, con lo que es posible identificar los restos de insectos que presentan características precisas de determinado orden. En ocasiones, es posible identificar hasta el nivel de familia a través del análisis de las piezas corporales existentes (Kunz, 1988; Barlow, 1997; Ramírez-Chávez *et al.*, 2008; Vázquez-Mota, 2011; Flores, 2013).

La identificación de las piezas a nivel de orden puede resultar sencilla, ya que, algunas de ellas como los élitros de escarabajos, por sus altos niveles de quitina, no son completamente digeridos por los murciélagos, lo que permite separarlos e identificarlos claramente (Bell, 1990). Por otro lado, la presencia de polillas es fácilmente identificable, debido a la notable presencia de escamas en las muestras

(Barclay *et al.*, 1991; Kunz, 1998) lo que nos indica de manera indudable la presencia del orden Lepidoptera.

Los murciélagos de la familia Molossidae son considerados estrictamente insectívoros y son los MI más estudiados en cuanto a dieta se refiere, encontrando reportes de coleópteros, dípteros, himenópteros, hemípteros, homópteros, lepidópteros y neurópteros (Freeman, 1979; Freeman, 1981, Ramírez-Chávez, 2008; Vázquez-Mota, 2011). Así, Vázquez-Mota (2011) estudia la dieta de 17 especies de murciélagos de esta familia, mediante el análisis de excretas de individuos colectados en Venezuela y México, y determina que el orden Coleoptera es el más frecuentemente consumido por esta familia de murciélagos, seguido por Lepidoptera, Homoptera y Diptera.

### 2.3 Dieta y factores intrínsecos

Es bien conocido que los MI persiguen activamente a sus presas, lo que implica grandes gastos energéticos asociados a sus hábitos de forrajeo (Kurta *et al.*, 1989). Por lo tanto, el consumo de insectos que produzcan un alto rendimiento energético neto es de suma importancia para satisfacer dichas necesidades, que están asociadas a vuelos prolongados. En el periodo reproductivo las demandas impuestas por el embarazo y la lactancia (Kurta *et al.*, 1989; Barclay 1991; Kunz *et al.*, 1996) son altas. Por lo tanto, resulta importante considerar que existen factores intrínsecos que tienen influencia en las diferencias que existen en la dieta de los MI.

Bajo este contexto, es importante estudiar la variación que presenta la dieta entre individuos de la misma especie. Sin embargo, pocos trabajos se han enfocado en el estudio de dichos cambios y estos han sido particularmente desarrollados en zonas templadas y para la familia Vespertilionidae. Por ejemplo, Belwood y Fenton (1976), mediante el análisis de heces, describen la dieta de *Myotis lucifugus* (Vespertilionidae) en sitios al sur de Ontario y Nueva Escocia (Canadá), y al norte de Nueva York (EUA). Ellos determinan los hábitos alimentarios de esta especie como oportunistas, pues generalmente consumen una amplia variedad de insectos. Los quironómidos (Diptera) constituyen el 30% de la dieta de esta especie. Sin embargo,

al comparar la dieta entre sexos y edades, encuentran que sí existe variación y se pueden describir tres patrones diferentes: 1) los machos adultos seleccionan insectos con base en la disponibilidad de éstos en el ambiente, 2) las hembras lactantes consumen proporcionalmente más tricópteros y lepidópteros y 3) los subadultos de ambos sexos presentan mayor variabilidad en su dieta presentando un mayor número de órdenes.

Kurta y Whitaker (1998) en el sur de Michigan (EUA) determinan las preferencias dietéticas de *Myotis sodalis* (Vespertilionidae) mediante el análisis de 382 muestras de excretas recolectadas en un refugio. Estos murciélagos consumen principalmente insectos de los órdenes Trichoptera (55.1%) y Diptera (25.5%), seguidos de Lepidoptera (14.2%) y Coleoptera (1.4%). Sin embargo, para las hembras, el periodo de lactancia implica incrementar el consumo de dípteros (48.2%) y reducir el de lepidópteros (7.7%).

Por otro lado, Kunz *et al.* (1995) mediante análisis estomacales encuentran que la dieta de las hembras de *T. brasiliensis* (Molossidae) en Texas (EUA), está compuesta por lepidópteros, coleópteros, himenópteros y dípteros. Sin embargo, cuando se analiza la diferencia entre hembras gestantes y lactantes, los porcentajes de frecuencia resultan significativamente diferentes. Por un lado, las hembras gestantes se alimentan de lepidópteros, coleópteros y dípteros, mientras que las hembras lactantes se alimentan proporcionalmente más de himenópteros. Durante el embarazo y la lactancia estos murciélagos consumen varios tipos de insectos, aunque en casi la mitad de las muestras se identificaron restos de sólo uno o dos órdenes de insectos. Sin embargo, dada la gran variación en la composición de la dieta entre individuos, se sugiere que *T. brasiliensis* es un oportunista selectivo, que consume en la oferta ambiental más abundante, pero selecciona la oferta más nutritiva (Kunz *et al.*, 1995).

Así como se ha hecho mención de los cambios que se presentan en la dieta entre sexos, edades y estados reproductivos, también resulta de importancia considerar las características craneales de los MI, ya que estas determinan gran parte de la capacidad para alimentarse de determinada presa. Freeman (1979), encuentra

que en los molósidos se pueden diferenciar en dos grandes grupos naturales; 1) aquellos de mandíbulas más gruesas, crestas craneales bien desarrolladas y un menor número de dientes de gran tamaño, que se especializan en consumir presas con exoesqueletos rígidos (escarabajos); y 2) aquellos que tienen mandíbulas delgadas, crestas craneales pequeñas, y muchos dientes pequeños, que consumen insectos de cuerpos blandos como las polillas.

Siguiendo con los molósidos, Vázquez-Mota (2011), encuentra una relación significativa y positiva entre el tamaño promedio de las presas y el tamaño del depredador (tomando como referencia de tamaño la longitud máxima del cráneo). Es decir que mientras mayor sea el tamaño del cráneo, mayor será el tamaño de la presa consumida.

Además del cráneo, es importante considerar la relación del tamaño corporal del depredador, ya que Bogdanowicz *et al.* (1999) encuentran que la incorporación de las polillas en la dieta aumenta gradualmente a medida que disminuye el tamaño del murciélago (tomando como referencia el tamaño del antebrazo, del cráneo y la fila superior de dientes). Siendo así, el consumo de polillas es mayor en murciélagos de talla pequeña.

Barclay y Brigham (1991) explican que la amplitud del nicho trófico aumenta con el tamaño corporal del animal, de manera tal que animales más grandes, pueden detectar, capturar y consumir tanto presas pequeñas como grandes, mientras que depredadores más pequeños están limitados a consumir presas pequeñas, no porque no detecten a las grandes, sino porque no sería fácil para ellos capturarlas y consumirlas. Sin embargo, para algunos MI aéreos no parece presentarse el patrón anterior, ya que su sistema de ecolocación (bajas frecuencias, con tipo de emisión constante) no permite a los murciélagos más grandes detectar y, por lo tanto, consumir presas pequeñas.

#### 2.4 Dieta y factores extrínsecos

Existen otro tipo de factores considerados extrínsecos, que pueden influenciar los hábitos alimentarios de los MI. Estos pueden ser los cambios estacionales, la distribución espacio-temporal de las presas, y las condiciones climáticas y meteorológicas que se presenten.

Los MI están expuestos a cambios diarios y estacionales de los parámetros ambientales (temperatura, humedad, etc.), que afectan directamente la calidad y cantidad de insectos disponibles en el ambiente (Kurta *et al.*, 1989). Por ejemplo, la actividad de los insectos puede verse influenciada por lluvias ligeras, o bien disminuir con lluvias fuertes, y suele ser mayor cuando el clima es más cálido (Kunz, 1998). En este sentido, Janzen (1973) encuentra que en ecosistemas con estacionalidad muy marcada (secas severas), la diversidad de insectos se reduce, pero aumenta en ecosistemas con épocas secas moderadas.

Es importante mencionar que los MI consumen cada noche aproximadamente el 65% (el porcentaje puede variar entre especies) de su masa corporal en insectos (Kunz *et al.*, 1995; Kalka y Kalko, 2006), lo que implica un gran número de presas. Sin embargo, la ventana de tiempo que aprovechan para alimentarse es relativamente corta, lo que podría indicar 1) los insectos que incluyen en su dieta están disponibles solo por cortos periodos de tiempo durante una misma noche (Barclay, 1991), 2) la disponibilidad puede depender del pico de actividad (Whitaker *et al.*, 1996), 3) los requerimientos energéticos y nutricionales del murciélago se satisfacen rápidamente.

Whitaker *et al.* (1996) encuentran que la dieta de *T. brasiliensis* (Molossidae), varía de manera significativa entre los dos picos de actividad (amanecer y crepúsculo), y explican que pudiera deberse principalmente a la diferente composición de insectos entre estos dos periodos de tiempo. Está documentado que la abundancia y actividad de algunas especies de insectos es mayor justamente al atardecer, disminuyendo conforme avanza la noche, para volver a aumentar en un segundo pico de actividad, poco antes del amanecer.

Así como la distribución de las presas es un factor que influye en los hábitos alimentarios de los MI, los aportes nutrimentales de estas también son importantes, afectando el consumo o no, de determinado orden de insectos. Es difícil establecer el valor nutrimental para un orden completo, que incluye hasta 375,000 especies descritas, como en el orden Coleoptera (Lawrence y Britton, 1974).

Sin embargo, tomando como base un trabajo realizado para la evaluación nutrimental de insectos comestibles para humanos (larvas, pupas y adultos) en algunos países africanos, asiáticos y los tres países norteamericanos (Rumpold y Schlüter, 2003), podemos acercarnos al aporte nutricional de seis órdenes de insectos que son consumidos por MI: Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera y Orthoptera (Anexo I). De estos órdenes, los ortópteros tienen el mayor porcentaje de proteína, los coleópteros tienen el mayor porcentaje de grasas, los dípteros de fibra, y, por último, los lepidópteros de nitrógeno libre y contenido energético (kcal).

Por otro lado, también se ha sugerido que las estrategias de forrajeo de los MI pueden estar vinculadas 1) a la restricción de consumir cierto tipo de presas (insectos duros, blandos, grandes o pequeños) dadas las características ecomorfológicas del murciélago (Barclay y Brigham, 1991); 2) a la disponibilidad de insectos, pudiendo consumir cualquier especie dentro de un sólo orden (generalistas de un orden en particular) o bien, según la oferta que sea más abundante sin importar el orden de insectos (generalistas en abundancia) (Buchler, 1976; Kunz, 1998); y 3) la relación con la ingesta neta de energía, mediante la selección de presas con base en el tamaño u orden de insectos.

Barclay *et al.* (1991) explican que la selección de la presa está vinculada con la eficiencia digestiva, misma que está directamente relacionada con el tamaño o taxón de la presa, siendo los insectos grandes más eficientemente digeridos que los pequeños, ya que los murciélagos pueden descartar fácilmente las porciones no digeribles (patas, alas, cabezas) de las presas grandes.

## 2.5 Murciélagos del área urbana de Cuernavaca

Para el municipio de Cuernavaca, en el Estado de Morelos, se han registrado 19 especies de murciélagos insectívoros (Álvarez-Castañeda, 1996; Hernández-Vila, 2015; Ocampo-Ramírez, 2015). De estos se ha descrito que sus principales sitios de forrajeo se ubican sobre cuerpos de agua naturales y artificiales localizados en zonas con mayor cobertura vegetal, pues la vegetación y el agua están estrechamente relacionadas con la abundancia de insectos (Arita-Watanabe, 1999; Ávila-Flores y Fenton, 2005). Además, los insectos -comparativamente con la fruta- contienen menor cantidad de agua, por lo que los murciélagos insectívoros requieren con mayor frecuencia de este recurso para mantener el balance hídrico (Gómez-Ruiz, 2008).

A continuación, se describen las características generales de las dos especies focales de este estudio.

## 2.6 *Molossus sinaloae*

Esta especie de murciélago insectívoro es considerada de tamaño medio ( $AB \approx 46.2$ ; Hall, 1981), forrajeador de espacios abiertos, y cazador de insectos al vuelo (Schnitzler y Kalko, 2001). Al igual que la mayoría de las especies con esta estrategia de vuelo, *M. sinaloae* no parece ser afectada por la urbanización (Schnitzler y Kalko, 2001; Threlfall *et al.*, 2011; Luck *et al.*, 2013; Bader *et al.* 2015) e incluso pareciera que tienen cierta afinidad por estos ambientes (Bowles *et al.*, 1990; Siles *et al.*, 2005; Jung y Kalko, 2011).

Esta especie ha sido reportada con anterioridad como una especie común en la ciudad (Bowles *et al.*, 1990, Siles *et al.*, 2005; Jung y Kalko, 2011; Hernández-Vila, 2015; Ocampo-Ramírez, 2015), formando grupos de hasta 80 individuos que utilizan como refugios en las ciudades, grietas en paredes, tejas, árboles y/o palmas (Jennings *et al.*, 2002).

Bowles *et al.* (1990) reportan para el área urbana de Mérida, Yucatán a *M. sinaloae* como el molósido más capturado, además de describir el ciclo reproductivo que presenta en esa ciudad: las hembras gestantes se concentran entre marzo y junio

mientras que los partos ocurren a finales de junio; las hembras lactantes se presentan de finales de junio a finales de agosto. Los machos con glándulas gulares activas se presentan de mayo a agosto y en menor cantidad de septiembre a enero.

