



El Colegio de la Frontera Sur

Caracterización de refugios utilizados por *Saccopteryx bilineata*
(Temminck, 1838) (Quiróptera: Emballonuridae) en Tuzantán,
Chiapas, México

TESIS

Presentada como requisito parcial para optar por al grado de
Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural
Con orientación en Manejo y Conservación de Recursos Naturales

Por

Jesús Tadeo Mateos Orozco

2019



El Colegio de la Frontera Sur

_____, ____ de _____ de 20 ____.

Las personas abajo firmantes, miembros del jurado examinador de:

hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesis titulada

para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

Nombre

Firma

Directora _____

Asesora _____

Asesor _____

Sinodal adicional _____

Sinodal adicional _____

Sinodal suplente _____

DEDICATORIA

Para mi familia, que me han brindado su apoyo incondicional y me han motivado a continuar estudiando y a buscar mi crecimiento profesional. Por cada palabra de aliento que me confortó en el momento oportuno.

¡Muchas gracias por la confianza que depositaron en mí! ¡Los amo mucho!

**Ma. Del Carmen Orozco Millán, Patricio Mateos Hernández y
Luis Fernando Mateos Orozco**

Para Adriana, por brindarme su cariño y apoyo, por motivarme en momentos difíciles y llenar de luz mi vida. Te amo.

Adriana Rebeca García Ovando

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Anne Damon por haber aceptado ser mi directora de tesis, por creer en mí, por motivarme y apoyarme durante el proceso de admisión y desarrollo de la tesis. Por sus sugerencias y comentarios que me ayudaron a concluir el escrito de la tesis y el programa de maestría.

A la Dra. Griselda Escalona y el Dr. Manuel Weber, por fungir como mis asesores. Por su apoyo en los análisis estadísticos y durante el desarrollo de la tesis. Por sus comentarios y sugerencias que enriquecieron el escrito.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme una beca que me permitió realizar mis estudios de maestría en El Colegio de la Frontera Sur.

A Omar, quien fue un elemento importante durante todo el trabajo de campo, por su compromiso y apoyo. A su familia por recibirme en su casa y hacer más placentera mi estancia cada mes.

A los comisariados de la Guardianía y Villa Hidalgo, que me permitieron el acceso al área de estudio y me apoyaron en la búsqueda de refugios.

A mis amigos; Mitzi, Lucía y Willmar por su apoyo en el trabajo de campo. Por su amistad y ánimos durante todo el proceso de la maestría.

A Mónica, Carolina y Mitzi por su amistad incondicional y ser como hermanas para mí, aprendí mucho de ustedes, ¡las quiero mucho!.

A Rox, Trinidad, Eva, Estefanía, Patricio, Fernando, Wilber, Nicolás, Nelson y todas las amistades que se formaron durante mi recorrido por el posgrado en Ecosur. Mi admiración para todos ustedes.

A Ghelen por las charlas, por su apoyo y amistad que me ayudaron a un crecimiento personal y profesional. Para ti, toda mi admiración.

A todos mis compañeros de la maestría generación 2017-2018: Augusto, Samia, Jocelyn, Tania, Mayumi, Carolina, Mitzi, Mónica, Cristian, Kary y Melbin. Gracias por su amistad y por los momentos agradables que compartimos.

A Sol de Mayo Araucana Mejenes López, por ser mi madre académica, por su amistad y apoyo durante durante los cursos de la maestría.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| 1. RESUMEN | 7 |
| 2. INTRODUCCION..... | 8 |
| 3. MARCO TEÓRICO..... | 9 |
| 3.1 <i>Saccopteryx bilineata</i> y sus refugios | 10 |
| 3.2. Características ambientales..... | 12 |
| 3.3. Refugios naturales y artificiales..... | 13 |
| 4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN..... | 166 |
| 5. HIPÓTESIS | 166 |
| 6. OBJETIVO GENERAL..... | 166 |
| 7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 17 |
| 8. MÉTODOS | 177 |
| 8.1. Área de estudio..... | 177 |
| 8.2. Búsqueda de refugios | 188 |
| 8.3. Características ambientales y estructurales | 19 |
| 8.4. Tamaño de la colonia, harén y proporción de sexos | 20 |
| 8.5. Análisis estadístico | 20 |
| 9. RESULTADOS | 21 |
| 9.1. Descripción general del área de estudio | 21 |
| 9.2. Descripción de los refugios | 21 |
| 9.3. Características ambientales y estructurales | 23 |
| 9.3.1 Altura del refugio (HR), diámetro a la altura del pecho (DAP), área de la entrada (AE), cobertura del dosel (CD) y altura de la percha (AP) | 23 |
| 9.3.2 Temperatura y humedad relativa | 24 |
| 9.4 Tamaño de la colonia, tamaño de harén, proporción de sexos..... | 288 |
| 10. DISCUSIÓN | 30 |
| 11. CONCLUSIONES..... | 36 |
| 12. LITERATURA CITADA | 37 |
| 13. ANEXOS..... | 49 |

1. RESUMEN

La destrucción actual de los ecosistemas ha provocado la escasa disponibilidad de refugios naturales que son utilizados por las diferentes especies de murciélagos y en consecuencia un incremento en el uso de estructuras artificiales. Esto ocurre con las colonias de *Saccopteryx bilineata* (Temminck, 1838) Quiroptera: Emballonuridae que actualmente son residentes en el Jardín Botánico Regional del Soconusco (JBRS), Chiapas, México. Seleccionamos y estudiamos las características estructurales y ambientales de siete refugios naturales y tres refugios artificiales utilizados por *S. bilineata* en Tuzantán, Chiapas, México, con la finalidad de proponer un diseño de refugio alternativo dentro del JBRS y trasladar a estos murciélagos hacia este nuevo espacio. De abril a septiembre del 2019 se midieron las siguientes variables: temperatura, humedad relativa, altura del refugio (natural y artificial), cobertura del dosel, área de la entrada, tamaño de la colonia y altura de la percha dentro del refugio. Encontramos diferencias significativas entre refugios para la temperatura y humedad relativa, en ambos casos los refugios artificiales presentaron registros de temperatura mayor y registros de humedad más bajos. La altura de la percha y cobertura del dosel también presentaron diferencias significativas, con alturas y porcentajes de cobertura más bajos en refugios artificiales. A pesar de encontrar variaciones en los parámetros analizados, consideramos que entre los factores que pueden unificar un diseño de refugio alternativo se encuentran los rangos de temperatura y humedad relativa para todos los refugios, de 25-26 °C y 88-100%, respectivamente. Observamos que los registros de temperatura más altos y de mayor rango de variación, coincidieron con la nula actividad reproductiva de individuos de *Saccopteryx bilineata*, pertenecientes a uno de los refugios artificiales, por lo que consideramos que las condiciones en este refugio no son apropiadas para *S. bilineata*. Estos factores servirán como línea base para el diseño de refugios alternativos de *S. bilineata*.

Palabras clave: temperatura, humedad relativa, cobertura del dosel, altura de la percha, límite de tolerancia, especificaciones para el diseño de refugio alternativo, *S. bilineata*.

2. INTRODUCCION

La disponibilidad de refugios es uno de los principales factores que influyen en el asentamiento, riqueza y abundancia de los quirópteros (Humphrey 1975; Kunz 1982). Es de vital importancia para los murciélagos que los sitios de refugio seleccionados cumplan con las características ambientales adecuadas, debido a que pasan alrededor de 15 horas por día dentro de ellos (Kunz 1982). Estos sitios representan un componente principal en la ecología de estos mamíferos (Barclay 1989), pues ofrecen a los murciélagos diferentes beneficios como son, la protección contra depredadores, descanso y bajo condiciones apropiadas, permiten la hibernación, gestación y crianza (Kunz 1982; Keeley y Tuttle 1999). Los refugios pueden ser: a) naturales, como huecos en los troncos de árboles, cuevas, grietas y termiteros ; b) artificiales, los cuales están vinculados a construcciones antrópicas como casas, edificios y puentes (Kunz y Lumsden 2003), o c) diseñados y colocados como parte del manejo para la conservación y/o reubicación de poblaciones de murciélagos, lo cual se han convertido en una estrategia básica que garantiza la persistencia de las poblaciones de estos mamíferos, en ambientes donde los refugios no están disponibles (Stebbing 1998).

Entre las principales causas que amenazan la sobrevivencia de los murciélagos, se encuentra la pérdida de hábitat, debido a que grandes extensiones de bosque y selva siguen siendo destruidas o fragmentadas, modificando la estructura de la vegetación (Mendoza y Dirzo 1999; Montero y Espinoza 2002) y provocando una reducción en el número de refugios disponibles; en consecuencia la declinación en las poblaciones de murciélagos (Kunz 1982). Dentro de estas causas también podemos mencionar el asentamiento de zonas urbanas, que han provocado que murciélagos y humanos se encuentren en constante conflicto, ya que su presencia en casas, puentes o edificios, representa un riesgo para la salud del ser humano y daños materiales para las estructuras (Stebbing y Griffith 1986; Hutson et al. 2001). Del mismo modo los murciélagos podrían verse afectados por las diferentes actividades antrópicas y recibir daños directos sobre sus poblaciones.

Se han propuesto y elaborado diferentes leyes para la conservación de los murciélagos y protección de los refugios, así mismo alternativas que permitan la persistencia de las poblaciones en sitios donde exista poca disponibilidad de refugios o

la presencia de estos mamíferos sea conflictivo con el ser humano (Schofield 2008, Grémillet y Caroff 2009; Schofield et al. 2014). Esto ocurre con *Saccopteryx billineata*, un murciélago insectívoro que se ha establecido en dos edificios del Jardín Botánico Regional del Soconusco (JBRS), en el municipio de Tuzantán, Chiapas. En México no existe información suficiente que describa las características estructurales y ambientales de los refugios de *S. billineata* (Miller 1999; Wolff 1999).

Lo anterior es importante debido a la creciente pérdida de vegetación en el sureste de México y aún más en la región Soconusco, donde se encuentra ubicado el municipio de Tuzantán (Mendoza y Dirzo 1999). El conocimiento obtenido sobre las características ambientales y estructurales de los refugios de murciélagos, sea de forma temporal o permanente, es de gran utilidad para la elaboración de planes de manejo (Pierson 1998) en áreas donde exista escasez de refugios naturales o donde la reubicación de murciélagos sea necesaria. Actualmente la presencia de *S. billineata* en los edificios del JBRS representa un problema, debido a la acumulación de excremento, orina y otras secreciones. Esto podría convertirse en un foco de infección y poner en riesgo la salud de quienes laboran en estos espacios. Por ello es importante proponer una solución que permita la reubicación y conservación de esta especie dentro del Jardín Botánico.

Debido a que en Tuzantán existen muchos prejuicios y creencias erróneas sobre los murciélagos, esta información servirá también para talleres de educación ambiental y promover la importancia de los murciélagos, para el mantenimiento de los ecosistemas, sus refugios y por consecuencia la vegetación para su sobrevivencia. Por lo que este trabajo tuvo por objetivo caracterizar refugios naturales y artificiales de *S. billineata*, para encontrar los parámetros apropiados que nos permitan diseñar un refugio alternativo y reubicar las colonias que actualmente residen en los edificios del JBRS.

3. MARCO TEÓRICO

El orden Quiróptera representa uno de los grupos de mamíferos más diversos, a nivel mundial se encuentra conformado por alrededor de 1,386 especies de murciélagos, agrupadas en 227 géneros y 21 familias (Burgin et al. 2018), de estas 139 se distribuyen en México y se encuentran agrupadas en ocho familias (Ramírez-Pulido et al. 2014). De las cuales podemos encontrar a la familia Emballonuridae, que está

compuesta por 14 géneros y 54 especies a nivel mundial (Burgin et al. 2018), mientras que México se encuentra representado por nueve especies y seis géneros (Ramírez-Pulido et al. 2014).

Entre las especies de la familia Emballonuridae podemos encontrar a *Saccopteryx bilineata*, que es un murciélago de tamaño pequeño a mediano (73 mm de longitud total), con dos rayas blanquizas longitudinales en el dorso. Se encuentra distribuido desde el sur de México, América Central, Brasil, Bolivia, las Guayanas y Trinidad y Tobago (Sanborn 1937; Simmons 2005). Su alimentación se constituye de insectos, como mosquitos, mariposas, polillas y escarabajos. Se alimenta cerca de arroyos y en áreas húmedas, aunque prefiere forrajear en los claros, bordes y corredores forestales. En México, los sitios de forrajeo que se han reportado son: bosques secundarios, tierras de cultivo y pastizales (Eisenberg 1998). La reproducción y el parto están fuertemente sincronizados con la época de lluvia, debido a la proliferación de mosquitos y otras presas en esa temporada. Durante la etapa reproductiva, los machos realizan diferentes actividades de apareamiento, como vocalizaciones y la creación de un perfume con orina y otras secreciones glandulares que son depositadas en unos sacos que poseen en sus alas (Voigt y Von Helversen 1999). Mientras que la gestación ocurre durante la temporada de seca, cuando existe una menor disponibilidad de alimentos, las hembras dan a luz a una cría por parto (Bradbury y Vehrencamp 1976; Bradbury 1977; Nowak 1991) y son capaces de volar posterior a dos semanas de nacidas (Yancey et al. 1998).

3.1 *Saccopteryx bilineata* y sus refugios

Un refugio de murciélago podemos definirlo como el espacio o estructura, ya sea natural o artificial, donde estos mamíferos realizan diferentes actividades que pueden ser, reproductivas, crianza, descanso, hibernación y al mismo tiempo son espacios de socialización (Wilkinson 1992; Fenton 1994; Vonhof y Barclay 1996; Aguirre et al. 2003; Patterson et al. 2003). Al igual que otras especies, *S. bilineata* está en constante peligro de depredación, entre los depredadores principales están las serpientes, algunas rapaces diurnas y nocturnas, como halcones, cernícalos, búhos y lechuzas; además de felinos y tlacuaches (Twente 1954; Fenton et al. 1994; Chacón-Madrigray y Barrantes 2004; Hernández et al. 2007; Fortuna et al. 2009).

A pesar de que los refugios pueden ser utilizados de forma temporal, también existen otros como las cuevas que en el trópico representan un espacio muy estable para diferentes especies de quirópteros durante todo el año (McWilliam 1987; Brosset 1996; Siles et al. 2007). En bosques tropicales, las cavidades basales, en el interior de árboles vivos, son formadas ocasionalmente por efecto del fuego. Estas cavidades poseen características similares a cuevas, como por ejemplo la estabilidad de temperatura, humedad y luz; convirtiéndose en un recurso importante como refugio de diferentes especies de quirópteros (Gellman y Zielinski 1996). En regiones templadas, el uso de cavidades o huecos en árboles son utilizadas por una gran diversidad de murciélagos, entre los que se encuentran miembros de la familia Vespertilionidae e Hipposideridae, mientras que en el Neotrópico, son miembros de la familia Phyllostomidae y Emballonuridae los que explotan este recurso (Barclay y Brigham 1996; Kunz 1982; Flannery 1995; Simmons y Voss 1998; Bonacorso 1998; Rainey 1998).

La familia Emballonuridae se caracteriza por hacer uso de estructuras naturales tales como cavernas y grietas de rocas; mientras que en áreas donde están ausentes las cuevas hacen uso de los troncos de árboles, corteza y cavidades (Morrison 1980). También seleccionan refugios en áreas abiertas, sobre los troncos de árboles, ramas y estructuras similares, Incluso cuando los árboles con contrafuertes caen y mueren, siguen proporcionando sitios de descanso para miembros de esta familia (*Emballonura monticola*, *Cormura brevirostris*, *Peropteryx leucoptera* y *Saccopteryx bilineata*) (Lekagul y McNeely 1977; Reid 1997). Dentro o fuera de los refugios, los Emballonúridos forman harenes y adoptan una postura estereotipada en posición vertical, esto les permite mimetizarse con el ambiente y tener más éxito para evadir depredadores en superficies donde estén más expuestos (Bradbury y Emmons 1974; Bradbury y Vehrencamp 1976; Bradbury 1977).

Lo anterior se ha observado en *S. bilineata* que puede posarse en lugares con mucha iluminación, entre árboles y de forma expuesta sobre los troncos (Goodwin y Greenhall 1961). Además se ha observado a esta especie cerca de entradas o aberturas frente a los acantilados de piedra caliza, en Veracruz (Hall y Dalquest 1963) y compartiendo ocasionalmente su refugio con otras especies como son: *Balantiopteryx plicata*,

Saccopteryx leptura, *Peropteryx macrotis*, *Noctilio leporinus*, *Micronycteris hirsuta*, *M. megalotis*, *M. nicefori*, *Glossophaga soricina*, *Carollia perspicillata*, *Artibeus jamaicensis*, *A. lituratus*, *Uroderma bilobatum*, *Desmodus rotundus*, y *Diaemus youngi* (Goodwin y Greenhall, 1961; Bradbury y Vehrencamp 1976). Del mismo modo, existen otras construcciones como puentes, casas viejas, sótanos y minas abandonadas que pueden resultar adecuadas para albergar desde grupos pequeños o bien colonias que pueden llegar a los miles de individuos (Kunz 1982; Nowak 1999; O'Donnell y Sedgely 1999; Rhodes 2007). Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta *S. bilineata* y los murciélagos en el neotrópico, es el incremento de áreas urbanas y agrícolas, esto ha provocado pérdidas considerables en la vegetación; ocasionando efectos negativos sobre especies de murciélagos que requieren de refugios específicos en árboles (Geluso et al. 2009). Por esta razón, gran cantidad de murciélagos se han adaptado a vivir dentro de otras estructuras en ambientes urbanos o rurales, tal es el caso de *S. bilineata* que es un residente común de edificios (Goodwin y Greenhall 1961).

3.2. Características ambientales

Las características ambientales en los refugios son de gran importancia para las actividades que realizan los murciélagos, pero también para procesos fisiológicos como la termorregulación. Cada especie necesita de diferentes rangos de temperatura para el balance de energía, por ejemplo, el uso de refugios más cálidos, puede ser una estrategia para minimizar su gasto de energía (Kunz 1982; Kurta 1986). Por el contrario también existen especies particularmente de zonas templadas, que optan por entrar en torpor, que es un estado distinto al de hibernación, donde los animales reducen su actividad fisiológica por largos periodos de tiempo ante la escasez de alimento. Para las hembras esto representa un riesgo, pues el periodo de gestación podría extenderse (Racey 1973; Wang y Wolowyk 1988). En este sentido las características ambientales de los refugios tendrán implicaciones sobre las tasas de fecundidad (Brigham y Fenton 1986) y por lo tanto no solo influyen sobre la diversidad de especies presentes, sino también sobre el tamaño de las colonias de cada una de ellas (Fenton 1970; Humprey 1975).

Se ha propuesto que entre los factores abióticos con mayor influencia sobre el uso de refugios se encuentran la temperatura, humedad y ventilación (Ávila-Flores y Medellín 2004). Por ejemplo, la temperatura y humedad están relacionadas con las tasas metabólicas y la termorregulación; esto puede tener diferentes efectos sobre el desarrollo de los embriones y las crías, además de ser un factor importante durante la hibernación (Tuttle y Stevenson 1982; Speakman y Thomas 2003). Con respecto a las características estructurales de los refugios, se ha mencionado el tamaño o área de la entrada del refugio y el volumen de la cavidad, debido a que cavidades más grandes pueden albergar más individuos y tener efectos en el microclima (Kunz 1982). A pesar de que existen estudios que demuestran que hay diferencias en los tipos y tamaños de las cavidades utilizadas por murciélagos, son pocos los que han medido y caracterizado estas cavidades para poder evaluar si existe relación entre la cavidad y la presencia de estos mamíferos (Vonhof y Barclay 1996; Lumsden et al. 2002).

3.3. Refugios naturales y artificiales

Se ha mencionado que las características microclimáticas como por ejemplo temperatura y humedad, son factores que influyen en el uso de refugios, al igual que las características de cada especie de murciélago. Debido a esto, se han realizado diferentes estudios, con el objetivo de medir el microclima en diferentes estructuras de refugios, especies y condiciones reproductivas (Kunz 1982; Cryan et al. 2001). Otras de las características que se han evaluado son las estructurales, como son el área de la entrada y volumen de la cavidad, a pesar de ser considerados factores importantes en el uso de refugios, se han abordado muy poco. En refugios naturales (árboles), se han medido mayormente: la altura del refugio, diámetro a la altura del pecho y cobertura del dosel (Parsons et al 2003; Willis et al. 2006) y a nivel de macrohábitat se ha sugerido que la distancia a cuerpos de agua y sitios de forrajeo son factores importantes en el uso de refugios (O'Keefe et al. 2009).

Lourenco y Palmeirin (2003) estudiaron la influencia de la temperatura en la selección de refugios naturales, artificiales y cajas-refugio de colonias de maternidad del murciélago *Pipistrellus pygmaeus* en dos provincias al sur de Portugal. Los resultados demostraron que a pesar de que existían grandes fluctuaciones en la temperatura

dentro de los refugios, hubo preferencia por las áreas más cálidas dentro de ellos, aunque sí evitaron los sitios con temperaturas superiores a los 40 °C que sería su límite de tolerancia. Con relación a las cajas-refugio, las de mayor aceptación fueron las de color negro debido a que tenían un rango óptimo de temperatura similar a lo encontrado en los refugios naturales.