En cuanto a la dieta de esta especie, se ha reportado que consume tanto insectos de cuerpo duro como blando, de los órdenes Coleoptera, Diptera, Hemiptera y Lepidoptera (Jennings *et al.*, 2002; Vázquez-Mota, 2011). Sin embargo, un estudio que describe la dieta de un individuo hembra de *M. sinaloae* para la localidad de Tlaquiltenango, Morelos, México (Vázquez-Mota, 2011) reporta el consumo de coleópteros de tamaño promedio  $12.93 \pm 4.41$  mm. En este estudio no se encontraron escamas de Lepidoptera, ni piezas de otros órdenes de insectos.

### 2.7 *Tadarida brasiliensis*

*Tadarida brasiliensis* es una especie de murciélago insectívoro de tamaño medio a pequeño (AB  $\approx 36.6$  mm; Hall, 1981), forrajeador de espacios abiertos (Schnitzeler y Kalko, 2001). La presencia y preferencia de esta especie por el área urbana está bien documentada (Bowles *et al.*, 1990; Siles *et al.*, 2005; Jung y Kalko, 2011).

Este molósido es quizá el más estudiado de la familia. Presenta un amplio rango de distribución que abarca desde el sur de EUA hasta el norte de Argentina, presentando nueve subespecies a lo largo de su distribución (Wilkins, 1989). También es el mamífero que forma las agrupaciones más grandes, llegando a formar colonias de varios millones de individuos (Regidor *et al.*, 2014).

Su dieta ha sido ampliamente estudiada, sobre todo en relación con el control biológico que realiza esta especie en campos de cultivo, ya que se alimenta principalmente de polillas como *Helicoverpa zea* y *Spodoptera frugiperda* (familia Noctuidae) (Lee y McCracken, 2005). Así mismo, el estudio de los hábitos alimentarios de tres colonias de *T. brasiliensis* en el centro de Texas, revela mediante el análisis de excretas colectadas de 1,550 individuos, que estos murciélagos incluyen hasta 12 órdenes y 35 familias de insectos en su dieta, lo que representa el reporte más diverso de órdenes en la dieta de murciélagos insectívoros.

Los órdenes reportados en su dieta para el centro de Texas son: Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera, Homoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Odonata, Orthoptera, Plecoptera, y Trichoptera. Sin embargo, los coleópteros y lepidópteros tienen la mayor importancia relativa en la dieta de esta especie, y los tamaños promedio de presas del orden Coleóptera (que fue lo más consumido), fueron de 4.5 a 8.5mm; siendo 16mm el mayor tamaño de presa reportado (Lee y McCracken, 2005).

Vázquez-Mota (2011) reporta haber obtenido para las excretas de un solo individuo procedente de La Haya, Xalapa, Veracruz, una gran cantidad de piezas del orden Coleoptera, estimando el tamaño de los escarabajos, en particular de la superfamilia Lamellicornia, en  $8.86 \pm 3.06$  mm. Por otra parte, también se reportó un notable consumo de lepidópteros.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Dado el poco conocimiento de la selección de presas y hábitos alimentarios de la mayoría de las especies de murciélagos insectívoros neotropicales, tanto para áreas naturales como urbanas, se resalta la necesidad de generar información en esta vía que nos guíe al entendimiento de la relación que existe entre los MI y los ecosistemas urbanos. Por lo tanto, este proyecto busca generar información sobre la dieta de MI en la ciudad de Cuernavaca, lo que nos permitirá ampliar la información publicada sobre ecología de MI en ambientes urbanos tropicales.

### **4. OBJETIVOS**

#### ***4.1 Objetivo general***

Generar información sobre la dieta de murciélagos insectívoros de las áreas verdes urbanas (AVU) de la ciudad de Cuernavaca.

#### 4.2 Objetivos particulares

1. Describir a nivel de orden de los insectos, la dieta de *Molossus sinaloae* y *Tadarida brasiliensis* en las AVU de Cuernavaca.
2. Evaluar la importancia relativa de los órdenes de insectos que componen la dieta de *Molossus sinaloae* y *Tadarida brasiliensis* entre temporadas estacionales.
3. Determinar la variación de los órdenes de insectos que componen la dieta de *Molossus sinaloae* y *Tadarida brasiliensis* entre sexos, edades y estados reproductivos de los murciélagos.
4. Estimar el tamaño de las presas de *M. sinaloae* y *T. brasiliensis*.

### 5. HIPÓTESIS Y PREDICCIONES

Se espera que las especies de estudio consuman principalmente insectos de los órdenes Coleoptera y Lepidoptera, ya que de acuerdo con los antecedentes son los dos órdenes más frecuentes en la dieta de ambas especies.

La frecuencia de aparición y el tamaño de la presa estarán en función de los hábitos alimentarios y de la morfología del murciélago. Siendo así esperamos que:

*Tadarida brasiliensis*, al ser una especie de talla media a pequeña, con menor peso, menor robustez, menor tamaño craneal pero mayor número de dientes, consumirá insectos pequeños de cuerpo blando como lepidópteros, presentando estos mayor importancia relativa en su dieta y que *Molossus sinaloae*, al ser una especie de talla media a grande, con mayor peso, más robusto, con mayor tamaño craneal pero menor número de dientes, se alimentará de insectos de mayor tamaño y dureza, por lo que los coleópteros serán de mayor importancia relativa en su dieta.

Sin embargo, se espera que la importancia relativa de los órdenes de insectos sea influenciada por la edad, ya que en algunos trabajos se ha documentado que los juveniles consumen un mayor número de órdenes que los adultos. Los adultos inactivos de ambos sexos tienen patrones de consumo similares, pero las hembras reproductivas suelen ser más selectivas consumiendo dos o tres órdenes de insectos.

## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Área de estudio

La ciudad de Cuernavaca está ubicada al noroeste del Estado de Morelos y cuenta con 207.799 km<sup>2</sup>, ocupando el 4.2% de la superficie total del estado (INAFED, 2010). Se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 49' y 19° 02' N y 99° 10' y 99° 20' O. El 43.48% del territorio del municipio de Cuernavaca se localiza en la Sierra Madre del Sur y 56.52% en el Eje Neovolcánico Transversal (INAFED, 2010).

La ciudad presenta un marcado gradiente altitudinal norte – sur (2400 a 1400 msnm) (INAFED, 2010). Esto va acompañado de cambios en la vegetación; en la zona norte predominan los pinos y encinos, mientras que al sur encontramos selva seca.

El clima de la ciudad es semicálido - subhúmedo, con estacionalidad definida; lluvias en verano; temperatura media anual promedio de 21.7°C, con 34.9°C como temperatura máxima promedio y una temperatura mínima promedio de 8.0°C (Taboada *et al.*, 2007).

En el municipio se encuentran más de 200 barrancas, donde podemos encontrar bosques riparios, bosques mesófilos, selva baja caducifolia y encinares, que son hábitat de una gran diversidad de especies de flora y fauna silvestres (García-Barrios *et al.*, 2007). Del orden Chiroptera, se reportan 34 especies para Cuernavaca (Álvarez-Castañeda, 1996; Hernández-Vila, 2015; Ocampo-Ramírez, 2015) de las cuales 19 especies de 5 familias son exclusivamente insectívoras y se enlistan a continuación utilizando la nomenclatura de Ramírez-Pulido *et al.* (2014).

**Familia Emballonuridae**

*Balantiopteryx plicata*

**Familia Molossidae**

*Eumops ferox*

*Eumops underwoodi*

*Molossus rufus*

*Molossus sinaloae*

*Nyctinomops macrotis*

*Promops centralis*

*Tadarida brasiliensis*

**Familia Mormoopidae**

*Pteronotus parnellii*

*Pteronotus davyi*

**Familia Phyllostomidae**

*Macrotus waterhousii*

**Familia Vespertilionidae**

*Corynorhinus townsendii*

*Eptesicus furinalis*

*Lasiurus blossevillii*

*Lasiurus cinereus*

*Lasiurus ega*

*Myotis fortidens*

*Myotis velifer*

6.2 Selección de los sitios de muestreo

Las AVU de la ciudad cuentan con un reporte previo de 16 especies de MI (Hernández-Vila, 2015). Sin embargo, seleccionamos las dos áreas que tuvieron mayor presencia de *M. sinaloae* y *T. brasiliensis*, que contaban con cuerpos de agua de gran tamaño y sin tratamiento químico y, por último, que fueran sitios seguros para realizar los muestreos.

De acuerdo con lo anterior, los sitios de muestreo seleccionados fueron:

**Jardín Borda:** ubicado en las coordenadas: 18°55'16" N, 99°14'19" O, a 1535 msnm.

El área presenta varios cuerpos de agua artificiales que son sitios frecuentemente utilizados por los MI.

**Parque Solidaridad:** ubicado en las coordenadas: 18°55'6" N, 99°11'30" O a 1,460 msnm. El área cuenta con dos cuerpos de agua que son importantes sitios de forrajeo para MI.

### 6.3 Obtención de excretas

Dada la marcada estacionalidad climática de la región, y que esto puede ser un factor de variación en la dieta de murciélagos, se realizaron muestreos durante dos meses de la época seca cálida (marzo, abril, 2016-2017), dos meses de lluvias (agosto-septiembre 2016) y dos meses de época seca fría (noviembre-diciembre 2016) en las dos AVU seleccionadas (8 noches por AVU al mes).

Si bien conocer los sitios con mayor actividad no garantiza la captura de MI, (pues generalmente dichas capturas son consideradas un evento poco común), diseñar un método de muestreo con base en las estrategias de forrajeo de las especies con mayor ocurrencia nos permite aumentar probabilidad de captura. Utilizamos dos cuerpos de agua, uno de forma rectangular con 18 m de ancho (Jardín Borda), y el otro de forma circular con 24 m de diámetro (Parque Solidaridad). Ambos sitios tienen poca cobertura vegetal circundante. Las redes de niebla se colocaron al ras del nivel del agua, abarcando la parte más ancha del cuerpo de agua y permanecieron abiertas cuatro horas y media después de la puesta astronómica del sol.

A todos los individuos capturados se les tomaron medidas morfométricas estándar, se identificó el sexo, edad (adultos, juveniles y crías), y estado reproductivo. Para las hembras se establecieron las siguientes categorías como activas reproductivamente: gestantes y lactantes, para los machos fueron activos los que presentaron testículos escrotados o inguinales.



**Figura 1.** Ilustración de la puesta de redes de niebla sobre cuerpos de agua artificiales.

Los murciélagos capturados fueron identificados con la clave de campo de Medellín *et al.* (2008), y posteriormente se colocaron en un saco de manta en el cual permanecieron por un par de horas, para la obtención de las muestras de excretas. Una vez que el murciélago evacuó, la muestra se depositó en una bolsa de papel *glassine*, que fue etiquetada con los datos de captura: especie, fecha y sitio. Al día siguiente las excretas se secaron a temperatura ambiente para su posterior análisis. Una vez obtenidas las muestras, al final de la noche de muestreo, se liberó a todos los murciélagos en el sitio de captura.

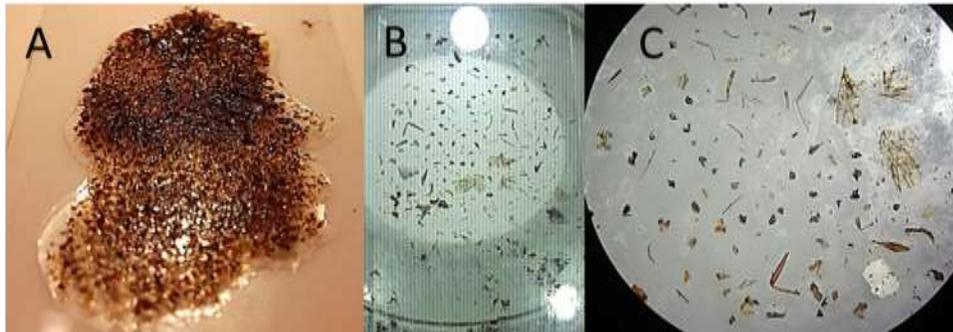
#### 6.4 Análisis de excretas e identificación de insectos

Kunz (1998) recomienda que, para poder estimar los hábitos alimentarios de los murciélagos en un hábitat con poca variación, el número de muestras (estómagos o muestras fecales) debe ser como mínimo de 15, mientras que lo más recomendable es incluir entre 30 y 50 muestras.

El análisis de las excretas se realizó de acuerdo con Vázquez-Mota (2011):

- 1) Se hidrataron las excretas en portaobjetos, con una solución de 50% de pegamento mucílago cristalino (Stafford) y 50% de agua destilada.

Posteriormente, utilizando agujas de disección se revisó cuidadosamente toda la muestra bajo el estereoscopio (Figura2).



**Figura 2.** Se muestra la excreta de un individuo de *M. sinaloae*. Excreta hidratada (A), de la que se separaron varias piezas diagnósticas de diferentes órdenes de insectos (B y C).

- 2) En un portaobjetos se separaron las piezas identificables de cada muestra. Cada portaobjetos fue etiquetado con la especie, sexo, edad, estado reproductivo, sitio y fecha de captura murciélago (Figura 3).



**Figura 3.** Portaobjetos con piezas diagnósticas fijadas de una muestra de *M. sinaloae*.

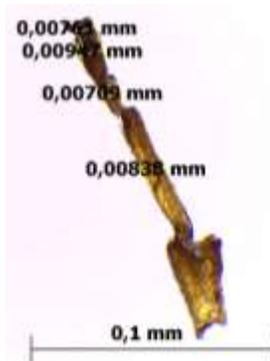
- 3) La identificación se logró comparando las piezas de insectos separadas de cada muestra, contra las características previamente descritas en los catálogos fotográficos de Kunz (1998) y Vázquez-Mota (2011), que muestran partes de insectos obtenidas de excretas. Adicionalmente se consultó el catálogo electrónico de Zaviezo *et al.* (2003) que muestra partes de insectos en general.

- 4) Se realizó un catálogo fotográfico (Anexo III), de referencia de todas las piezas encontradas en las excretas, al igual que se generó el catálogo físico que se encuentra en el Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

### 6.5 Medidas de artejos tarsales

Ya que contábamos con el total de muestras preparadas en los portaobjetos, se procedió a la toma de medidas de artejos tarsales de insectos en el laboratorio de microscopía del Centro de Investigación en Biotecnología (CEIB-UAEM).

Se utilizó un microscopio óptico Leica conectado a una computadora que contaba con el software Leica LAZ EZ, que permite tomar mediciones básicas. Utilizando el lente óptico 40x y fijando la escala en 0.1mm (ya que el software no permite fijarla en 1mm), se trazaron líneas de distancia sobre los diámetros de artejos tarsales (Figura 4) del total de muestras preparadas, artejos tanto de coleópteros, como homópteros y hemípteros.



**Figura 4.** Toma de medidas de los diámetros de artejos tarsales de una pata de hemíptero.

## 6.6 Análisis estadísticos

Ya que el objetivo uno es meramente descriptivo, no fue necesario realizar análisis estadísticos para cumplir con el mismo.

Para la evaluación de la importancia relativa de los órdenes de insectos que componen la dieta de *M. sinaloae* y *T. brasiliensis* (objetivo 2) se calculó el porcentaje de aparición (PA) de cada uno de los órdenes en las excretas para las dos especies de estudio:

$$PA = \frac{F}{Ft} \times 100$$

Donde:

PA= Porcentaje de aparición

F= Número de excretas en las que aparece una categoría

Ft= Suma de todas las apariciones de todas las categorías

Utilizamos las frecuencias de aparición de cada orden en el total de excretas por especie para realizar una prueba de Chi-cuadrada con el fin de conocer la variación de órdenes que componen la dieta entre las tres temporadas estacionales.

Para determinar la variación de los órdenes de insectos que componen la dieta entre *M. sinaloae* y *T. brasiliensis* entre sexos, edades y estados reproductivos (objetivo 3) se realizaron pruebas exactas de Fisher (F) y pruebas de Chi-cuadrada.

El factor determinante para realizar una u otra prueba se basó en el número de órdenes y sus frecuencias registradas en las excretas de determinada categoría (p. ej. sexo: hembra-macho). De tal forma que cuando la mayor frecuencia estaba representada por un orden y uno o más órdenes abarcaban el porcentaje restante, sumamos las categorías que presentaron las frecuencias más bajas para reducir el error. Por ejemplo, siempre los órdenes con mayores frecuencias fueron Coleoptera y Lepidoptera; por lo tanto, los órdenes restantes (que siempre presentaron frecuencias

bajas) se agruparon en: 1) otros órdenes duros (Hemíptera, Homoptera y Orthoptera) y 2) otros órdenes blandos (Neuroptera y Diptera).

Cuando la comparación abarcó dos categorías (órdenes duros vs. órdenes blandos) se realizaron pruebas exactas de Fisher (F) y cuando se presentaban las cuatro categorías (Coleoptera, Lepidoptera, otros órdenes duros, otros órdenes blandos) se utilizó una prueba de Chi-cuadrada ( $X^2$ ) para determinar si existía diferencia entre la frecuencia de los órdenes identificados en las excretas entre adultos-juveniles, machos-hembras y reproductivamente activos e inactivos.

Finalmente, para estimar el tamaño de presa (objetivo 4), dado que en muchas ocasiones no contábamos con patas completas de insectos, se utilizaron las medidas de los diámetros de artejos tarsales aleatorios (uno por pata) aplicando las siguientes fórmulas descritas por Vázquez-Mota (2011):

- Para el caso de coleópteros, considerando la longitud total del insecto como variable de respuesta y un artejo aleatorio como variable explicativa se utilizó:

$$LT = 10^{(1.511 + 0.651(\log_{10}\emptyset\text{Artejo}))}$$

- Para el caso de homópteros y hemípteros, considerando la longitud total como variable de respuesta y un artejo aleatorio como variable explicativa se utilizó:

$$LT = 10^{(1.148 + 0.382(\log_{10}\emptyset\text{Artejo}))}$$

Una vez que se aplicó la fórmula específica a cada medida de artejo, para evitar un error de pseudoreplicación y reducir el margen de error de nuestras estimaciones del tamaño promedio de insecto consumido por cada especie de murciélago, ponderamos cada dato de tamaño predicho por la proporción del número de partes correspondientes que tenía el insecto; en este caso se ajustó por 1/30, que corresponde al número de artejos tarsales aleatorios. Se calculó la media y desviación

estándar del total de datos para cada caso, por órdenes: coleópteros, homópteros y hemípteros, así como por especie de murciélago.

## 7. RESULTADOS

Con un esfuerzo de muestreo de 7,536 m/h/red para las tres temporadas del año, se obtuvieron un total de 206 individuo de 2 familias, 6 géneros y 7 especies. De las cuales, *M. sinaloae* (Molossidae) representó el 65% de las muestras, seguida de *T. brasiliensis* (Molossidae) con el 26% (Tabla 2). Es importante mencionar que exitosamente colectamos una muestra de excreta por ejemplar capturado, es decir que se colectaron 206 muestras de excretas.

**Tabla 2.** Se presenta el número de muestras por especies para las tres temporadas muestreadas. Las líneas en negritas corresponden a las especies del estudio.

Familia	Género	Especie	No. individuos
	<b>Molossus</b>	<b><i>M. sinaloae</i></b>	<b>139</b>
Molossidae	<i>Nyctinomops</i>	<i>N. macrotis</i>	3
	<i>Promops</i>	<i>P. centralis</i>	1
	<b>Tadarida</b>	<b><i>T. brasiliensis</i></b>	<b>54</b>
		<i>L. ega</i>	2
Vespertilionidae	<i>Lasiurus</i>	<i>L. blossevillii</i>	2
	<i>Myotis</i>	<i>M. fortidens</i>	5
		TOTAL	206

Con relación a las tres temporadas muestreadas, el 51% de los ejemplares y muestras se obtuvieron durante la época de lluvias, seguido del 39% en la seca cálida y finalmente el 10% durante la seca fría. A pesar de lo anterior, la mayor riqueza de

especies se presentó en la temporada seca cálida, reportando 6 de las 7 especies capturadas.

Aunque en total se capturaron siete especies, cinco presentaron menor abundancia (de 1 a 5 individuos). La información que se obtuvo del análisis de las excretas de estas especies se presenta en el Anexo II.

*Molossus sinaloae* fue la especie con mayor abundancia, representada por 139 individuos, de los cuales es importante recordar que colectamos una muestra de excretas por individuo. El mayor número de muestras se colectó en la época de lluvias (88 muestras), seguido de la seca cálida (42 muestras) y finalmente la seca fría con tan solo 9 muestras. En cuanto a las diferentes categorías registramos individuos hembras y machos, adultos y juveniles, así como reproductivamente activos e inactivos. La proporción de sexos se mantuvo siempre 1:1 (Tabla 3).

**Tabla 3.** Número de individuos/muestras de *M. sinaloae* por sexo (hembras, machos), edad (adulto, juvenil) y estado reproductivo (activo, inactivo).

<b>Hembras</b>	<b>No. Individuo/muestras</b>	<b>Total</b>
Adulto	74	75
Juvenil	1	
Activo	36	
Inactivo	39	
<b>Machos</b>	<b>No. Individuo/muestras</b>	<b>Total</b>
Adulto	58	64
Juvenil	6	
Activo	37	
Inactivo	27	

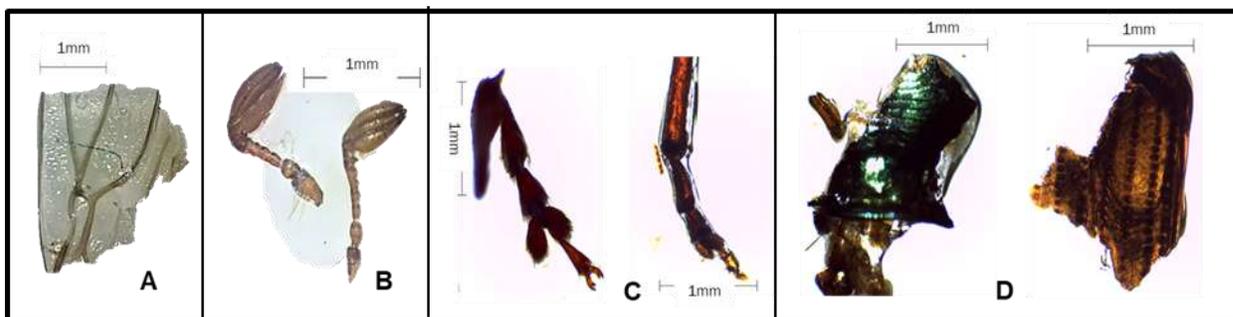
*Tadarida brasiliensis* fue la segunda especie más abundante con 54 individuos, de los que se cuales el mayor número de individuos se capturaron en la seca cálida (24 muestras), seguido de la época de lluvias (14 muestras) y finalmente la seca fría con 11 individuos. El 86% de los individuos fueron machos y el 14% hembras (Tabla 4).

**Tabla 4.** Número de individuos/muestras de *T. brasiliensis* por sexo (hembras, machos), edad (adulto, juvenil) y estado reproductivo (activo, inactivo).

Hembras	No. Individuo/muestras	Total
Adulto	8	8
Juvenil	0	
Activo	0	8
Inactivo	8	
Machos	No. Individuo/muestras	Total
Adulto	44	46
Juvenil	2	
Activo	8	38
Inactivo	38	

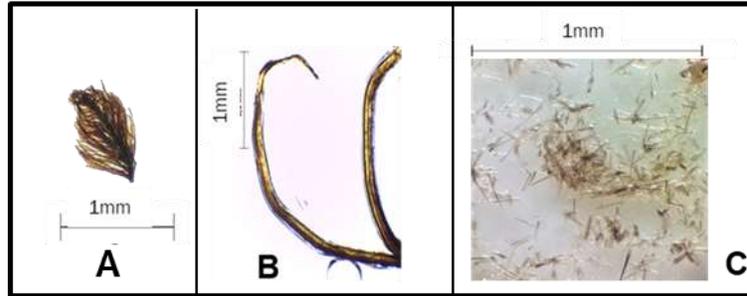
### 7.1 Órdenes de insectos identificados en la dieta de *M. sinaloae* y *T. brasiliensis*

Para *Molossus sinaloae* se identificaron un total de siete órdenes de insectos. Principalmente se encontraron restos de coleópteros, trozos de alas membranosas (cuya venación es específica del orden), antenas lameladas, patas y en gran proporción fragmentos de élitros (Figura 5).



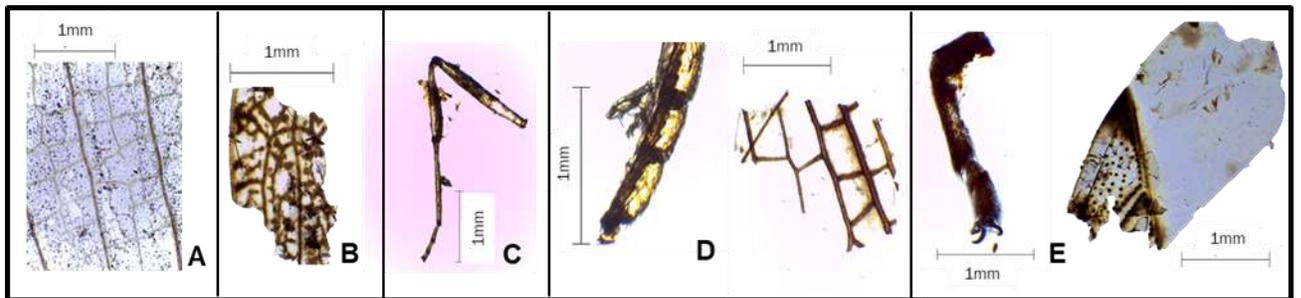
**Figura 5.** Piezas diagnósticas del orden Coleoptera separadas de excretas de *M. sinaloae*. A) ala membranosa, B) antenas lameladas, C) patas, D) élitros.

Por otro lado, en algunas muestras se registraron antenas plumosas, probóscides y escamas, confirmando el consumo de lepidópteros (Figura 6).



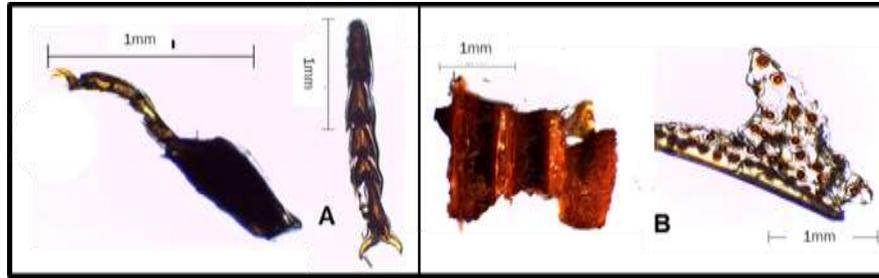
**Figura 6.** Piezas diagnósticas del orden Lepidóptera separadas de una muestra de *M. sinaloae*. A) antena plumosa, B) probóscide C) escamas.