Ávila-Flores y Medellín (2004), llevaron a cabo un estudio con murciélagos en cinco regiones fisiográficas de Puebla y centro de México, abarcando hábitats tropicales y templados, con la finalidad de evaluar si existe alguna relación entre las características asociadas al rendimiento fisiológico y el microclima de los sitios utilizados como refugio. Particularmente se relacionó la masa corporal, gremio alimenticio, familia taxonómica y patrón de termorregulación de 23 especies de murciélagos pertenecientes a cinco familias (Emballonuridae, Mormoopidae, Phyllostomidae, Natalidae y Vespertilionidae) con los niveles de temperatura y humedad presentes. A pesar de que se registró poca especificidad de las especies hacia un microclima, las colonias de maternidad sí presentaron una tendencia a sitios más cálidos dentro de los refugios. Los miembros de la familia Vespertilionidae utilizaron sitios más fríos (16-29.8 °C), esto debido a que las especies tienden a la hibernación, mientras que el resto de las familias utilizaron límites de temperatura más cálidos (14-37.5 °C). También, se observó que especies insectívoras de menor tamaño corporal (<10g) usaron refugios con temperaturas entre 20 y 25°C, mientras que los de mayor tamaño se encontraron a 16 °C.

Ortiz-Ramírez et al. (2006), estudiaron la selección de refugios diurnos por tres especies de murciélagos frugívoros en la Selva Lacandona: *Artibeus lituratus*, *Carollia perspicillata* y *Sturnira lillium*. Los resultados indican que existe similitud en la selección de refugios por las tres especies de murciélagos, utilizando árboles de gran altura, con diámetro parecido y más de una cavidad por refugio. Con relación a la temperatura y humedad, fue *A. lituratus* la que registró mayor humedad en sus refugios (90.1 %) y mayor fluctuación de temperaturas (20.4 - 24.3°C), en comparación con el resto.

Garroway y Broders (2008) estudiaron la selección de árboles como refugio de hembras de la especie *Myotis septentrionalis* en periodos previos y posteriores a la lactancia, en la localidad de Dollar Lake, Canadá. Este estudio mostró diferencias en las características de los refugios usados por las hembras lactantes y las no lactantes. Las

primeras seleccionaron árboles más altos, con un dosel dominante alto y relativamente abierto. Se argumentó que la selección de estos sitios puede ser por las ventajas climáticas, debido a que la altura del refugio aumenta la exposición del sol durante el día, elevando la temperatura interna de la cavidad del refugio (McComb y Noble 1981) y reduce los costos energéticos por termoregulación.

Hein et al. (2009), examinaron las características presentes en un área con manejo intensivo de madera y fibra de pino en Carolina del Sur y a cuatro escalas del paisaje, esto fue para determinar si existe alguna relación con el uso de refugios por *Lasiurus seminolus*. Como resultado encontraron que los factores que influyeron más en la selección del sitio, fue la distancia a los rodales de pino maduro. Las hembras en estado reproductivo prefirieron árboles más altos en comparación con las no reproductivas. No encontraron relación alguna entre la edad de los árboles, el sexo y condición reproductiva, todos los murciélagos prefirieron los árboles más viejos (>20 años).

O'Keefe et al. (2009) examinaron los refugios usados por *Pipistrellus subflavus* y *Lasiurus borealis* en época no reproductiva en bosques caducifolios con manejo de baja intensidad de madera, al sur de los Apalaches en EE.UU. El objetivo fue describir con base en diferentes escalas (arbórea, micro-hábitat y paisaje), que características tienen una mayor influencia sobre el uso de los refugios. No encontraron relación alguna entre la ocupación de refugios y las características a nivel de micro-hábitat y de árboles; ambas especies usaron refugios con una gran variedad de edades y condición de soporte. A nivel de macro-hábitat; se encontró que *P. subflavus* prefería refugiarse en sitios cercanos a los arroyos y áreas de forrajeo, posiblemente para minimizar los costos de vuelo. Mientras que *L. borealis* se encontró cerca de corredores hechos por la maquinaria para extracción de madera, se sugiere que estos sitios son usados para el forrajeo.

Torres-Flores y López-Wilchis (2010) determinaron las características de los refugios utilizados por *Natalus stramineus* y las condiciones micro ambientales en los sitios de descanso, en una cueva del oeste de México. Se observó que la temperatura y humedad dentro de la cueva permaneció estable durante todo el año, específicamente

en los sitios de percha dentro de los refugios. La oscilación de temperatura fue de 25.8 a 26.9 °C, mientras que la humedad varió entre el 92.1 y 100%.

Suárez-Payares y Lizcano (2011) describieron el uso de refugios por tres especies de murciélagos filostómidos: *Artibeus jamaicensis*, *Carollia brevicauda* y *Anoura geoffroyi* en un bosque seco de la cordillera central de los Andes, Colombia. También determinaron la relación entre algunas variables ambientales de los refugios y la abundancia relativa de los individuos. El uso de refugios para cada especie estuvo relacionado con una variable ambiental en particular. Para *A. geoffroyi* la variable fue la altitud, *C. brevicauda* la temperatura y *A. jamaicensis* la humedad relativa, velocidad del viento, luz y altura de percha.

Bautista (2016), realizó un estudio en la Sierra Norte de Puebla con las especies *Myotis velifer* y *Tadarida brasiliensis* para describir las características ambientales (temperatura, humedad e intensidad lumínica) en dos habitaciones de una hacienda, usadas como refugio por estas dos especies. Se señala que para *M. veliefer*, la temperatura promedio ambiental fue de 15 °C, humedad de 62 % y una intensidad lumínica de 6.4 cd; estos registros fueron menores a los encontrados en el refugio 2, que fue utilizado por *T. brasiliensis*. Este refugio presentó una temperatura de 16.4 °C, humedad de 69 % e intensidad lumínica de 7.8 cd.

4. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Existirán diferencias en las características ambientales y estructurales entre los refugios naturales y artificiales de *Saccopteryx bilineata* en Tuzantan, Chiapas?

5. HIPÓTESIS

Debido a que los refugios naturales y artificiales de *Saccopteryx bilineata* en Tuzantan son muy distintos en cuanto la composición estructural, se espera observar diferencias en las características ambientales entre ellos.

6. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar a través de variables ambientales y estructurales los refugios naturales y artificiales de *Saccopteryx bilineata* en Tuzantán, Chiapas.

7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar si existen diferencias en la temperatura y humedad de los refugios naturales y artificiales de *Saccopteryx bilineata* en época de seca y lluvia.
- Evaluar si existen diferencias entre refugios naturales y artificiales con las siguientes variables: área de la entrada, cobertura del dosel, tamaño de la colonia y altura de la percha.
- Definir un rango con las características ambientales y estructurales observadas en los refugios, para proponer un diseño de refugio alternativo.

8. MÉTODOS

8.1. Área de estudio

El JBRS se encuentra en un extremo de la comunidad La Guardianía a una altitud de 80 msnm y este estudio se llevó a cabo en el JBRS y las comunidades vecinas de San Isidro y Villa Hidalgo, pertenecientes al municipio de Tuzantán, Chiapas, México. Ambos forman parte de la región VIII conocida como Soconusco entre los límites de la Sierra Madre y la Llanura Costera del Pacífico (INAFED 2010). El municipio de Tuzantán limita al norte con el municipio de Motozintla, al este con Tapachula, al sur con Huehuetán y al oeste con Huixtla. La extensión territorial es de 64.6 km², lo que equivale al 0.09% de la superficie del Estado (INEGI 2001).

El clima predominante en el área de influencia es Aw2 (w) Ig correspondiendo a cálido sub-húmedo tropical con lluvias en verano (García 1973). La temperatura media anual es de 26.8 °C, mientras que la máxima es de 36.4°C y la mínima de 20 °C (INEGI 1997). La vegetación original corresponde a selva mediana perennifolia (Rzedowski 1985; Miranda 1998), pero sus extensiones se han visto mermadas como consecuencia del aumento de las actividades humanas, como son: cambio de uso de suelo, ganadería, tala inmoderada, extracción de recursos forestales y aumento de la población (Miranda 1998; Cortina 1993). Actualmente esta área se encuentra formada por fragmentos de vegetación secundaria y una variedad de agroecosistemas que incluyen: cacao, café, mango, caña de azúcar y palma aceitera (Fig. 1) (Fernández-Bello 2008).

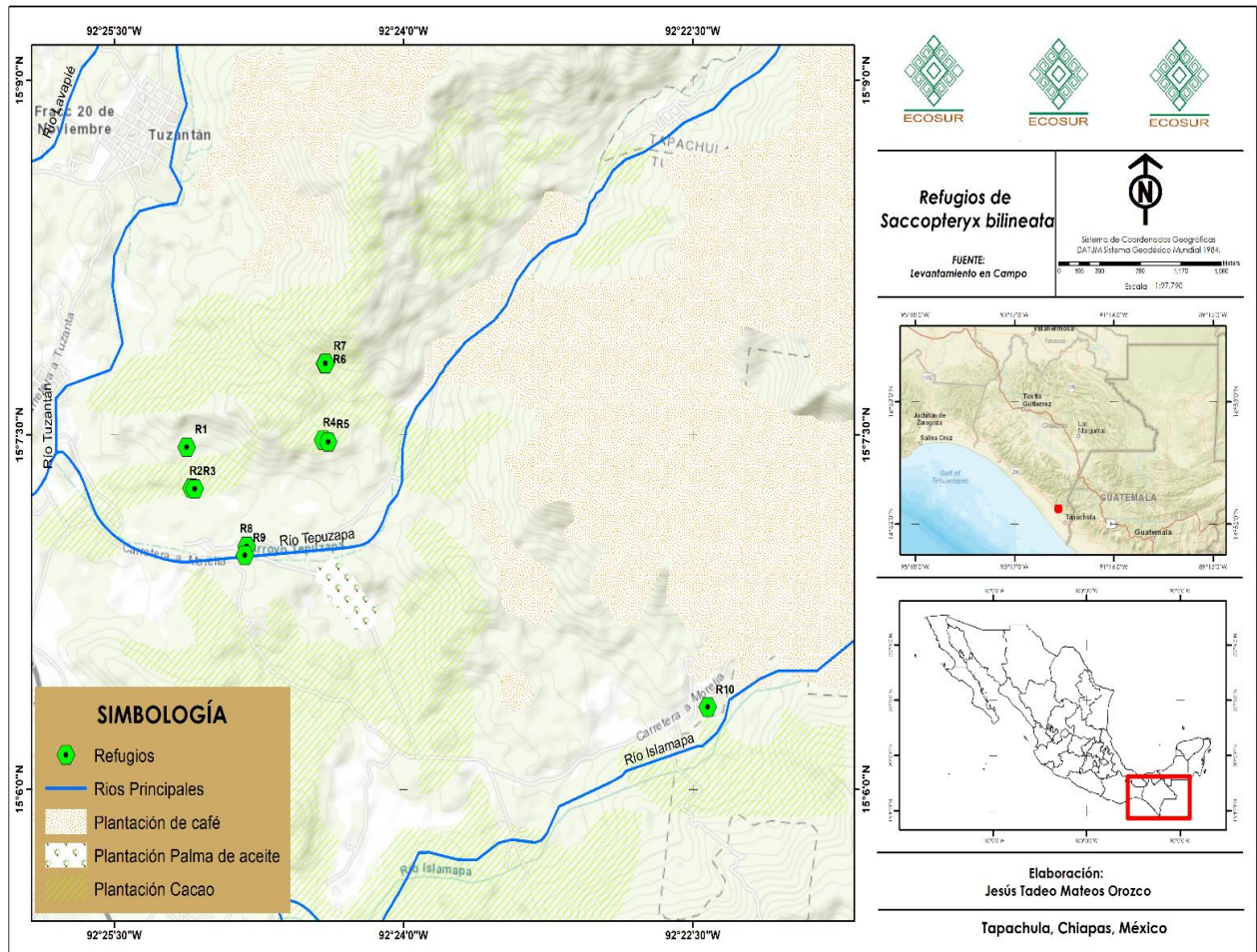


Figura 1. Área de estudio y localización de los refugios naturales (R1 - R7) y artificiales (R8 - R10) representados por un círculo color verde. También se muestran los cultivos y ríos principales.