En menor proporción, se identificaron alas de ortópteros y neurópteros, así como patas de dípteros, y alas y patas de homópteros y hemípteros (Figura 7).



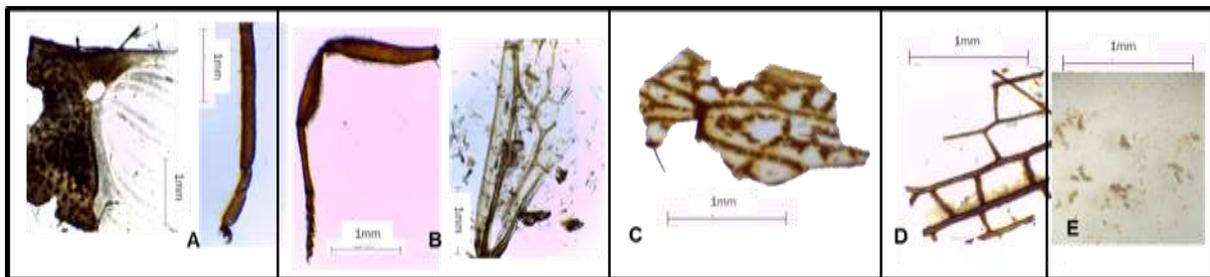
**Figura 7.** Piezas diagnósticas de cuatro órdenes de insectos encontradas en excretas de *M. sinaloae*. A) Orthoptera, B) Neuroptera, C) Diptera, D) Homoptera y E) Hemiptera.

Por otro lado, en las muestras de *T. brasiliensis* estuvieron representados los siguientes seis órdenes de insectos: Coleoptera, Lepidoptera, Homoptera, Neuroptera, Hemiptera y Diptera. De éstos, los coleópteros fueron los más comunes en las muestras encontrando principalmente élitros y patas (Figura 8).



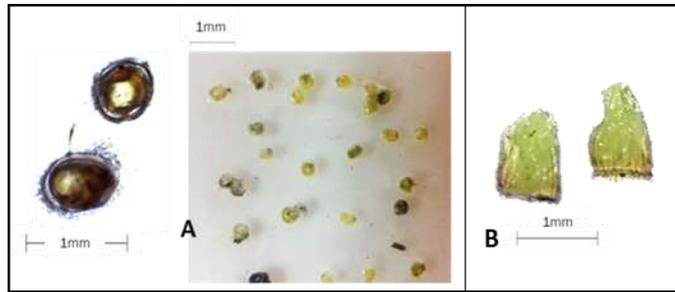
**Figura 8.** Piezas diagnósticas del orden Coleoptera separadas de excretas de *T. brasiliensis*. A) patas, B) élitros.

Así mismo, se identificaron alas y patas de hemípteros y dípteros, alas de neurópteros y homópteros, así como escamas indicando el consumo de lepidópteros (Figura 9).



**Figura 9.** Piezas diagnósticas de cinco órdenes de insectos encontrados en excretas de *T. brasiliensis*. A) Hemiptera, B) Diptera, C) Neuroptera D) Homoptera y E) Lepidoptera.

En las muestras de ambas especies, únicamente en la época lluviosa, logramos identificar la presencia de huevos de polillas, de diferentes tamaños, formas y colores (Figura 10). La prevalencia de huevos en las muestras de *M. sinaloae* fue del 32% (n = 2), mientras que para *T. brasiliensis* fue del 4% (n = 12). Como podemos observar en la Tabla 5; en ninguna de las dos especies se vinculó la presencia de huevos con determinado sexo, edad o estado reproductivo del MI.



**Figura 10.** Huevos de lepidópteros encontrados en muestras de excretas de *M. sinaloae* (A) y *T. brasiliensis* (B).

**Tabla 5.** Número de excretas con huevos de lepidópteros por especie de murciélago. Se especifica la categoría en la que se identificaron, el total de excretas con huevos, así como el porcentaje que representan estas muestras en el total de excretas colectadas en la época de lluvias. TES: Testículos escrotados, TING: testículos inguinales.

<b>Especie</b>	<b>Categoría</b>	<b># Excretas con huevos</b>	<b>Total</b>	<b>Porcentaje</b>
<i>T. brasiliensis</i>	Macho Adulto Inactivo	2	<b>2</b>	4%
	Hembras Adultas Lactantes	3		
<i>M. sinaloae</i>	Hembras Adultas Inactivas	4	<b>12</b>	32%
	Machos Adultos TES	4		
	Machos Adulto TING	1		

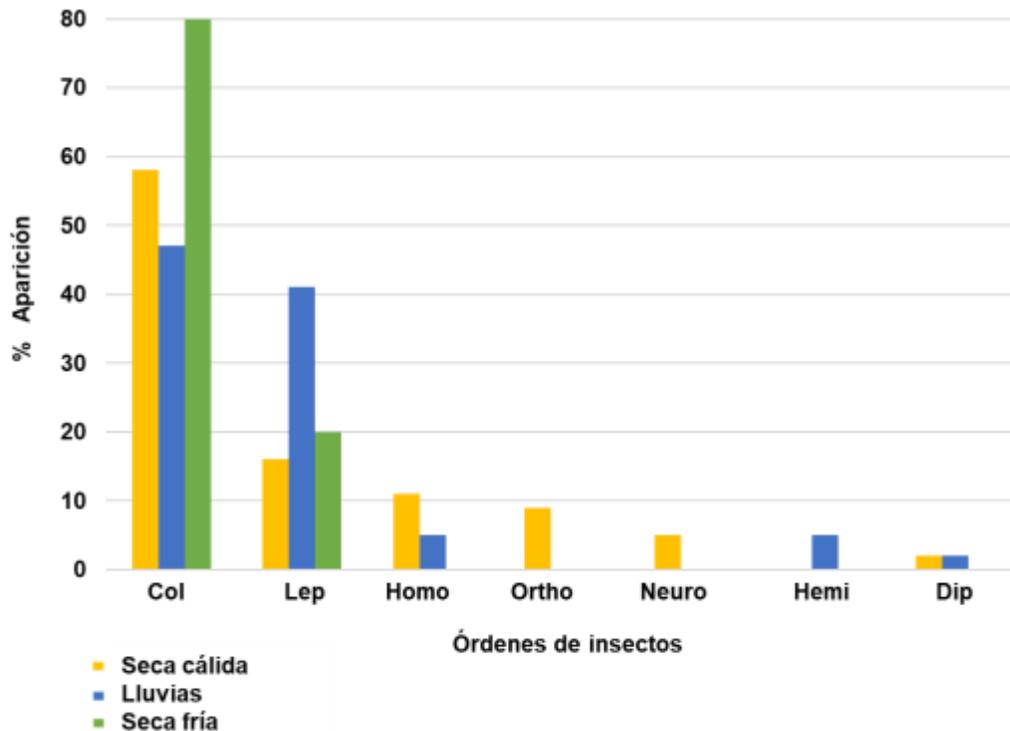
Una muestra del catálogo fotográfico generado a partir de la revisión de excretas de estas dos especies se encuentra en el Anexo III.

### 7.2 Importancia relativa de los órdenes de insectos

En términos generales, *Molossus sinaloae* basa su dieta en coleópteros y lepidópteros. Son los órdenes que presentan mayor importancia relativa todo el año; sin embargo, sí presentan variaciones estacionales.

Los órdenes identificados en la dieta de *M. sinaloae* varían a lo largo del año, presentando una composición de seis órdenes en la época seca cálida, disminuyendo

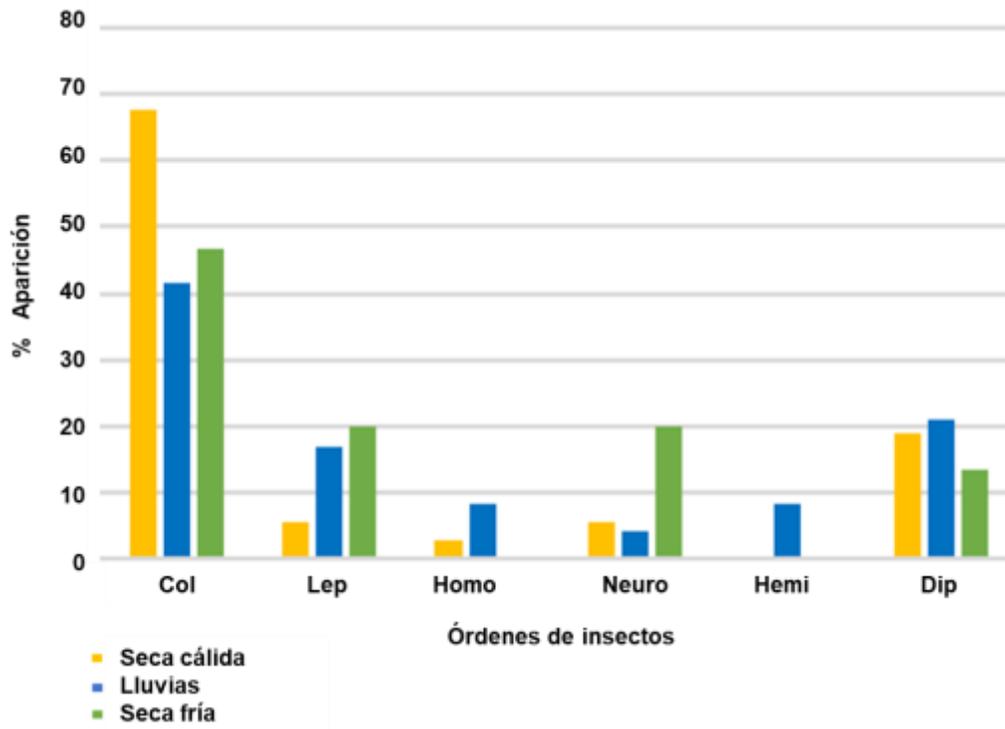
a cinco órdenes hacia las lluvias y consumiendo únicamente dos órdenes para la seca fría. Al evaluar la variación entre temporadas encontramos que la diferencia es estadísticamente significativa ( $X^2 = 21.2997$ ,  $gl = 6$ ,  $p = 0.00067$ ) (Figura 11).



**Figura 11.** Porcentaje de aparición de los órdenes encontrados en las excretas de *M. sinaloae* durante las épocas seca fría, seca cálida y lluvias. *Col*: Coleoptera, *Lep*: Lepidoptera, *Homo*: Homoptera, *Ortho*: Orthoptera, *Neuro*: Neuroptera, *Hemi*: Hemiptera, *Dip*: Diptera.

Los órdenes identificados en la dieta de *T. brasiliensis* presentan variación a lo largo del año, siendo cinco los identificados para la seca cálida, seis para las lluvias y cuatro para la seca fría. Cuando evaluamos la variación entre temporadas encontramos que existen diferencias estadísticamente significativas ( $X^2 = 9.3564$ ,  $gl = 6$ ,  $p = 0.05086$ ).

*Tadarida brasiliensis* se alimenta principalmente de coleópteros y dípteros, ya que son los órdenes que presentan mayor importancia relativa (Figura 12).



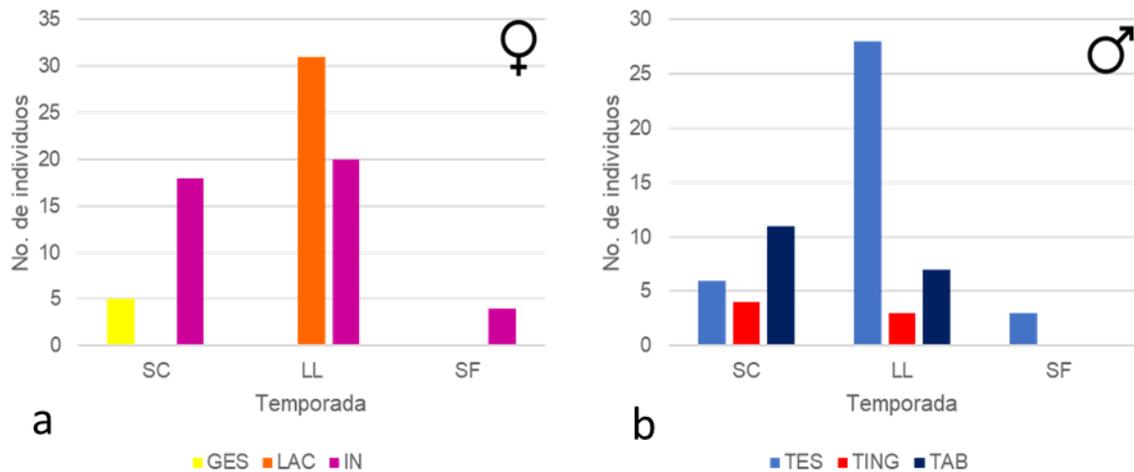
**Figura 12.** Porcentaje de aparición de los órdenes encontrados en las excretas de *T. brasiliensis* durante las épocas seca fría, seca cálida y lluvias. *Col*: Coleoptera, *Lep*: Lepidoptera, *Homo*: Homoptera, *Neuro*: Neuroptera, *Hemi*: Hemiptera, *Dip*: Diptera.

### 7. 3 Variación entre sexos, edades y estados reproductivos

Contar con los datos de edad, sexo y estado reproductivo de cada muestra de excreta colectada, nos permitió llevar a cabo el análisis comparativo entre estas diferentes categorías.

Del total de muestras de *M. sinaloae*, 75 correspondieron a ejemplares hembras, presentando únicamente el 1% de juveniles y el 99% de hembras adultas. De éstas últimas, 7% se encontraron gestantes, 42% lactantes y 51% inactivas. Por otra parte, de los 64 machos capturados, 9% fueron juveniles y 91% adultos, presentando en su mayoría testículos escrotados (58%). En la siguiente gráfica (Figura

13) se muestra el número de individuos capturados de los diferentes estados reproductivos entre las tres temporadas estacionales de muestreo. De esta especie podemos apreciar que se presentaron individuos representando los tres diferentes estados reproductivos tanto para hembras como para machos.



**Figura 13.** Número de individuos de *M. sinaloae* considerando: hembras (a) gestantes (GES), lactantes (LAC), inactivas (IN). Machos (b) con testículos escrotados (TES), inguinales (TING) y abdominales (TAB). Para las épocas: seca cálida (SC), lluvias (LL) y seca fría (SF).

La captura de hembras en los tres diferentes estados reproductivos presenta claramente un patrón, en donde, las gestantes se concentraron únicamente en la temporada de seca cálida, las hembras lactantes sólo en la temporada de lluvias, mientras que a lo largo del año se capturaron hembras inactivas. Por otro lado, los machos no presentan un patrón tan claro, pues los reproductivos (testículos escrotados) se capturaron todo el año al igual que los inactivos.

Es importante mencionar que se capturaron machos de *M. sinaloae* con glándulas gulares activas (Figura 14), y se presentaron en mayor proporción durante las lluvias, específicamente en el mes de agosto (89% de los machos capturados durante este mes), seguido de la seca fría con el 7% y finalmente en la seca cálida el 4%.

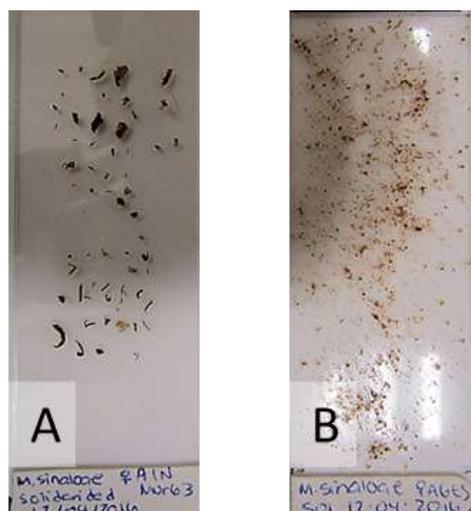


**Figura 14.** Macho de *M. sinaloae* con glándula gular activa.

Entre estados reproductivos existe una variación de los órdenes de insectos encontrados en las muestras (Tabla 6), siendo necesario recalcar que las hembras gestantes son las únicas que incluyeron de manera exclusiva el orden Lepidoptera en su dieta (Figura 15), mientras que las hembras y machos inactivos incluyeron un mayor número de órdenes en su dieta.

**Tabla 6.** Número de excretas con presencia de los órdenes de insectos en las muestras de *M. sinaloae* en diferentes estados reproductivos de hembras y machos. COL: Coleoptera, LEP: Lepidoptera, HOMO: Homoptera, ORTHO: Orthoptera, NEUR: Neuroptera; HEMI: Hemiptera, DIP: Diptera.

<b>HEMBRAS</b>	<b>COL</b>	<b>LEP</b>	<b>HOMO</b>	<b>ORTHO</b>	<b>NEUR</b>	<b>HEMI</b>	<b>DIP</b>
Gestantes		5					
Lactantes	24	19	1				2
Inactivas	34	16	5	3	2	2	1
<b>MACHOS</b>							
T. escrotados	27	22	3			2	
T. inguinales	6	4	2	1			
T. abdominales	14	2	2	1	1	5	1



**Figura 15.** Muestras preparadas de excretas de hembras de *M. sinaloae*. Se comparan dos muestras: hembra inactiva (A) y hembra gestante (B). La figura A muestra piezas diagnósticas de varios órdenes, mientras que en la B apreciamos la exclusividad de escamas.

Cuando evaluamos las relaciones que se presentan en la Tabla 7 encontramos que entre hembras gestantes (sólo presentes en la época seca cálida) e inactivas existe una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en cuanto a los órdenes que componen su

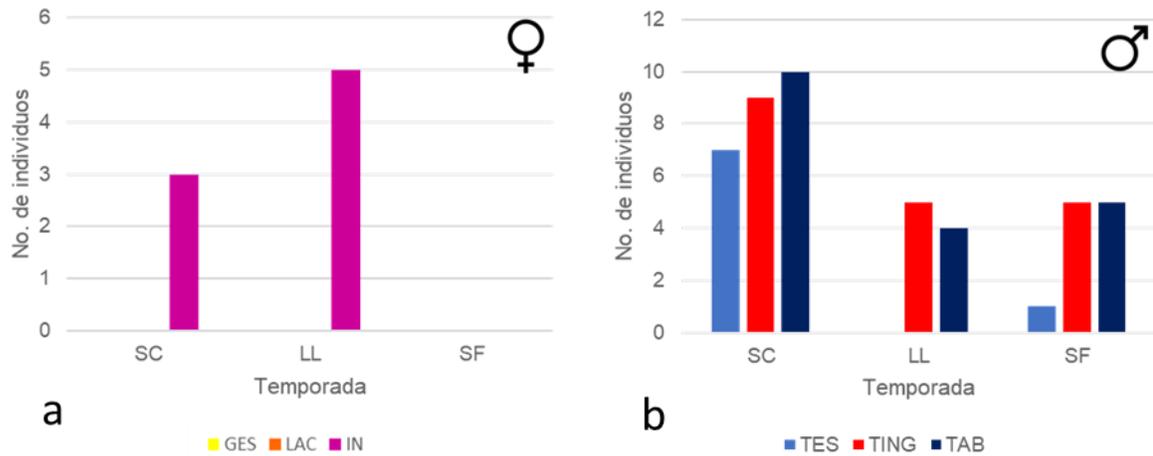
dieta, así como entre los machos reproductivos e inactivos durante la temporada de lluvias ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 7.** Comparación de dieta de *M. sinaloae*. Se especifica la temporada, las categorías evaluadas y los cálculos de probabilidad para pruebas exactas de Fisher y pruebas de Chi-cuadrada: J: Juveniles, A: Adulto, GES: Gestantes, IN: Inactivas, LAC: Lactantes, TES: Testículos escrotados, TING: T. inguinales, TAB: T. inguinales.

<b>TEMPORADA</b>	<b>PRUEBA ENTRE</b>		<b>PRUEBA EXACTA DE FISHER</b>
Seca Fría	Hembras	Machos	0.666
Seca Cálida	Hembras juveniles	Hembras adultas	0.28
	Hembras gestantes	Hembras inactivas	0.001*
	Machos TES	Machos TING-TAB	0.64
	Machos adultos	Machos juveniles	0.606
Lluvias	Hembras lactantes	Hembras inactivas	0.483
	Machos adultos	Machos juveniles	0.614
	Machos	Hembras	0.232
<b>TEMPORADA</b>	<b>PRUEBA ENTRE</b>		<b>CHI CUADRADA</b>
Seca Cálida	Machos	Hembras	0.072
Lluvias	Machos TES	Machos TING-TAB	0.002*

\* valores significativos ( $p \leq 0.05$ ).

En cuanto a *T. brasiliensis*, del total de muestras, ocho corresponden a ejemplares hembras que en su totalidad fueron adultas e inactivas. De los 46 machos, dos (4%) fueron juveniles y 44(96%) adultos siendo en su mayoría (36 individuos – 82%) inactivos reproductivamente. En la siguiente gráfica (Figura 16) se muestra el número de individuos en diferentes estados reproductivos entre las tres temporadas estacionales de muestreo.



**Figura 16.** Número de individuos de *T. brasiliensis* considerando: hembras (a) gestantes (GES), lactantes (LAC), inactivas (IN). Machos (b) con testículos escrotados (TES), inguinales (TING) y abdominales (TAB). Seca cálida (SC), lluvias (LL) y seca fría (SF).

La captura de hembras estuvo poco representada y el 100% de estas estuvieron inactivas reproductivamente. Los machos reproductivos de esta especie se concentran en la época seca cálida. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la mayoría permanecen inactivos y es necesario recalcar que no se registraron machos con glándulas gulares activas.

En cuanto a la variación de órdenes de insectos en las excretas en los diferentes estados reproductivos, en la Tabla 9 se puede evidenciar que los coleópteros estuvieron presentes en el total de categorías, lo que no ocurre para los otros órdenes. También, podemos observar que el mayor número de órdenes (cinco órdenes) se presentaron únicamente en las muestras analizadas de machos inactivos (testículos inguinales y abdominales).

**Tabla 9.** Número de excretas con presencia de los órdenes de insectos en las muestras de *T. brasiliensis* en diferentes estados reproductivos de hembras y machos. COL: Coleoptera, LEP: Lepidoptera, HOMO: Homoptera, NEUR: Neuroptera; HEMI: Hemiptera, DIP: Diptera.

<b>HEMBRAS</b>	<b>COL</b>	<b>LEP</b>	<b>HOMO</b>	<b>NEUR</b>	<b>HEMI</b>	<b>DIP</b>
Inactivas	8		2			3
<b>MACHOS</b>						
T. escrotados	8	1				1
T. inguinales	15	4	2	3	2	
T. abdominales	15	4		2	1	5

Cuando analizamos las relaciones entre las diferentes categorías (Tabla 10), ninguna fue significativa ( $p \leq 0.05$ ).

**Tabla 10.** Comparación de dieta de *T. brasiliensis*. Se especifica la temporada, las categorías evaluadas y los cálculos de probabilidad para pruebas exactas de Fisher. TES: Testículos escrotados, TING: Testículos inguinales, TAB: Testículos inguinales.

<b>TEMPORADA</b>	<b>PRUEBA ENTRE</b>		<b>PRUEBA EXACTA DE FISHER</b>
Seca Fría	Machos TES	Machos TING-TAB	0.466
	Machos adultos	Machos juveniles	0.59
Seca Cálida	Machos TES	Machos TING-TAB	0.554
	Machos	Hembras	0.529
Lluvias	Hembras inactivas	Machos inactivos	0.238

#### 7. 4 Estimación del tamaño de presa

Para *M. sinaloae*, con base en el diámetro de 102 artejos tarsales, se estimó que los coleópteros consumidos por esta especie son en promedio de  $11.37 \pm 2.52$  mm. En cuanto a los homópteros y hemípteros, tomando el diámetro de 34 artejos tarsales, se estimó que el tamaño promedio de estos insectos es de  $7.55 \pm 1.03$ mm.

Para *T. brasiliensis*, el tamaño de los coleópteros consumidos se estimó en  $8.52 \pm 2.87$  mm con base en 101 artejos tarsales. Para los homópteros y hemípteros se tomaron como referencia 22 artejos tarsales para estimar que el tamaño promedio de las presas de estos órdenes es de  $5.66 \pm 0.37$  mm.

## 8. DISCUSIÓN

Comúnmente, en trabajos que estudian MI, existen especies muy bien representadas en cuestión de abundancia, siendo otras poco capturadas (Bracamonte, 2013). Lo anterior principalmente se debe a las estrategias de forrajeo de las especies, lo que define su capacidad para buscar alimento en determinados sitios (Schnitzler y Kalko, 2001), de tal forma que el sitio de captura determina en gran medida las especies de MI que potencialmente podremos capturar.

Dada la dificultad para capturar ciertas especies de MI, la mayoría de los trabajos que estudian la dieta de estos murciélagos lo hacen mediante análisis de excretas colectadas en refugios (Ramírez-Chávez *et al.*, 2011). Sin embargo, durante este proyecto fue posible capturar una cantidad considerable de individuos de la familia Molossidae al usar redes de monofilamento y convencionales ubicadas sobre cuerpos de agua y que estuvieran activas durante cuatro horas y media (iniciando en la puesta astronómica del sol) de la noche, lo cual facilitó la captura de MI, ya que estos utilizan los cuerpos de agua de gran tamaño para la obtención del recurso hídrico. Además, se obtuvo la identidad específica y las características intrínsecas de los individuos que están vinculadas directamente con la selección y consumo de diferentes órdenes de insectos.

En este proyecto, de las siete especies capturadas, seis son insectívoras aéreas de espacios abiertos (*L. ega*, *L. blossevillii*, *N. macrotis*, *P. centralis*, *M. sinaloae* y *T. brasiliensis*; Schnitzler y Kalko, 2001), lo que concuerda completamente con el sitio de captura esperado, un cuerpo de agua de gran tamaño con poca cobertura vegetal.

Respecto a la riqueza de especies, la familia Molossidae fue la mejor representada con cuatro de siete especies, coincidiendo con lo reportado en otros trabajos para áreas urbanas tropicales (Perini *et al.*, 2003; Ávila-Flores y Fenton, 2005; Da Silva y Anacleto, 2011; Jung y Kalko, 2011). Retomando los estudios que se han

realizado en años anteriores en Cuernavaca (Hernández-Vila, 2015; Ocampo-Ramírez, 2015), todas las especies ya habían sido reportadas para la ciudad, e incluso algunas de ellas como *M. sinaloae*, *P. centralis* y *T. brasiliensis* se han encontrado de manera frecuente en áreas urbanas, pues parecen tener cierta preferencia por estos ambientes (Bowles *et al.*, 1990; Jennings *et al.*, 2002; Siles *et al.*, 2005; Jung y Kalko, 2011).