8.2. Búsqueda de refugios

Realizamos visitas a las autoridades de San Isidro y Villa Hidalgo para solicitar permiso y así acceder a las áreas naturales, cultivos, casas, escuelas y otras estructuras en ambas localidades. También realizamos reuniones con las dos comunidades para obtener información sobre la presencia de refugios de murciélagos en el área. Con esa información, de enero a marzo del 2019 efectuamos seis visitas a campo, de cuatro días de duración, para la búsqueda de refugios de *S. bilineata*, realizando caminatas entre la vegetación y dentro de las comunidades de 9:00 am a 3:00 pm. Para cada refugio encontrado asignamos un código numérico, por lo que el primer refugio se registró como R1, el segundo refugio como R2 y así sucesivamente.

Los murciélagos fueron identificados mediante la observación, por la presencia de dos líneas blancas dorsales longitudinales y posteriormente capturados para corroborar la especie (Fig. 2).



Figura 2. Búsqueda y captura de murciélagos para la identificación de *Saccopteryx bilineata*; a) Observación dentro de árboles con apoyo de una linterna y cámara fotográfica, b) Colocación de redes de niebla en la entrada de los refugios para la captura de murciélagos, c) un individuo de *S. bilineata* sobre la superficie de una pared en el JBRS, en el dorso se puede apreciar las dos líneas color blanco que caracterizan a esta especie.

8.3. Características ambientales y estructurales

Los datos fueron obtenidos durante la estación de seca y de lluvia. Se realizaron dos mediciones durante la estación seca (abril-mayo) y tres durante la estación lluviosa, a finales del mes de junio a septiembre, en 2018. Registramos la temperatura (C°) y humedad relativa (% Hr) dentro de cada uno de los diez refugios encontrados, colocando dataloggers (modelo OM-EL-USB-2, Omega Engineering, E.U.) a la altura donde observamos a los murciélagos percharse. Los dataloggers fueron programados para registrar datos cada media hora, durante cinco días consecutivos, comenzando y terminando a las 13:00 h. Durante el mismo periodo, medimos la cubierta de dosel, la altura del refugio, el área de la entrada del refugio y la altura de percha de los murciélagos dentro de los refugios. Para medir la cubierta del dosel, se utilizó el método de “análisis de las imágenes del dosel” (Korhonen y Heikkinen 2009). Las fotografías

fueron obtenidas con una cámara profesional (Canon Rebel T6) y un trípode, obtuvimos cuatro fotografías en cada uno de los cuatro puntos cardinales que rodean a cada refugio, colocando la cámara a una distancia de 1 m de la entrada de la percha y a 1.5 m del suelo (Korhonen & Heikkinen 2009). Por último las imágenes se procesaron utilizando el programa Matlab (MathWorks Inc. 2008) y se promediaron para obtener un porcentaje absoluto para cada refugio. Con respecto a la altura de la percha utilizamos una cinta métrica, para medir desde el nivel del suelo dentro del refugio, hasta la posición donde se encontraban los murciélagos descansando. La altura total de los árboles (refugios naturales) fue medida a través de un hipsómetro y para el diámetro del árbol a la altura del pecho usamos una cinta diamétrica.

8.4. Tamaño de la colonia, harén y proporción de sexos

Para cada refugio, contabilizamos el número de individuos y la composición de los harenes presentes durante tres periodos de muestreo, una vez durante la estación de seca (mayo) y dos veces durante la temporada de lluvias (julio y septiembre). La mayoría de los individuos fueron capturados usando redes de niebla colocadas frente a la entrada de los refugios y utilizando una red de mano dentro de cada refugio para incrementar la probabilidad de captura. A cada individuo capturado se le tomaron los siguientes datos: sexo, estado reproductivo, longitud del antebrazo (para poder distinguirlo de *Saccopteryx leptura*, Schreber 1774), edad (juvenil o adulto), determinada por el grado de osificación de las falanges, con apoyo de una linterna (Anthony 1988) y por último el peso. Identificamos otras especies de murciélagos presentes en los mismos refugios utilizando las claves proporcionadas por Medellín et al. (1997).

8.5. Análisis estadístico

Los datos para altura de la percha (AP), el área de la entrada (AE) y la cobertura del dosel (CD) no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas, por lo que analizamos los datos mediante estadística no paramétrica. Utilizamos la prueba de Suma de Rangos de Mann-Whitney, para comparar los resultados entre refugios naturales (RN) y refugios artificiales (RA). También

comparamos el tamaño de la colonia entre RN y RA mediante la prueba de U de Mann-Whitney. Los datos de temperatura y humedad relativa tampoco presentaron normalidad, por lo que utilizamos un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis para observar si había diferencias entre los diez refugios. Por último, usamos una prueba de U de Mann Whitney para evaluar si había diferencias entre época de seca y lluvia. Los paquetes estadísticos utilizados para el análisis fueron Sigma-Stat y Wizard.

9. RESULTADOS






9.1. Descripción general del área de estudio



Los refugios encontrados estaban ubicados cerca de desarrollos rurales (poblados), tierras de cultivo y a menos de un kilómetro de fuentes de agua, como arroyos y pequeñas áreas de pantanos. Los cultivos fueron principalmente cacao (*Theobroma cacao* L., Malvaceae) y un refugio (R10) estaba cerca de una plantación de café (*Coffea arabica* L., Rubiaceae). Existen jardines rurales y abundantes zonas abandonadas con vegetación secundaria. La especie arbórea más frecuente en el sitio de estudio fue *Terminalia amazonia* (Combretaceae) conocido localmente como Guayabo Volador. Esto se reflejó en la cantidad de refugios encontrados en cavidades de árboles de esta especie, aunque relativamente muy pocos árboles contaban con cavidades y muchos eran árboles juveniles.

9.2. Descripción de los refugios

Encontramos un total de diez refugios usados por colonias de *S. bilineata* (Cuadro 1) en el área de estudio; de ellos siete eran naturales (RN) y tres artificiales (RA). De los siete RN, cinco eran huecos o cavidades en los troncos de los árboles, tres árboles fueron identificados como “guayabo volador” (*T. amazonia*), uno en “amate” y uno en “mata palo”, ambos *Ficus* sp. (Moraceae). Dos de los RA estaban situados dentro del Jardín Botánico Regional el Soconusco (JBRS); uno en el área de almacenamiento abierto de un edificio de un piso con baños y el otro en el edificio de oficinas y talleres de dos pisos. El tercer RA fue una casa de un solo piso en obra negra.

Cuadro 1. Características ambientales y estructurales de refugios naturales y artificiales de *Saccopteryx bilineata* en el municipio de Tuzantán, región del Soconusco, Chiapas, México. Para cada refugio (n= 10) presentamos los siguientes datos: TR = tipo de refugio, NC = nombre común de la especie arbórea o D = descripción del refugio artificial, AR = altura del refugio (m), DAP = Diámetro a la altura del pecho (m), AE = área de la entrada (m²), CD = cobertura del dosel (%), AP = altura de la percha (m) y otras observaciones.

| No. Refugio | Características | No. Refugio | Características |
|---|--|--|---|
| R1  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • NC: "amate" • AR: 15.5 m • DAP: 3.82 m • AE: 16.92 m² • CD: 94.5 % • AP: 6 m | R6  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • NC: "guayabo volador" • AR: 14 m • DAP: 2.65 • AE: 7.62 m² • CD: 89.25 % • AP: 5 m <p>Presencia continua de <i>Glossophaga soricina</i> durante todo el periodo de estudio</p> |
| R2  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • NC: "matapalo" • AR: 13.5 m • DAP: 3.46 m • AE: 26.6 m² • CD: 85.5 % • AP: 6 m <p>Algunos individuos de <i>S. bilineata</i> con ácaros rojos (Trombiculidae) en el dorso del cuerpo y alas.</p> | R7  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • NC: "guayabo volador" • AR: 24 m • DAP: 1.63 m • AE: 6.69 m² • CD: 77.25 % • AP: 4 m <p>Presencia continua de <i>G. soricina</i> durante el periodo de estudio. La posición y altura de la entrada dificultaban el acceso. No se pudo capturar a todos los individuos.</p> |
| R3  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • NC: "guayabo volador" • AR: 17.5 m • DAP: 4.01 m • AE: 39.54 m² • CD: 89.75 % • AP: 3.5 m <p>Presencia continua de <i>Chrotopterus auritus</i> durante el periodo de estudio. Algunos individuos de <i>S. bilineata</i> con ácaros rojos (Trombiculidae) en el dorso del cuerpo y alas.</p> | R8  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: artificial • D: área de almacenamiento abierta en un edificio de un piso, con baños (JBRS). • AR: 4.17 m • AE: 20.31 m² • CD: 70.75 % • AP: 2 m |
| R4  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • NC: "guayabo volador" • AR: 21 m • DAP: 3.32 m • AE: 9.45 m² • CD: 87.0 % • AP: 5 m <p>Presencia de <i>C. auritus</i> durante todo el periodo de estudio.</p> | R9  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: artificial • D: edificio de talleres de dos pisos (JBRS) • AR: 7.10 m • AE: 19.44 m² • CD: 89.0 % • AP: 5 m <p>Observamos dos harenos en este refugio, ocupando extremos diferentes de este espacio.</p> |

| | | | |
|---|---|---|---|
| <p>R5</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • NC: "guayabo volador" • AR: 20 m • DAP: 1.81 m • AE: 2.94 m² • CD: 94.25 % • AP: 9 m | <p>R10</p>  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: artificial • D: casa en obra negra • AR: 3.85 m • AE: 12.77 m² • CD: 76.25 % • AP: 1.92 m |
|---|---|---|---|

9.3. Características ambientales y estructurales

9.3.1. Altura del refugio (HR), diámetro a la altura del pecho (DAP), área de la entrada (AE), cobertura del dosel (CD) y altura de la percha (AP)

Las alturas de los refugios variaron de 4.17 m a 24 m y el DAP de los árboles varió de 1.63 a 4.01 m. Debido a que estos datos se midieron únicamente en RN, no fueron considerados para una comparación estadística, ni para un análisis posterior, Pero sirven para describir y contextualizar el resto de los datos. El tamaño del área de entrada de los refugios fue muy variable, desde 2.94 (RN-R5) a 39.54 m² (RN-R3), con los extremos encontrados entre los refugios naturales situados en árboles. Hubo una mayor uniformidad entre los RA, con áreas de 20.31, 19.44 y 12.77 m² (Cuadro 2).