En cuanto a la estacionalidad, para los sitios de muestreo se tenía registrada la mayor riqueza de especies de MI durante la época de lluvias (Hernández-Vila, 2015). Sin embargo, en esta investigación registramos la mayor riqueza durante la seca cálida; es importante considerar que este proyecto se enfocó en el muestreo de MI sobre cuerpos de agua que, durante la época seca, resultan de vital importancia para estos murciélagos. Por otra parte, la mayor abundancia de MI se presentó durante las lluvias y probablemente esté vinculada con una mayor disponibilidad de alimento, pues está documentado que la época lluviosa dispara las abundancias de insectos (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2009).

Cuando del total de individuos capturados, consideramos el sexo de los ejemplares de *M. sinaloae*, encontramos que en este proyecto se mantuvo una proporción de 1:1 a lo largo de los muestreos. Contrariamente, Bowles *et al.* (1990) capturan en un campo de golf en la ciudad de Mérida, Yucatán, proporcionalmente más hembras que machos de *M. sinaloae*. Por lo tanto, proponen que los molósidos presentan una segregación de sexos con relación a los sitios de forrajeo y refugios.

Para *T. brasiliensis*, a lo largo de este proyecto registramos proporcionalmente más machos que hembras, y los machos capturados fueron mayoritariamente inactivos (con glándula gular no evidente y testículos abdominales o inguinales). Por ello, podríamos sugerir que las hembras de estas poblaciones no utilizan los cuerpos de agua en los sitios de muestreo apuntando hacia una posible segregación de sexos en cuanto a los sitios de forrajeo o de percha (Bowles *et al.*, 1990). Por otro lado, al haber registrado una baja abundancia de hembras podemos sugerir que estas pertenezcan a poblaciones migratorias, ya que es conocido que esta especie realiza grandes migraciones para formar colonias de maternidad tanto en el centro como el norte de México (Cockrum, 1969; Vidal *et al.*, 2008; Wiederholt *et al.*, 2013).

### 8.1 Órdenes de insectos en la dieta

Concordando con lo planteado en la hipótesis, los órdenes Coleoptera y Lepidoptera fueron los más frecuentes en la dieta de las especies de estudio. En el caso particular de *M. sinaloae* no encontramos reportes previos de consumo de ortópteros para la especie (Lee y McCracken, 2005; Jennings *et al.*, 2002; Vázquez-Mota, 2011), pero sí para el género *Molossus* (Freeman, 1981). En cuanto a la dieta de *T. brasiliensis*, ya que existían 12 órdenes reportados para la especie (Lee y McCracken, 2005), no encontramos nuevos reportes, pero sí encontramos diferentes proporciones de insectos consumidos que se explicarán más adelante.

Dentro de los artículos revisados para esta investigación sobre dieta de MI considerando áreas silvestres y urbanas tropicales, no encontramos ningún reporte de huevos de lepidópteros en las excretas de estos mamíferos. Por lo tanto, este hallazgo es el primer reporte de huevos de polilla en excretas de MI, particularmente de *M. sinaloae* y *T. brasiliensis*. Por lo anterior, si retomamos el concepto de control biológico, en el que una especie reduce los efectos indeseados de otra especie (Alston, 1996), podríamos estar abriendo una nueva pregunta de investigación en el sentido del control biológico realizado por ambas especies.

El control biológico que realiza *T. brasiliensis* está bien documentado (Cienfuegos, 2005; Lee y McCracken, 2005; Cleveland *et al.*, 2006; Gándara *et al.*, 2006), caso contrario para *M. sinaloae*. Sin embargo, el que estos murciélagos se estén alimentado de las polillas en un momento que resulta reproductivamente importante para ellas, puede repercutir de forma indirecta en la cascada trófica de tres niveles que se presenta entre: murciélago insectívoro – polilla – planta, es decir, que los murciélagos insectívoros al reducir la puesta de huevos de las polillas reducen la herbivoría de las orugas de lepidópteros. Para ambientes forestales y agroforestales se ha demostrado que de no existir el control biológico de insectos implementado por los MI, se incrementaría significativamente la abundancia de estos insectos plaga, y por ende la herbívora de estos, lo que provocaría una gran pérdida del follaje de las plantas (Kalka y Kalko, 2006; Molinari *et al.*, 2012; Williams-Guillén *et al.*, 2016). Esto

también podría ocurrir en un ambiente urbano con grandes extensiones verdes, como lo es la ciudad de Cuernavaca.

## 8.2 Importancia estacional de los órdenes en la dieta

Cuando evaluamos la importancia relativa de los órdenes de insectos en la dieta de las dos especies de murciélagos más abundantes, encontramos que para ambas existen diferencias significativas en los órdenes de insectos que componen la dieta entre temporadas.

Para *M. sinaloae*, su dieta está basada en siete órdenes, de los cuales dos son predominantes, mientras que los otros cinco únicamente son complementarios. Bowles *et al.* (1980), encuentran que los lepidópteros son el orden con mayor importancia relativa en la dieta de éste molósid, pero en este proyecto y coincidiendo con lo esperado por nuestra hipótesis, el orden de mayor importancia relativa fueron los coleópteros. Probablemente los cambios estacionales en la dieta se deban a la disponibilidad de las presas, pues la mayor cantidad de órdenes en la dieta se presentaron durante la época seca, que de acuerdo con Janzen (1973), concuerda con la mayor abundancia de insectos en ambientes secos moderados, como lo es la ciudad de Cuernavaca.

Por otro lado, para *T. brasiliensis*, los órdenes más importantes son tres: Coleoptera, Lepidoptera y Diptera. Estos tres órdenes presentaron variación en cuanto al porcentaje de aparición a lo largo del año; sin embargo, Lee y McCracken (2005) reportan que los coleópteros y lepidópteros son siempre los de mayor importancia relativa en la dieta de esta especie. Contrario a lo reportado en otros trabajos en áreas naturales (Freeman, 1981; Lee y McCracken 2005; McWilliams 2005; Vázquez-Mota, 2011; Bracamonte, 2013) y a lo planteado en las hipótesis de este proyecto, *T. brasiliensis* mostró realmente una baja frecuencia de lepidópteros. Lo anterior podría sugerir dos patrones: 1) *T. brasiliensis* modifica su dieta para aprovechar los contornos urbanos y 2) no se identificó al orden Lepidoptera como el de mayor importancia relativa puesto que no registramos hembras reproductivas, que de acuerdo con los

antecedentes son las que imprimen variación en la dieta generalizada de la especie (Kunz *et al.*, 1995). Por otro lado, en este estudio el orden Diptera es de los más importantes en la dieta de *T. brasiliensis* en el área urbana de Cuernavaca, por lo que la identificación a niveles más específicos sobre la identidad de los dípteros que consume esta especie es de vital importancia para estimar el control biológico sobre posibles vectores de enfermedades para los humanos (Reiskind y Wund, 2009).

### 8.3 Variación de la dieta considerando las características intrínsecas

A lo largo de este proyecto, pudimos comprobar que cuando se incluyen características intrínsecas de la especie en la descripción de la dieta, es posible ampliar y profundizar el análisis de los datos obtenidos. Tal es el caso de *M. sinaloae*, en la cual las hembras gestantes, comparativamente con las hembras inactivas, presentan diferencias significativas dadas por la exclusividad del orden Lepidoptera en la dieta de las gestantes, coincidiendo con lo planteado en la hipótesis.

Lo anterior sugiere que durante la preñez las hembras ajustan su dieta para cubrir los gastos energéticos impuestos por la gestación. Sugerimos que dicho ajuste puede estar orientado a la reducción del gasto energético, ya sea porque el procesamiento físico de insectos blandos es más sencillo y requiere un menor costo que aquel que se necesita para masticar y digerir insectos con altos contenidos de quitina (*p. ej.* coleópteros) (Bell, 1990). Por otro lado, no sólo es reducir el gasto energético, sino incrementar el aporte neto de energía, pues las polillas - comparativamente con los escarabajos- tienen mayor contenido calórico (Rumpold y Schlüter, 2013), lo que podría estar favoreciendo el proceso de gestación de las hembras de *M. sinaloae*.

Por otra parte, los machos de esta especie también presentaron cambios significativos cuando comparamos los individuos reproductivos vs. inactivos (testículos escrotados vs. testículos abdominales e inguinales), ajustando su dieta únicamente en las proporciones de insectos consumidas, más no presentando exclusividad ni inclinación de consumo hacia un orden particular. Sin embargo, la presencia de lepidópteros y coleópteros en las excretas de los machos reproductivos es mayor que

en los inactivos. Por lo tanto, podemos decir que los machos reproductivos podrían estar presentando ajustes importantes en su dieta puesto que la espermatogénesis y la búsqueda de pareja implica un mayor gasto energético. Se ha comprobado que los individuos con mejor condición corporal (*p. ej.* peso) son más exitosos reproductivamente (León-Galván *et al.*, 2005). Es necesario hacer notar que los individuos reproductivamente inactivos (tanto machos como hembras) consumieron un mayor número de órdenes cumpliendo con lo planteado en la hipótesis, lo que refuerza la idea de que los cambios principales en la dieta de *M. sinaloae* están dados por los individuos reproductivos de ambos sexos.

En relación con los ciclos reproductivos de las especies de estudio, se pudo determinar con certeza que las glándulas gulares en *M. sinaloae* estaban activas únicamente en los machos y no en las hembras, como se ha reportado para otras especies del género (Quay, 1970). Las glándulas gulares son estructuras notables que se encuentran ubicadas en la sección correspondiente al cuello de los murciélagos de la familia Molossidae, y se ha estudiado su función tanto para *M. rufus* como para *M. sinaloae*; esta corresponde a la reproducción de la especie, ya que produce y libera un exudado aceitoso de olor almizclado, que utilizan los machos para marcar el dorso de las hembras (Heideman *et al.*, 1990; Jennings *et al.*, 2002). Por observaciones en campo, logramos evidenciar a una hembra de esta especie marcada en el área dorsal con el exudado que liberan los machos (se pudo identificar por el olor tan característico).

*Molossus sinaloae* está completando su ciclo reproductivo en la ciudad, lo que indica que las poblaciones de esta especie son residentes y están encontrando alimento y refugio suficiente para reproducirse y permanecer en la ciudad de Cuernavaca. El ciclo reproductivo de *M. sinaloae* descrito en este estudio concuerda con el reportado en la literatura (Jennings *et al.*, 2002) y para otras áreas urbanas de México (Bowles *et al.*, 1990, Heideman *et al.*, 1990). No encontramos evidencia de que *T. brasiliensis* esté completando sus ciclos reproductivos en esta ciudad. Sin embargo, a lo largo de su distribución ya se han reportado colonias de maternidad de esta especie en áreas urbanas (Romano *et al.*, 1999).

#### 8.4 Tamaño y tipo de presas

En este apartado hay que recordar que las dos especies de estudio según Freeman (1981), pertenecen a grupos diferentes. Por un lado *M. sinaloae* pertenece al grupo de los especializados en el consumo de presas duras, mientras que *T. brasiliensis* pertenece al grupo de los especializados en el consumo de insectos cuerpo blando. Es de resaltar que, de los siete órdenes de insectos identificados, los escarabajos fueron los más consumidos por ambas especies, y que de acuerdo con Freeman (1981) son los insectos con el nivel más alto de dureza.

Goldman y Henson (1977) describen que existen ciertas especies de MI que tienen la habilidad de capturar escarabajos pero que no tienen la capacidad de masticarlos. Durante este proyecto pudimos comprobar que *T. brasiliensis* sí es capaz de consumir tanto insectos de cuerpo blando como de exoesqueleto rígido, a pesar de que su cráneo no es tan robusto y su tamaño corporal es más pequeño que el de *M. sinaloae*. En trabajos que estiman el tamaño de presa de MI (Freeman, 1981; Vázquez-Mota, 2011), se encuentra que el tamaño de los insectos consumidos por los murciélagos está en función del tamaño corporal del murciélago, lo que coincide con lo encontrado en este proyecto, pues el tamaño estimado de las presas de *M. sinaloae* (AB = 46.2 mm) fue mayor al de *T. brasiliensis* (AB = 36.6 mm).

Aunque en este proyecto no consideramos las recapturas, en una misma noche capturamos hasta 15 individuos, por lo que tenemos la certeza de contar con muestras de más de un individuo. Es importante mencionar que en otro trabajo que estima el tamaño de presa de *M. sinaloae* a partir de 146 piezas de insectos encontradas en 10 muestras de excretas de un mismo individuo (Vázquez-Mota, 2011), el tamaño promedio de los escarabajos es similar al encontrado en este proyecto ( $12.93 \pm 4.41$  mm. vs.  $11.37 \pm 2.52$  mm.), en donde incluimos 102 piezas diagnósticas. Por lo tanto, podemos sugerir que el tamaño promedio de presas no varía de forma considerable entre individuos. Por otro lado, para *T. brasiliensis*, con un total de 54 muestras de excretas de diferentes noches e individuos, obtuvimos un tamaño promedio de los coleópteros consumidos de  $8.52 \pm 2.87$  mm, mientras que Vázquez-Mota (2011), con 10 excretas de un mismo individuo reporta escarabajos de  $8.86 \pm 3.06$  mm. Aunque

nosotros estimamos el tamaño a partir de 101 piezas de insecto y Vázquez-Mota (2011) de 352 piezas, podemos ver que realmente los tamaños estimados son bastante similares sugiriendo que tampoco en esta especie hay variación relevante entre individuos.