Obtuvimos 40 registros fotográficos para calcular la cobertura del dosel, cuatro para cada refugio, que se promediaron para dar un valor único por refugio. La cobertura de dosel varió de 70.75 a 94.5%. La altura a la que se percharon los individuos varió de 1.92 – 9 m, desde nivel del suelo dentro de cada refugio. La prueba de Suma de Rangos de Mann-Whitney mostró diferencias significativas entre los RA y los RN para la AP ($t = 2.02$; $p = 0.03$) y CD ($t = 1.99$; $p = 0.04$), en ambos casos, los RN presentaron valores más altos, es decir alturas y porcentaje de cobertura mayores en comparación con los RA. Por último para la variable AE no hubo diferencias significativas entre RN Y RA ($t = 0.22$; $p = 0.4$).

Cuadro 2. Comparación de refugios naturales y artificiales de *Saccopteryx bilineata*, para las variables: Área de entrada, Cobertura de dosel y Altura de percha, en el municipio de Tuzantán, región del Soconusco, Chiapas, México.

| Refugio | Área de la entrada | | Cobertura del dosel | | Altura de la percha | |
|------------|--------------------|-----|---------------------|------|---------------------|------|
| | Mediana | p ≤ | Mediana | p ≤ | Mediana | p ≤ |
| Natural | 13.1 | 0.4 | 88.2 | 0.04 | 5.5 | 0.03 |
| Artificial | 15.5 | | 78.6 | | 3.0 | |

9.3.2. Temperatura y humedad relativa

Para cada refugio (n = 10) obtuvimos 241 registros de temperatura y humedad en cada muestreo. Obtuvimos un total de 1,205 registros de datos por refugio durante todo el periodo de estudio. La prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas entre RN y RA para la temperatura ($\chi^2= 1,541$; $c= 16.91$; $p < 0.001$) y humedad relativa ($\chi^2= 7,351$; $c= 16.91$; $p < 0.001$). La prueba de Mann-Whitney mostró diferencias significativas entre la época de seca y de lluvia tanto para la temperatura ($u= 15728727.5$; $p < 0.001$), como para la humedad relativa ($u=16548703.0$; $p < 0.001$). En general, los refugios artificiales registraron temperaturas más altas que los refugios naturales (Cuadro 3). Sin embargo, a pesar de los rangos de temperatura variables, las temperaturas promedio fueron similares (25-26 °C) para los diez refugios de *S. bilineata* (Figura 3). Los valores promedio de humedad relativa para refugios artificiales fueron muy similares en 88-88.5%, con promedios más bajos pero con una variabilidad mucho mayor que los refugios naturales, que en promedio presentaron un rango de 94-104% (Figura 4).

Cuadro 3. Mediciones de temperatura (T) y humedad relativa (Hr) máxima y mínima registrada para los diez refugios de *Saccopteryx bilineata* en el municipio de Tuzantán, región del Soconusco, Chiapas, México. R1-R6, refugios naturales; R7-R10, Refugios artificiales. A (época seca); B (época de lluvia).

| Refugio | A. T (°C) | | B. T (°C) | |
|---------|-----------|------|-----------|------|
| | Max. | Min. | Max. | Min. |
| R1 | 30.5 | 24.5 | 28 | 24.5 |
| R2 | 30 | 23 | 30.5 | 22 |
| R3 | 31 | 23 | 28.5 | 22.5 |
| R4 | 34.5 | 23 | 34.5 | 23.5 |
| R5 | 32 | 22.5 | 28.5 | 22 |
| R6 | 32 | 23 | 27.5 | 22 |
| R7 | 31 | 23.5 | 28 | 22 |
| R8 | 33 | 24 | 34 | 22.5 |
| R9 | 31.5 | 23.5 | 33 | 23.5 |
| R10 | 34 | 24 | 41 | 22.5 |

| Refugio | A. Hr (%) | | B. Hr (%) | |
|---------|-----------|------|-----------|------|
| | Max. | Min. | Max. | Min. |
| R1 | 105 | 77 | 105 | 96 |
| R2 | 102 | 68 | 102.5 | 71 |
| R3 | 106 | 46 | 106 | 96.5 |
| R4 | 104 | 43 | 110 | 73 |
| R5 | 106 | 86 | 106 | 80 |
| R6 | 106 | 95 | 104 | 92.5 |
| R7 | 104.5 | 75.5 | 104 | 92 |
| R8 | 97.5 | 59.5 | 103 | 62 |
| R9 | 95 | 63 | 94.5 | 63.5 |
| R10 | 101 | 61.5 | 101 | 45 |

Figura 3. Registros de temperatura para refugios naturales (R1 - R7) y artificiales (R8 - R10), de abril a septiembre (combinando la época de seca y de lluvia), en el municipio de Tuzantán. El valor de la media está representado por una línea que divide a la caja y los valores máximo y mínimo por las líneas en los extremos de la caja.

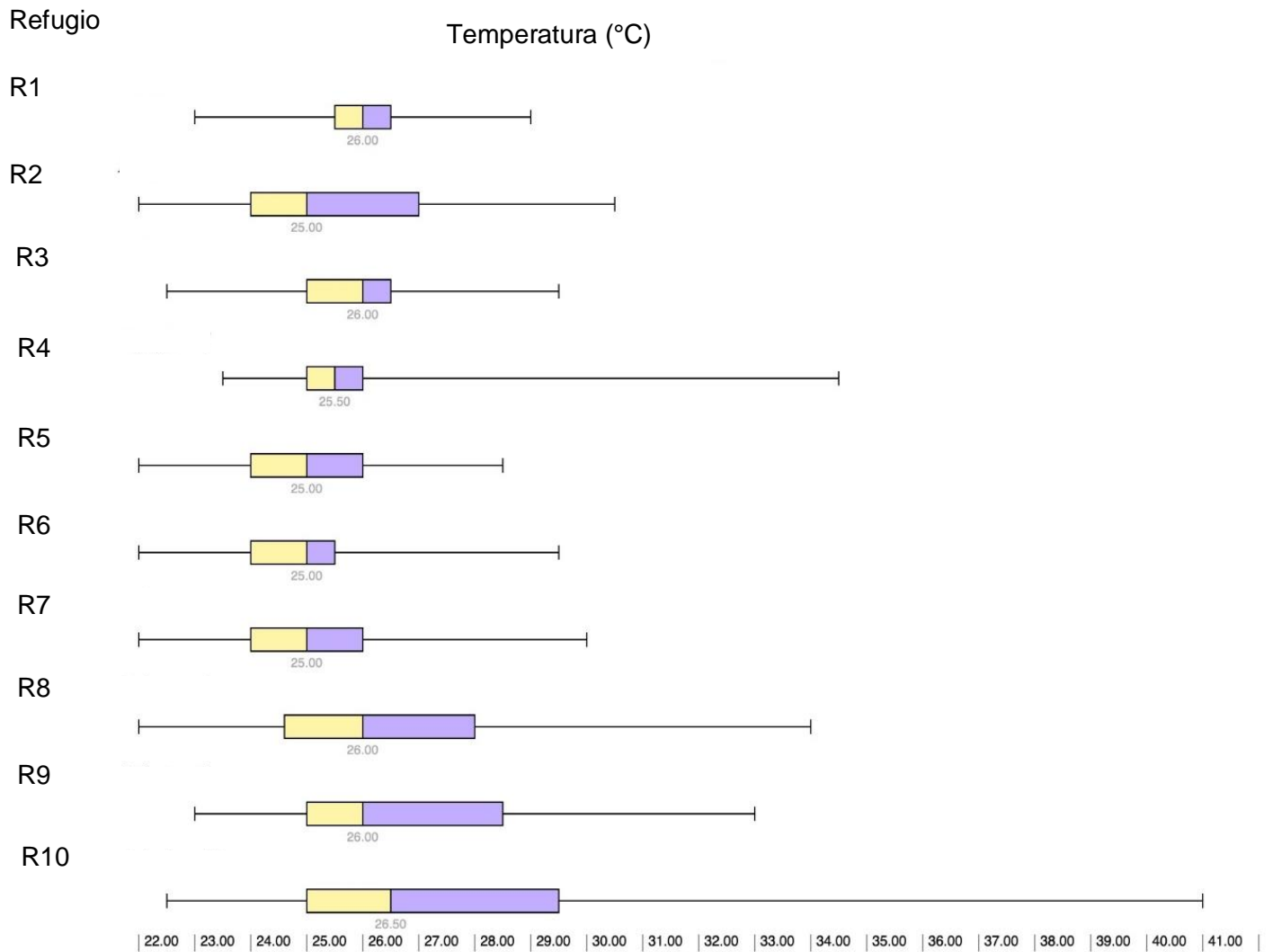
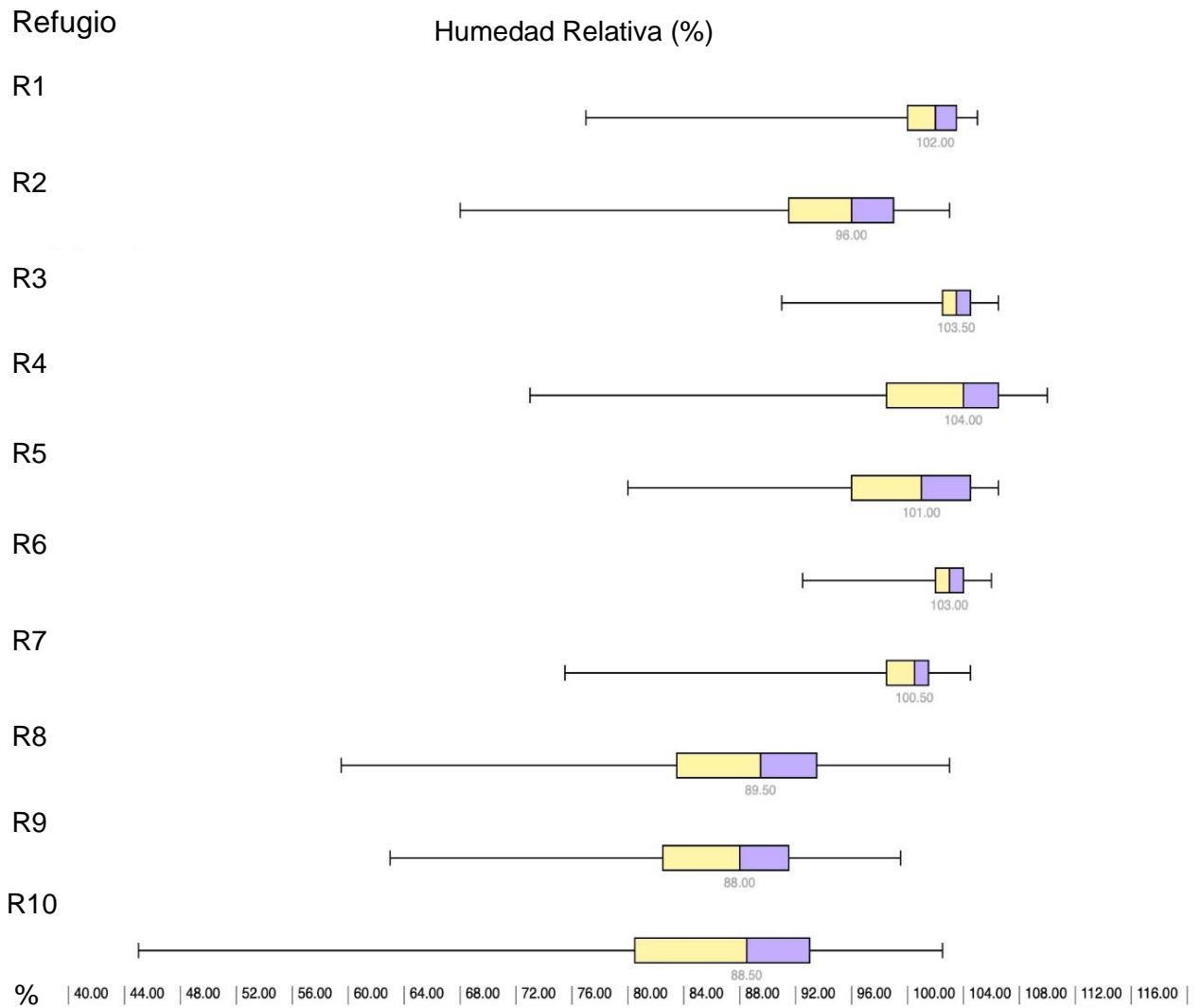