Ya que los tamaños estimados de coleópteros consumidos para ambas especies en este proyecto resultan similares a los reportados previamente (Vázquez-Mota, 2011), podemos sugerir que estas especies presentan un tamaño óptimo de presa, por lo que el tamaño de estas no varía mucho entre individuos. Aun así, sería interesante explorar la variación del tamaño de presa entre machos y hembras, pues en el caso de los molósidos generalmente los primeros presentan un mayor tamaño corporal que las hembras (Freeman, 1981). Por otro lado, en las muestras de excretas de ambas especies de estudio registramos a los órdenes Hemiptera y Homoptera, y procedimos a estimar el tamaño de presa para estos insectos, lo cual representa el primer dato de tamaño de presa para estos dos órdenes.

Es importante considerar que los insectos grandes son más fáciles de digerir que los pequeños (Barclay *et al.*, 1991) pues si consideramos que principalmente los MI se comen el abdomen del insecto descartando patas, alas y cabeza (que son las partes más duras del insecto) (Kunz *et al.*, 1995), los insectos más grandes tendrán por consecuencia un mayor volumen consumido, que representa mayor cantidad de alimento y aporte nutricional para el murciélago.

A pesar de que ambas especies consumen básicamente los mismos órdenes de insectos, consideramos que no compiten por el recurso alimenticio, ya que, aunque comparten el nicho (espacio, recurso trófico y tiempo) (Pianka, 1969), existe una diferenciación en cuanto al tamaño de insecto que explota cada especie, por lo que no consideramos que exista traslape entre ambas especies.

## **9. CONCLUSIONES**

- Como se muestra en este estudio la captura de MI suele ser exitosa cuando las redes de niebla se colocan en condiciones que toman en cuenta el

comportamiento y necesidades de este tipo de murciélagos, en este caso la necesidad de la ingesta directa de agua, aunada a las capacidades de vuelo.

- En este proyecto tuvimos el primer reporte de huevos de lepidópteros en la dieta de *M. sinaloae* y *T. brasiliensis*, lo que sienta las bases para analizar el control biológico que hacen estas especies sobre los lepidópteros desde la perspectiva de cascadas tróficas, ya que reduce las poblaciones de los herbívoros mucho antes de que este llegue a ser adulto.
- Es importante considerar que posteriores trabajos hagan la identificación a nivel de especie de los dípteros consumidos por *T. brasiliensis*, pues muchos de estos insectos son vectores de patógenos que producen importantes enfermedades en el humano.
- Integrar características intrínsecas de las especies cuando se describe la dieta es sumamente importante, pues permite visualizar que los individuos, aunque pertenezcan a una misma especie no son equivalentes en sus requerimientos nutricionales, ya que estos varían con el sexo edad y condición reproductiva.
- La variación en la dieta de *M. sinaloae* ocurre en concordancia con el momento del ciclo reproductivo en el que se encuentran los individuos, lo cual está vinculado con obtener un mayor aporte neto de energía en individuos activos reproductivamente, tanto hembras como machos.
- Tradicionalmente *Molossus* y *Tadarida* se reconocen como pertenecientes a grupos tróficos diferentes: *Molossus* consume insectos duros y *Tadarida* consume insectos blandos. Pero los resultados de este estudio parecen mostrar que no es tan importante la dureza del insecto como su tamaño ya que ambas especies consumieron tanto coleópteros como lepidópteros, pero de tamaños diferentes; menores tamaños para *Tadarida* y mayores tamaños para *Molossus*, lo cual corresponde con los tamaños relativos de los murciélagos.

## 10. LITERATURA CITADA

- Alston, D. G. (1996). General concepts of biological control. Utah University, Integrated Pest Management Fact Sheet, pp. 1–4.
- Álvarez-Castañeda, S. T. (1996). Los mamíferos del Estado de Morelos. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. p.181
- Arita, H. T. y Fenton M. B. (1997). Flight and echolocation in the ecology and evolution of bats. *Trends in Ecology and Evolution*, 12:53–58.
- Arita-Watanabe, H.T. (1999). Biología del murciélago mastín enano (*Eumops bonariensis nanus*) en Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ecología. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. H180. México D. F.
- Ávila-Flores, R., y Fenton, M. B. (2005). Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy*, 86 (6), 1193-1204.
- Bader, E., Jung, K., Kalko, E. K., Page, R. A., Rodríguez, R., y Sattler, T. (2015). Mobility explains the response of aerial insectivorous bats to anthropogenic habitat change in the Neotropics. *Biological Conservation*, 186, 97-106.
- Barclay, R. M. R. (1989). The effect of reproductive condition on the foraging behavior of female hoary bats, *Lasiurus cinereus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 24:31-37.
- Barclay, R. M., Dolan, M. A., y Dyck, A. (1991). The digestive efficiency of insectivorous bats. *Canadian Journal of Zoology*, 69(7):853-1856.
- Barclay, R. y Brigham, R. M. (1991). Prey detection, dietary niche breadth, and body size in bats: why are aerial insectivorous bats so small? *The American Naturalist*, 137(5): 693–703
- Barlow, K. E. (1997). The diets of two phonic types of the bat *Pipistrellus pipistrellus*, in Britain. *Journal of Zoology*, 243(3): 597-609.
- Bell, G. P. (1990). Birds and mammals on an insect diet: A primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics. *Stud Avian Biol*, 13.
- Belwood, J. J., y Fenton, M. B. (1976). Variation in the diet of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Canadian Journal of Zoology*, 54(10): 1674-1678.

- Bogdanowicz, W., Fenton, M. B., y Daleszczyk, K. (1999). The relationships between echolocation calls, morphology and diet in insectivorous bats. *Journal of Zoology*, 247(03): 381-393.
- Bowles, J. B., Heideman, P. D., y Erickson, K. R. (1990). Observations on six species of free-tailed bats (Molossidae) from Yucatan, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 35(2): 151-157.
- Bracamonte, J. C. (2013). Hábitos alimenticios de un ensamble de murciélagos insectívoros de bosque montano en las yungas argentinas. *Chiroptera Neotropical*, 19(1): 1157-1162.
- Buchler, E. R. (1976). Prey selection by *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *American Naturalist*, 619-628.
- Castilla, M. C. (2010). Murciélagos de la provincia de Córdoba, Argentina: riqueza y distribución. *Mastozoología Neotropical*, 17(2), 397-399.
- Cienfuegos, C. A. H. (2005). Hábitos alimentarios del murciélago mexicano de cola libre *Tadarida brasiliensis mexicana* (Saussure, 1860) de la Cueva de la Boca, Santiago, NL y su posible aportación en el control de plagas de la región-Edición Única.
- Cleveland, C. J., Betke, M., Federico, P., Frank, J. D., Hallam, T. G., Horn, J. y Kunz, T. H. (2006). Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4 (5), 238-243.
- Cockrum, E. L. (1969). Migration in the guano bat, *Tadarida brasiliensis*. *Journal of Mammalogy*, 43 (1): 43-64.
- Da Silva, S. G., y Anacleto, T. C. D. S. (2011). Diversidade de morcegos entre áreas com diferente grau de alteraçãona área urbana do município de Nova Xavantina, MT. *Chiroptera Neotropical*, 17 (2): 1003-1012.
- Dixon, M. D. (2012). Relationship between land cover and insectivorous bat activity in an urban landscape. *Urban Ecosystems*, 15(3), 683-695.
- Faran, M. E. (1980). Mosquito studies (Diptera: Culicidae). XXXIV. A revision of the *albimanus* section of the sub genus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. *Contributions of the American Entomological Institute* 15, 1-215.

- Fenton, M. B., y N. B. Simmons. (2015). *Bats: a world of science and mystery*. University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA.
- Flores, J. W. C. T. (2013). Dinámica poblacional, patrón reproductivo, dieta, selección de condiciones microclimáticas y hábitos de percha de *Natalus mexicanus* (Chiroptera: Natalidae) en la parte central de Colima, México. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México DF.
- Freeman, P. W. (1979). Specialized insectivory: beetle-eating and moth-eating molossid bats. *Journal of Mammalogy*, 60(3): 467-479.
- Freeman, P. W. (1981). Correspondence of food habits and morphology in insectivorous bats. *Journal of Mammalogy*, 62(1): 166-173.
- Freeman, P. W. (1981). A multivariate analysis of the family Molossidae (Mammalia, Chiroptera): morphology, ecology, evolution. *Fieldiana Zoology*, 7: 1-173.
- Gaisler, J., Zukal, J., Rehak, Z., y Homolka, M. (1998). Habitat preference and flight activity of bats in a city. *Journal of Zoology*, 244(3), 439-445.
- Galindo-González, J. (2007). Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos. Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 97-114.
- Gándara, G., Correa, A., y Hernández, C. (2006). Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el norte de México. Cátedra de Integración Económica y Desarrollo Social, Tecnológico de Monterrey.
- García-Barrios, J.R., Torres Gómez, M.G., y Jaramillo Monroy, F. (2007) *Las barrancas de Cuernavaca*. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias – UNAM. México.
- Gómez-Ruiz, E. P. (2008). Actividad de murciélagos (Chiroptera) en cuerpos de agua y su relación con variables ambientales en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango. Tesis Doctoral. IPN- Instituto Politécnico Nacional.
- Gonsalves, L., Law, B., Webb, C., y Monamy, V. (2013). Foraging ranges of insectivorous bats shift relative to changes in mosquito abundance. *Plos One*, 8 (5): e64081.
- Hall, R. 1981. *The mammals of North America*. John Wiley and sons. USA. 690 p.

- Heideman, P. D., Erickson, K. R., y Bowles, J. B. (1990). Notes on the breeding biology, gular gland and roost habits of *Molossus sinaloae* (Chiroptera, Molossidae). *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 55(5): 303-307.
- Hernández-Vila, H.D.R. (2015). Diversidad de murciélagos en áreas verdes urbanas en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México.
- INAFED. (2010). Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Secretaría de Gobernación. México.
- Janzen, D. H. (1973). Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology*, 54(3), 687-708.
- Jennings, J. B., Best, T. L., Burnett, S. E., y Rainey, J. C. (2002). *Molossus sinaloae*. *Mammalian Species*, 1-5.
- Jiménez-Sánchez, E., Zaragoza-Caballero, S., y Noguera, F. A. (2009). Variación temporal de la diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) nocturnos en un bosque tropical caducifolio de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80(1): 157-168.
- Jung, K., Kalko, E. K., y VonHelvesen, O. (2007). Echolocation calls in Central American emballonurid bats: signal design and call frequency alternation. *Journal of Zoology*, 272(2): 125-137.
- Jung, K., y Kalko, E. K. (2011). Adaptability and vulnerability of high flying Neotropical aerial insectivorous bats to urbanization. *Diversity and Distributions*, 17(2), 262-274.
- Kalka, M., y Kalko, E. K. (2006). Gleaning bats as underestimated predators of herbivorous insects: diet of *Micronycteris microtis* (Phyllostomidae) in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 22(01): 1-10.
- Kervyn, T. y Libois, R. (2008). The diet of the serotine bat: a comparison between rural and urban environments. *Belgian Journal of Zoology*, 138(1): 41-49.
- Kunz, T. H. (1988). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Washington: Smithsonian Institution Press. 533 pp.

- Kunz, T. H., Whitaker, J. O., y Wadanoli, M. D. (1995). Dietary energetics of the insectivorous Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*) during pregnancy and lactation. *Oecologia*, 101(4): 407-415.
- Kurta, A., y Whitaker Jr, J. O. (1998). Diet of the endangered Indiana bat (*Myotis sodalis*) on the northern edge of its range. *The American Midland Naturalist*, 140(2): 280-286.
- Kurta, A., Bell, G. P., Nagy, K. A., y Kunz, T. H. (1989). Energetics of pregnancy and lactation in free ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology*, 62(3): 804-818.
- Lawrence, J. F y Britton, E. B. (1974). *Australian beetles*. Melbourne University Press, Melbourne, 192 pp.
- Lee, Y. F., y McCracken, G. F. (2005). Dietary variation of Brazilian free-tailed bats links to migratory populations of pest insects. *Journal of Mammalogy*, 86(1): 67-76.
- León-Galván, M. A., López-Wilchis, R., Hernández-Pérez, O., Arenas-Ríos, E., y Rosado, A. (2005). Male reproductive cycle of Mexican big-eared bats, *Corynorhinus mexicanus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *The southwestern naturalist*, 50(4), 453-460.
- López Berrizbeitia, M. F. y Díaz, M. M. (2013). Diversidad de murciélagos (mammalia, Chiroptera) en la ciudad de Lules, Tucumán. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(1), 234-239.
- Luck, G. W., Smallbone, L., Threlfall, C., y Law, B. (2013). Patterns in bat functional guilds across multiple urban centres in south-eastern Australia. *Landscape ecology*, 28(3), 455-469.
- Maine, J. J., y Boyles, J. G. (2015). Bats initiate vital agroecological interactions in corn. *Proceedings of the National Academy of sciences*, 112(40), 12438-12443.
- McWilliams, L. A. (2005). Variation in diet of the Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*). *Journal of Mammalogy*, 86(3): 599-605.
- Medellín, R.A., Arita, H.T y Sánchez. O. (2008). Identificación de los murciélagos de México, clave de campo. 2ª edición. Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F., 78pp.
- Molinari, J., Nassar, J. M., García-Rawlins, A., y Márquez, R. J. (2012). Singularidad biológica e importancia socioeconómica de los murciélagos cavernícolas de la península de Paraguaná, Venezuela, con propuestas para su conservación. *Revista de Ecología Latinoamericana*, 17(3): 1-40.