Figura 4. Datos de humedad relativa para refugios naturales (R1 - R7) y artificiales (R8 - R10) de abril a septiembre (combinando la época de seca y de lluvia) en el municipio de Tuzantán. La media está representada por una línea que divide a la caja y los valores máximo y mínimo por las líneas en los extremos de la caja.



9.4. Tamaño de la colonia, harén y proporción de sexos

Realizamos tres muestreos en total, uno en época de seca (M1) y dos durante la época de lluvia (M2 y M3) para determinar el tamaño de las colonias, el tamaño de cada harén y la proporción de sexos (Cuadro 4). En los diez refugios observamos un total de 79 individuos de *S. bilineata* en el primer muestreo, 86 en el segundo y 91 en el tercer y último muestreo. Cada refugio estuvo conformado en harenes de distintos tamaños, desde cinco a 17 individuos. En todos los refugios, con excepción del R10, observamos actividad reproductiva al comienzo de la época de lluvia, con hembras preñadas y recién nacidos. No se encontraron diferencias significativas con respecto al tamaño de la colonia entre RN y RA ($u = 88.50$; $p = 0.80$).

Cuadro 4. Número de individuos de *Saccolaryx bilineata* dentro de cada refugio ($n = 10$) en el municipio de Tuzantán. R1-R6, refugios naturales; R7-R10 refugios artificiales. A = época de seca (M1); B = época de lluvia (M2, M3).

| Refugio | A. | B. | |
|----------|----|----|----|
| | M1 | M2 | M3 |
| R1 | 7 | 4 | 6 |
| R2 | 9 | 15 | 14 |
| R3 | 9 | 5 | 8 |
| R4 | 6 | 6 | 7 |
| R5 | 15 | 9 | 12 |
| R6 | 7 | 5 | 8 |
| R7 | 4 | 8 | 9 |
| R8 | 7 | 12 | 7 |
| R9 | 10 | 17 | 15 |
| R10 | 5 | 5 | 5 |
| Σ | 79 | 86 | 91 |

La proporción de sexos fue variable entre perchas, entre refugios (natural y artificial) y entre estaciones. Por lo que observamos que las colonias con un mayor número de individuos tenían dos machos por harén. Para el RA R7, no fue posible completar la captura de todos los individuos de la colonia debido a la posición y altura de la entrada, que nos resultó inaccesible, particularmente en la temporada de lluvias. Sin embargo del total de capturas realizadas incluyendo juveniles y adultos, observamos que los machos pesaron de 7-8 g, las hembras de 7-9 g y las hembras que llevaban una cría presentaron un peso de 10-12 g.

Cuadro 5. Proporción de los sexos de *Saccopteryx bilineata* en las colonias, para diez refugios en el municipio de Tuzantán. R1 - R6, refugios naturales; R7 - 10, refugios antrópicos. A. Estación seca (M1); B. Estación de lluvias (M2, M3).

| Refugio | A. | B. | |
|---------|----------------|----------------|----------------|
| | M1 | M2 | M3 |
| | Hembra / Macho | Hembra / Macho | Hembra / Macho |
| R1 | 6:1 | 3:1 | 5:1 |
| R2 | 7:2 | 13:2 | 12:2 |
| R3 | 8:1 | 4:1 | 7:1 |
| R4 | 5:1 | 5:1 | 6:1 |
| R5 | 13:2 | 8:1 | 5 |
| R6 | 6:1 | 4:1 | 7:1 |
| R7 | - | 7:1 | - |
| R8 | 6:1 | 10:2 | 6:1 |
| R9 | 8:2 | 15:2 | 13:2 |
| R10 | 4:1 | 4:1 | 4:1 |

Registramos la presencia de ácaros de la familia Trombiculidae, localizados en las membranas alares, pelaje y cola de individuos adultos de *S. bilineata* en los refugios R2 y R3. Además de la presencia de dos murciélagos en refugios de *S. bilineata*, el primero fue *Chrotopterus auritus* utilizando el refugio R3 en ambas épocas y R4 solo en la época de lluvia. Este murciélago se alimenta principalmente de roedores y aves pequeñas, y se encuentra dentro de la NOM-ECOL-059-2010 en la categoría de amenazada. Este es el primer reporte de *C. auritus* compartiendo refugio con *S. bilineata*. A su vez, *Glossophaga soricina* fue observado continuamente en los refugios

naturales R6 y R7 y Ambas especies que cohabitaron con *S. bilineata* se percharon a mayor altura dentro del refugio.

10. DISCUSIÓN

En este estudio observamos a *Saccopteryx bilineata* usando refugios naturales y artificiales durante la época de seca y de lluvia en la región Soconusco, Chiapas. La duración del estudio hizo posible una estimación de la fidelidad al sitio y las variaciones en las características ambientales que deben considerarse para el diseño de refugios alternativos para la translocación de individuos de *S. bilineata* dentro del Jardín Botánico Regional el Soconusco (JBRs).

Obtuvimos datos para las fluctuaciones en el número total de individuos por colonia en los tres muestreos realizados y aunque se planteó la posibilidad de realizar un análisis de lealtad con respecto al refugio, al realizar el marcaje con esmalte de uñas, las fuertes lluvias y el difícil acceso de algunos refugios, nos resultó imposible obtener suficientes observaciones y se abandonó el intento. La mayoría de los refugios naturales eran árboles de la especie *Terminalia amazonia* o guayabo volador como es conocido localmente, este árbol puede crecer hasta una altura de 40 m, aunque en este estudio los árboles midieron entre 14 y 24 m. También registramos el uso de dos especies de *Ficus* con alturas de 13 y 15 m. Si bien el municipio de Tuzantán corresponde a un bosque tropical húmedo, el área ha sufrido fuertes disturbios en los últimos años; gran parte de la vegetación es secundaria, pocos árboles alcanzan la altura máxima (Fernández-Bello 2008) y en la mayoría de las veces no contaban con cavidades.

No encontramos información detallada sobre las características ambientales o estructurales en refugios de *S. bilineata* en la literatura. Simmons y Voss (1998), MacCracken y Wilkinson (2000) y Voigt et al. (2008) mencionan brevemente que *S. bilineata* se percha en la superficie de los troncos de los árboles y en sitios bien iluminados, en este estudio se encontró invariablemente a *S. bilineata* descansando dentro de estructuras naturales y artificiales, pero no en las superficies externas de ellas. Los refugios se encontraron inmersos en áreas cultivadas con relativamente pocos árboles, lo que permite una mayor iluminación en comparación con bosques

naturales o áreas con vegetación primaria, se ha mencionado que la urbanización y la agricultura son las principales amenazas para los murciélagos que se refugian en árboles y que la escasez de estos sitios ha obligado a los murciélagos a buscar alternativas, que pueden incluir asentamientos y construcciones como casas, edificios, sótanos o puentes (Mendoza y Dirzo 1999). Mejía-Quintanilla et al. (2018) mencionan nueve tipos de hábitat asociados con la distribución de *S. bilineata* en Honduras, dominada por tierras de cultivo, pastizales y bosques latifoliados. Por otra parte en los tramos superiores del río Itaya en Perú, con vegetación conservada, Rengifo et al. (2013) descubrieron que *S. bilineata* usaba cavidades en árboles en pie y caídos, en espacios entre la corteza y el tronco del árbol. Estos autores especificaron a *Minquartia guianensis* Aubl. (Olacaceae), *Pleurothyrium* sp. (Lauraceae) y *Eschweilera* sp. (Lecithydaceae) como los árboles usados de refugio.