- Núñez-Garduño, A. (2005). Los mamíferos silvestres de Michoacán. Diversidad, biología e importancia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, 448 pp.
- Ocampo-Ramírez, C.M. (2015). Efectos de la cobertura urbana sobre la actividad de murciélagos insectívoros aéreos en las barrancas de Cuernavaca. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación. Universidad Autónoma del Estado de Morelos – UAEM.
- Orozco-Lugo, C. L. (2007). Efecto de la perturbación del hábitat en la comunidad de murciélagos insectívoros de la selva baja caducifolia. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. Universidad Autónoma del México – UNAM.
- Quay, W.B (1970). Integument and derivatives. En: Biology of Bats. Vol. I. Ed. New York Academic Press.
- Ramírez-Chávez, H. E., Mejía-Egas, O., y Zambrano, G. (2008). Anotaciones sobre dieta, estado reproductivo, actividad y tamaño de colonia del murciélago mastín común (*Molossus*: Molossidae) en la zona urbana de Popayán, Departamento del Cauca, Colombia. *Chiroptera Neotropical*, 14(2): 384-390.
- Regidor, H., Mosa, S., y Núñez, A. (2014). Confinamiento de una colonia de *Tadarida brasiliensis*, una alternativa de manejo compatible con la conservación. *Chiroptera Neotropical*, 9(1-2): 157-162.
- Reiskind, M. H. y Wund, M. A. (2009). Experimental assessment of the impacts of northern long-eared bats on ovipositing *Culex* (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*, 46 (5): 1037-1044.
- Rizo-Aguilar, A. (2008). Descripción y análisis de los pulsos de ecolocación de 14 especies de murciélagos insectívoros aéreos del Estado de Morelos. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México.
- Romano, M. C., Maidagan, J. I., y F Pire, E. (1999). Behavior and demography in an urban colony of *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) in Rosario, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 47 (4): 1121-1127.
- Rumpold, B. A., y Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research*, 57(5), 802-823.
- Rydell, J. (1991) Ecology of the northern bat (*Eptesicus nilssonii*) during pregnancy and lactation. Ph.D. thesis, University of Lund, Sweden.

- Salazar, M. J., y Moncada, L. I. (2004). Ciclo de vida de *Culex quinquefasciatus* Say, 1826 (Diptera: Culicidae) bajo condiciones no controladas en Bogotá. *Biomédica*, 24 (4): 385-392.
- Schnitzler, H. U., y Kalko, E. K. (2001). Echolocation by insect-eating bats we define four distinct functional groups of bats and find differences in signal structure that correlate with the typical echolocation tasks faced by each group. *Bioscience*, 51(7): 557-569.
- Segura-Trujillo, C. A. (2014). Dieta y gremios tróficos de los murciélagos depredadores de artrópodos de Norte y Centro América. Tesis de Maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Siles, L., Peñaranda, D., Pérez-Zubieta, J. C., y Barboza, K. (2005). Los murciélagos de la ciudad de Cochabamba. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 18, 51-64.
- Simmons, N. B. (2005). Order Chiroptera. Pp. 312-529 En: D. E. Wilson y D. M Reeder (Eds.). *Mammal species of the World: a taxonomic and geographic reference*. Third edition. Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Stone, E.L. S. Harris y G. Jones. (2014). Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. *Mammalian Biology* 80:213-219
- Threlfall, C., Law, B., Penman, T., y Banks, P. B. (2011). Ecological processes in urban landscapes: mechanisms influencing the distribution and activity of insectivorous bats. *Ecography*, 34(5), 814-826.
- Tuttle, N. M., Benson, D. P., y Sparks, D. W. (2006). Diet of the *Myotis sodalis* (Indiana bat) at an urban/rural interface. *Northeastern Naturalist*, 13(3): 435-442.
- Vázquez-Mota, C. I. (2011). Identidad taxonómica y tamaño de las presas consumidas por algunas especies de murciélagos de la familia Molossidae (Mammalia: Chiroptera). Tesis de Licenciatura, Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Vidal, J. C. L., Arellano, C. E., Arroyo-Cabrales, J., y Medellín, R. A. (2008). Observaciones sobre movimientos y comportamiento de *Tadarida brasiliensis mexicana* en la cueva El Salitre, Metztitlán, Hidalgo, México. En: *Avances en el estudio de mamíferos de México II*, p. 615.

- Whitaker, J. O., Neefus, C., y Kunz, T. H. (1996). Dietary variation in the Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*). *Journal of Mammalogy*, 77(3): 716-724.
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G., y Vaughan, N. (2003). Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *Journal of Applied Ecology*, 40(6): 984-993.
- Williams-Guillén, K., Olimpi, E., Maas, B., Taylor, P. J., y Arlettaz, R. (2016). Bats in the anthropogenic matrix: challenges and opportunities for the conservation of Chiroptera and their ecosystem services in agricultural landscapes. En: *Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world*. Springer International Publishing. pp. 151-186.
- Wiederholt, R., López-Hoffman, L., Cline, J., Medellín, R. A., Cryan, P., Russell, A., y Semmens, D. (2013). Moving across the border: modeling migratory bat populations. *Ecosphere*, 4(9): 1-16.
- Wilkins, K. T. (1989). *Tadarida brasiliensis*. *Mammalian Species*, (331), 1-10.
- Zaviezo, T., Espinoza, P., Urra, F., Ramírez, P. R., Püschel, O, J., Pacheco, S, R. (2003). *Morfología e Identificación de Insectos*. Tesis. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Fruticultura y Enología.

## ANEXO I.

Contenido nutrimental (%) y contenido energético de 6 órdenes de insectos.

Fuente: Rumpold y Schlüter, 2013. ELN: Extracto Libre de Nitrógeno

Orden	Proteína	Grasa	Fibra	ELN	Ceniza	Kcal/100g
Coleoptera	40.7	33.4	10.7	13.2	5.1	490.3
Lepidoptera	45.4	27.7	6.6	18.8	4.5	508.9
Hymenoptera	46.5	25.1	5.7	3.5	3.5	484.5
Hemiptera	48.3	30.3	12.4	5.0	5.0	479.0
Orthoptera	61.3	13.4	9.6	3.9	3.9	427.0
Diptera	49.5	22.8	13.6	10.3	10.3	409.8

## ANEXO II.

Orden y tamaño estimado de presa para las especies de murciélagos con pocas capturas en este estudio. Se especifica la familia, género, especie, número de excretas, temporada de colecta (SC: seca cálida, LL: lluvias), sexo (M: machos), edad (A: adulto), los órdenes identificados en las excretas y, por último, el tamaño estimado de presa (cuando fue posible estimarlo). En el caso de Lepidoptera se agrega entre paréntesis el número promedio de escamas en las muestras de la especie.

Familia	Género	Especie	# Exc	Temp	Sex	Edad	Órdenes	Tamaño de presa
Molossidae	<i>Nyctinomops</i>	<i>N. macrotis</i>	3	SC	M	A	Coleoptera	12.32 ± 3.05 mm
	<i>Promops</i>	<i>P. centralis</i>	1	SC	M	A	Coleoptera	24.02 ± 0.32 mm
	<i>Lasiurus</i>	<i>L. blossevillii</i>	2	SC	M	A	Lepidoptera (10,448)	
<i>L. ega</i>		2	SC	M	A	Lepidoptera (7,043) Homoptera		
Vespertilionidae	<i>Myotis</i>	<i>M. fortidens</i>	5	1 SC	M	A	Coleoptera	9.38 ± 1.70 mm
				4 LL			Lepidoptera (482) Hemiptera Diptera	

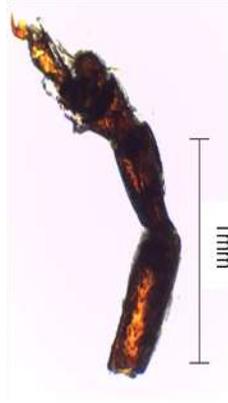
**ANEXO III.**

Catálogo fotográfico de piezas encontradas en las excretas de 7 especies de MI.

La realización de catálogos de referencia sobre piezas encontradas en excretas de MI resulta de suma importancia para la facilitación de futuros proyectos.



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Coleoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Coleoptera



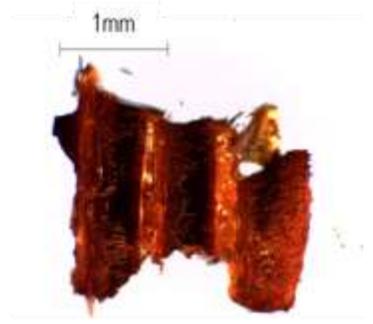
Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Coleoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Coleoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Coleoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Coleoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Coleoptera



Especie: *N. macrotis*  
Orden Coleoptera



Especie: *P. centralis*  
Orden Coleoptera



Especie: *M. fortidens*  
Orden Coleoptera



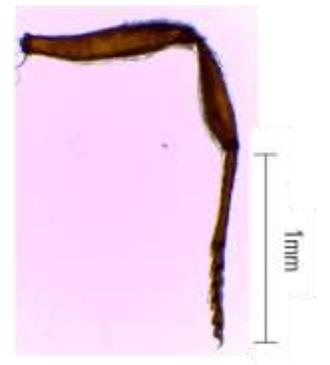
Especie: *M. sinaloae*  
Orden Diptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Diptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Diptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Diptera



Especie: *M. fortidens*  
Orden Diptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Hemiptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Hemiptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Hemiptera



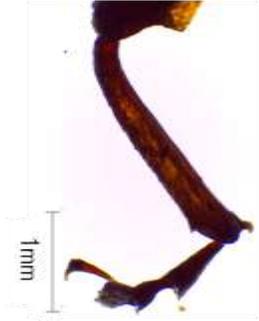
Especie: *M. sinaloae*  
Orden Hemiptera



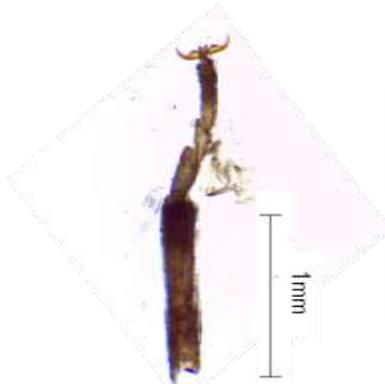
Especie: *M. sinaloae*  
Orden Hemiptera



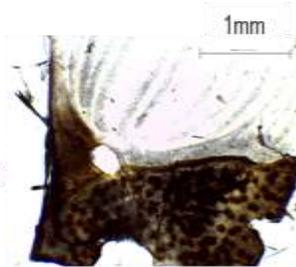
Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Hemiptera



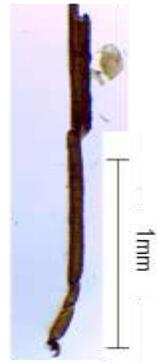
Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Hemiptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Hemiptera



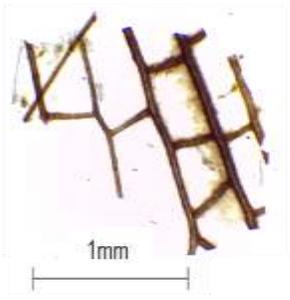
Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Hemiptera



Especie: *M. fortidens*  
Orden Hemiptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Homoptera



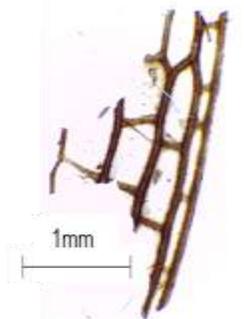
Especie: *M. sinaloae*  
Orden Homoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Homoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Homoptera



Especie: *L. ega*  
Orden Homoptera



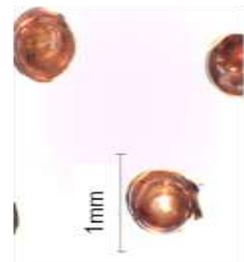
Especie: *M. sinaloae*  
Orden Lepidoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Lepidoptera



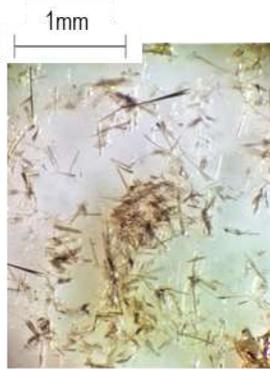
Especie: *M. sinaloae*  
Orden Lepidoptera



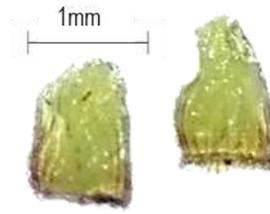
Especie: *M. sinaloae*  
Orden Lepidoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Lepidoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Lepidoptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Lepidoptera



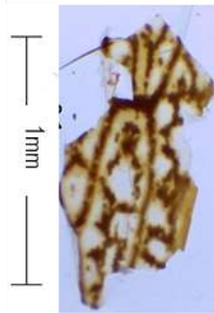
Especie: *L. blossevillii*  
Orden Lepidoptera



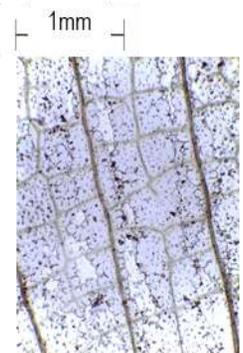
Especie: *L. ega*  
Orden Lepidoptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Neuroptera



Especie: *T. brasiliensis*  
Orden Neuroptera



Especie: *M. sinaloae*  
Orden Orthoptera