En este estudio reportamos la presencia de *S. bilineata* en dos edificios dentro del JBRS y el edificio sin terminar en una comunidad vecina (Villa Hidalgo), debido a las condiciones prevalecientes en el área de estudio, sugerimos que *S. bilineata* prefería utilizar cavidades en árboles y el interior de estas construcciones antrópicas en lugar de la superficie externa para lograr una mayor protección contra las fuertes lluvias, las altas temperaturas y la intervención humana en el área de estudio. De acuerdo a lo anterior Goodwin y Greenhall (1961), Bradbury y Emmons (1974) y Tannenbaum (1975) han reportado sobre la asociación de *S. bilineata* con construcciones humanas y de acuerdo a este estudio podemos añadir que observamos a los individuos de *S. bilineata* de forma permanente dentro de las estructuras evaluadas, durante la época de seca y la de lluvia. La ocupación de este tipo de estructuras probablemente se debe a la falta de refugios naturales. Durante la primera etapa de este estudio se observó la escasa presencia de árboles adecuados con cavidades que pudieran servir como refugio.

Saccopteryx bilineata es una especie nocturna e insectívora, entonces sugerimos que las estructuras antrópicas ocupadas en este estudio pueden ofrecer ciertos beneficios a este murciélago, como el ahorro de energía debido a proximidad a áreas de alimentación como fuentes de agua y sitios con iluminación artificial que son atractivos de un número considerable de mosquitos y otros insectos voladores durante la noche. Fenton (1997) sugirió que los murciélagos en general podrían volar hasta 20 km en

busca de alimento y que *Leptonycteris curasoae* viaja hasta 50 km. Se ha demostrado que las especies pequeñas que pesan entre 5-10 g pueden recorrer largas distancias, por ejemplo 19 km por *Chalinolobus tuberculatus* (O'Donnell 2001) y 4.2 km para *Rhinolophus hipposideros*, con un peso de 5 g (Bontadina et al. 2002). Nuestros resultados mostraron que *S. bilineata* pesaba de 7-9 g, y una hembra con cría hasta 12 g. Es probable que las hembras con cría realicen vuelos cortos, debido al gasto de energía por el peso extra. Las fuentes de agua son importantes para los murciélagos insectívoros, ya que actúan como puntos de referencia para la navegación y fuente de alimento por la proliferación de insectos voladores, que son una fuente importante de alimento (Kurta et al. 1989, 1990; McLean y Speakman 1999; Fukui et al. 2006). Las diez perchas evaluadas en nuestro estudio, se encontraron a 1 km de alguna fuente de agua; sin embargo, los refugios artificiales se encontraron a menor distancia de los ríos principales, con agua de flujo rápido y por lo tanto, menos propensas a constituir fuentes de alimento.

Bradbury y Vehrencamp (1976) mencionaron que las colonias de *S. bilineata* están conformadas entre 5-50 individuos, agrupados en harenes. Voigt et al. (2001) reportaron tres colonias utilizando cabañas abandonadas en la Estación Biológica “La Selva” en Costa Rica, con cinco, 10 y 20 individuos, en el mismo lugar, Voigt y Schwarzenberg (2008) encontraron una colonia de 49 individuos. Díaz y Linares-García (2012), registraron colonias de cuatro y cinco individuos en diferentes árboles de *Maquira coriacea* (Moraceae) en la selva amazónica en Perú. Las colonias en este estudio sumaron entre cinco y 17 individuos, con los números más altos encontrados en dos refugios naturales (R2, R5) y dos refugios artificiales (R8, R9). Sin embargo, esta variable no presentó diferencias significativas entre los dos tipos de refugio (natural y artificial). Se sugiere que el incremento en el número de individuos entre la estación seca y lluviosa en ambos sexos, se debe en parte a los nacimientos, pero también al hecho de que se ha reportado en la literatura que las hembras se dispersan entre los refugios para copular con diferentes machos, mientras que los machos permanecen leales a su territorio (Behr et al. 2006, 2009; Voigt et al. 2008).

Lo anterior se ha argumentado como una estrategia de *S. bilineata* para evitar la endogamia (Bradbury y Emmons 1974; Tannenbaum 1975), sin embargo, no pudimos

respaldar estas afirmaciones debido a problemas con el marcaje y el seguimiento de los individuos. Una limitación adicional en nuestro estudio fue la falta de información histórica sobre la edad de cada colonia, pues consideramos que las colonias más pequeñas pueden haberse formado más recientemente y no necesariamente reflejan la calidad en las condiciones dentro del refugio. Los individuos de *S. bilineata* formaron de uno a dos harenes dentro de la colonia, esto se observó en un refugio artificial (R9) y dos refugios naturales (R2, R5). A pesar de la presencia de dos machos en otro de los refugios artificiales (R8), las hembras formaron un solo harén con uno de ellos. Esto podría explicarse por la presencia de machos en una colonia denominándolos “satélites”, que son individuos solitarios, que viven cerca de una colonia en espera de conformar su propio harén o copular con alguna(s) de las hembras (Tannenbaum 1975). Se observaron diferentes proporciones de hembras (3-8) por macho en los diez refugios. Esto coincide con informes para otros sitios neotropicales (Bradbury y Emmons 1974; Tannenbaum 1975) y esos números están sujetos a variaciones debido a los movimientos de las hembras entre refugios.

Los refugios artificiales registraron temperaturas más altas y humedades relativas más bajas que los refugios naturales, excepto el R4 (una cavidad de árbol de *T. amazonia*) que registró temperaturas superiores a 34 °C. Hubo más variación entre las estaciones seca y lluviosa. Los materiales utilizados para la construcción de los edificios como el hormigón o las ranuras metálicas, los ladrillos y el grosor de las paredes y huecos afectan las condiciones climáticas internas (Heathcote 2011). Del total de refugios artificiales, el R9 mostró las condiciones más estables, con el rango más pequeño de humedad relativa (60-100 %) y temperatura (23-32 °C) en comparación con los otros dos refugios artificiales. Sugerimos que esto se debe al mayor porcentaje de cobertura y el área de la entrada, provocando un efecto de protección contra exposición directa de los rayos del sol y una ventilación reducida, lo cual implica menor contacto con las condiciones meteorológicas extremas.

A pesar que no fue posible comparar estadísticamente la altura de los refugios naturales y artificiales; se piensa que podría tener implicaciones sobre las características climáticas dentro del refugio. Debido a que los refugios más altos pueden recibir mayores niveles de radiación solar (Kurta 1993; Humphrey et al. 1997),

pero al mismo tiempo mayor ventilación y humedad reducida al estar más lejos del suelo y dependiendo de la especie, la estructura y la edad, se auto sombrea en cierta medida. Las alturas de perchas situadas muy por debajo de la parte superior de los refugios (árboles) se verán menos afectadas por la radiación solar, lo que explicaría porqué a pesar de que los sitios de refugio más altos, R5, R6 y R7 fueron los que presentaron temperaturas más bajas en su interior. Medir el área de la entrada fue complicado debido a las formas irregulares que presentaron los refugios artificiales y fueron de configuraciones muy diferentes entre los refugios naturales y artificiales. A pesar de que esta variable no presentó diferencias estadísticamente significativas, consideramos que el tamaño de la entrada (área) tiene importancia para la sobrevivencia y estado físico de *S. bilineata*. Las entradas grandes podrían facilitar el acceso a depredadores (Bradbury y Emmons 1974; Bradbury y Vehrencamp 1976), pero al mismo tiempo permitir la ventilación, lo cual tendría influencia en la regulación de la humedad.

A pesar de las variaciones en las características estructurales y ambientales observadas en los diez refugios en este estudio, los valores medios fueron muy similares (25-26° C y 88-100% Hr), a excepción del refugio artificial R10 que registró las temperaturas más altas, las humedades relativas más bajas y los rangos más amplios de esos parámetros. Además, R10 fue el único refugio donde no se observó actividad reproductiva (cortejo, hembras preñadas, crías recién nacidas), aunque sí se confirmó que la colonia fuera permanente durante el periodo del estudio. Esto sugiere que para *S. bilineata* el R10 fue el refugio menos adecuado y da una idea sobre los límites de tolerancia en los cuales esta especie puede sufrir limitaciones en la viabilidad de su reproducción (Racey 1973; Brigham y Fenton 1986; Sedgeley y O'Donnell, 2004). Estos límites formarán parte importante de las bases del diseño de un refugio alternativo para *S. bilineata*.

La ausencia de otras especies de murciélagos compartiendo refugios artificiales con *S. bilineata* puede indicar la relativa flexibilidad y tolerancia de esta especie, capaz de adaptarse a las perturbaciones humanas y a una gama más amplia de características ambientales. En el R2 se registró la colonia más grande, lo que pudo haber facilitado la transmisión de ectoparásitos, pero el R3 tuvo un tamaño mucho menor de la colonia y

también registró afectación por los mismos ácaros (Trombiculidae). Las características ambientales que medimos no indicaron ninguna razón particular por la cual estos ácaros estaban presentes únicamente en estos dos refugios.

Este estudio fue realizado para caracterizar los refugios usados por *Saccopteryx bilineata* y obtener información que nos permita proponer un diseño de refugio alternativo adecuado para la translocación de las colonias de *S. bilineata* que se encuentran dentro del JBRS. A pesar de varias limitaciones metodológicas y datos muy variables, un factor que consideramos unificador fue la temperatura media y los rangos de humedad relativa similares en todos los refugios, de 25-26 °C y 88-100 %. Respectivamente, estos datos formarán la línea base para nuestro diseño. Además, las temperaturas más altas y más variables del refugio artificial R10, donde observamos nula reproducción, nos da una idea de los límites de tolerancia de *S. bilineata*, condiciones que tenemos que evitar en los refugios alternativos. Por lo que proponemos construir estructuras grandes y bien ventiladas con ladrillos o bloques de concreto, revestir las estructuras con madera, brindando aislamiento y estabilizando las condiciones internas. El área de entrada será grande en relación con la estructura y estará ubicada en la parte inferior o media de dicho refugio. A partir de ahí, se realizarán pruebas con diferentes porcentajes de cobertura de dosel, hasta que se obtengan las condiciones internas de 25-26 °C y 88-100 % de humedad relativa.

11. CONCLUSIONES

- Este estudio indica que el murciélago *S. bilineata* en Tuzantán, Chiapas usa refugios naturales y artificiales (antrópicos). Dentro de la vegetación se le puede encontrar en huecos de árboles, preferentemente dentro de guayabos (*Terminalia amazonia*), mientras que en las localidades rurales utiliza estructuras deshabitadas o con muy poca presencia humana.
- Los registros de temperatura fueron distintos entre refugios, con niveles más altos en refugios artificiales durante ambas épocas (seca y lluvias) y porcentajes de humedad menores, en comparación con los refugios naturales.
- A pesar de las diferencias observadas en temperatura y humedad entre los refugios, las medias de temperatura (25-26 °C) y humedad (88-100 %) coincidieron y consideramos que representan las condiciones apropiadas al interior de los refugios de *S. bilineata*.
- Se sugiere la existencia de un límite de tolerancia de *S. bilineata* con respecto a la temperatura (40 °C); pasar este límite podría tener implicaciones en la viabilidad reproductiva de esta especie.
- Debido a la cantidad de dataloggers disponibles para el estudio, las mediciones únicamente fueron internas, pero a futuro consideramos importante también registrar datos externos (°C; Hr%), para poder observar el contraste y resaltar la importancia que tienen estos refugios para el mantenimiento de los microclimas.

12. LITERATURA CITADA

- Anthony EP. 1988. Age determination in Bats. En: Kunz TH. eds. Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats. Smithsonian Institution Press, Washington D.C, p. 47-58.
- Aguirre LF, Lens L, Matthysen E. 2003. Patterns of roosts use by bats in a Neotropical savanna: implications for conservation. *Biological Conservation* 111: 435-443.
- Arletazz R. 1999. Habitat selection as a major resource partitioning mechanism between the two sympatric sibling bat species *Myotis myotis* and *Myotis blythii*. *Journal of Animal Ecology* 68: 460-471.
- Ávila-Flores R, Medellín RA. 2004. Ecological, taxonomic, and physiological correlates of cave use by Mexican bats. *Journal of Mammalogy* 85: 675-687.
- Baranauskas K. 2007. Bats (Chiroptera) found in bat boxes in Southeastern Lithuania. *Ekologija*. 4: 34–37.
- Barclay RMR. 1989. The effect of reproductive condition on the foraging behavior of female hoary bats, *Lasiurus cinereus*. *Behavioral and Ecological Sociobiology* 24: 31-37.
- Barclay RMR, Brigham RM, eds. 1996. Bats and Forests Symposium October 19-21, 1995, Victoria, British Columbia, Canada. British Colombia Ministry of Forests, Victoria, p. 292.
- Bautista Z. 2016. Selección de refugios por dos especies de murciélagos insectívoros dentro de una construcción antropogénica en la sierra norte de Puebla. (Tesis de Maestría) Universidad Autónoma Metropolitana, p. 69.
- Behr O, Von-Helversen O, Heckel G, Nagy M, Voigt CC, Mayer F. 2006. Territorial songs indicate male quality in the sac-winged bat *Saccopteryx bilineata* (Chiroptera, Emballonuridae). *Behavioral Ecology* 17: 810-817.
- Behr O, Knornschild M, Von-Helversen O. 2009. Territorial counter-singing in male sac-winged bat (*Saccopteryx bilineata*): low frequency songs trigger a stronger response. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 63: 433-442.
- Bonaccorso FJ. 1998. Bats of Papua New Guinea. Conservation International, Washington, D.C, p. 489.

- Bradbury JW. 1977. Lek mating behavior in the hammer-headed bat. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 45: 225-255.
- Bradbury JW, Emmons LH. 1974. Social organization of some Trinidad bats. I. Emballonuridae. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 36: 137-183.
- Bradbury JW, Vehrencamp SL. 1976. Social organization y foraging in Emballonuridae bats. I Field studies. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 1: 337-381.
- Brittingham MC, Williams LM. 2000. Bat boxes as alternative roosts for displaced bat maternity colonies. *Wildlife Society Bulletin* 28: 197-207.
- Brigham RM, Vonhof MJ, Barclay RMR, Gwilliam JC. 1997. Roosting behavior and roost-site preferences of forest-dwelling California bats (*Myotis californicus*). *Journal of Mammalogy* 78: 1231-1239.
- Brigham RM, Fenton MB. 1986. The influence of roost closure on the roosting and foraging behaviour of *Eptesicus fuscus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Canadian Journal of Zoology* 64: 1128-1133.
- Brosset A, Charles-Dominique P, Cockle A, Jean-Francois C, Masson D. 1996. Bat communities and deforestation in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology* 74: 1974-1982.
- Bontadina F, Schofield H, Naef-Daenzer B. 2002. Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*) forage in woodland. *Journal of Zoology* 258: 281–290.
- Burgin CJ, Collela JP, Khan PL, Upham NS. 2018. How many species of mammals are there?. *Journal of Mammalogy* 99: 1-14.
- Campbell LA, Hallett JG, O'Connell MA. 1996. Conservation of bats in managed forests: use of roosts by *Lasiorycteris noctivagans*. *Journal of Mammalogy* 77: 976-984.
- Ceballos G, Arroyo-Cabrales J, Medellín RA, Domínguez-Castellanos Y. 2005. Lista actualizada de los mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9: 20-70.
- Chacón-Madrigal E, Barrantes G. 2004. Blue-crowned motmot (*Momotus momota*) predation on a long-tongued bat (Glossophaginae). *The Wilson Bulletin* 116: 108-110.
- Collins TJ. 2007. ImageJ for microscopy. *Biotechniques* 43: 25-30.

- Cortina S. 1993. Sistema de cultivo de café en el Soconusco. Notas para su estudio. En: Villafuerte-Solís D. eds. La Frontera Sur, la producción y los productores del soconusco. Chiapas, Instituto Chiapaneco de Cultura.
- Cryan P, Bogan M, Yanega G. 2001. Roosting habits of four bat species in the Black Hills of South Dakota. *Acta Chiropterologica* 3: 43-52.
- Díaz M, Linares-García V. 2012. Refugios naturales y artificiales de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en la selva baja en el Noroeste de Perú. *Guayana* 76: 117-130.
- Eisenberg JF. 1989. *Mammals of the Neotropics: The northern Neotropics, Panama, Columbia, Venezuela, Guyana, Suriname, French Guiana*. University of Chicago Press, p. 449.
- Fenton MB. 1970. Population studies of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Ontario. *Life Sciences. Contributions* 77: 1-34.
- Fenton MB. 1997. Science and the conservation of bats. *Journal of Mammalogy* 78: 1–14.
- Fenton MB, Rautenbach IL, Smith SE, Swanepoels CM, Grosell J, Van Jaarsveld J. 1994. Raptors and bats: threats and opportunities. *Animal Behavior* 48: 9-18.
- Fenton MB, Vonhof MJ, Bouchard S, Gill SA, Johnston DS, Reid FA, Riskin DK, Standing KL, Taylor JR, Wagner R. 2000. Roosts used by *Sturnira lillium* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Belize. *Biotropica* 32: 729-733.
- Fernández-Bello E. 2008. La producción agropecuaria en el Soconusco e intercambio con Centroamérica. En: Sánchez JE, Jarquín R. eds. Reflexiones sobre el Soconusco, Chiapas y sus problemas ambientales, poblacionales y productivos, p. 185–200.
- Findley JS. 1993. *Bats: A community perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 167.
- Flannery TF. 1995. *Mammals of the South-West Pacific and Moluccan Islands*. Cornell University Press, Ithaca, New York, p. 464.
- Fleming TH. 1986. Opportunism versus specialization: the evolution of feeding strategies in frugivorous bats. En: Estrada A, Fleming TH, eds. Frugivores and seed dispersal; p. 105-116.

- Fowler M, Miller R. 1999. Zoo & wild animal medicine (Current Therapy). W.B. Saunders. Philadelphia, p. 344-354.
- Fortuna MA, Popa-Lisseanu AG, Ibáñez C, Bascompte J. 2009. The roosting spatial network of a bird-predator bat. *Ecology* 90: 934-944.
- Fukui D, Murakami M, Nakano S, Aoi T. 2006. Effects of emergent aquatic insects on bat foraging in a riparian forest. *Journal Animal Ecology* 75: 1252–1558.
- García E. 1973. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México, p. 246
- Gardner AL. 2007. Order Chiroptera. En: Gardner AL. eds. *Mammals of South America: Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats*. London, Chicago and The University of Chicago, p. 187-484.
- Garroway CJ y Broders HG. 2008. Day roost characteristics of northern long-eared bats (*Myotis septentrionalis*) in relation to female reproductive status. *Ecoscience* 18:89-93.
- Gellman ST, Zielinski WJ. 1996. Use by bats of old growth redwood hollows on the north coast of California. *Journal of Mammalogy* 77: 255-265.
- Geluso K, Harner MJ, Lemen CA, Freeman PW. 2009. A survey of bats in Trinidad late in the rainy season. *University of Nebraska State Museum* 119: 1-15.
- Genoud M, Bonaccorso FJ. 1986. Temperature regulation, rate metabolism, and roost temperatura in the greater White line bat *Saccopteryx bilineata* (Emballonuridae). *Physiological Zoology* 59: 49-54.
- Geoffroy SHE. 1810. Sur les Phyllostomes et les Mégadermes, deux genres de la famille des Chauve-souris. *Annales du Muséum d'Histoire Naturelle, Paris* 15: 157-198.
- Goodwin GG, Greenhall, AM. 1961. A review of the bats of Trinidad and Tobago: descriptions, rabies infection and ecology. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 122: 187-302.
- Grémillet X, Caroff C. 2009. Création d'un gîte alternative à chauves souris. Groupe Mammalogique Breton. Gouézec, France. (Consultado 2017 septiembre 11) <http://gmb.bzh/wp-content/uploads/2016/09/PosterMengleuzA4.pdf>

- Griscom HP, Kalko EKV, Ashton MS. 2006. Frugivory by small vertebrates within a deforested dry tropical region of Central America. *Biotrópica* 39: 278-282
- Hall ER, Dalquest WW. 1963. The mammals of Veracruz. University of Kansas Publications, Museum of Natural History 14: 165-362.
- Heathcote K. 2011. The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construcción* 63: 117-126.
- Hein CD, Castleberry SB, Miller KV. 2008. Sex-specific summer roost-site selection by seminole bats in response to landscape-level forest management. *Journal of Mammalogy* 89: 964-972.
- Hernández DL, Mell JJ, Eaton ED. 2007. Aerial predation of a bat by an American crow. *The Wilson Journal of Ornithology* 119: 763-764.
- Hoar BR, Chomel BB, Argaez-Rodriguez F, Colley PA. 1998. Zoonoses and potential zoonoses transmitted by bats. *Public Veterinary Medicine: Public Health. Journal of the American Veterinary Medical Association* 212: 1714-1720.
- Humphrey SR. 1975. Nursery roosts and community diversity of nearctic bats. *J. Mammalogy* 56:321-346.
- Humphrey SRA, Richter AR y JB Cope. 1977. Summer habitat and ecology of the endangered India bat, *Myotis sodalis*. *Journal of Mammalogy* 58: 334-346
- Hutson AM, Mickleburgh, SP, Racey PA. 2001. Microchiropteran Bats: Global status Survey and Conservation Action Plan. IUCN/SSC Chiroptera specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, p. 258.
- INAFED. 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Chiapas (consultado el 2016 marzo 19).
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/index.html>
- INEGI. 2001. Estadísticas Históricas de México, Tomo I. INEGI. Aguascalientes, Aguascalientes. (Consultado el 2016 marzo 21).
http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/historicas/EHM%201.pdf
- INEGI. 1997. Cuaderno estadístico municipal, Tapachula, Chiapas. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México (Consultado el 2017 octubre 20).
http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/

espanol/bvinegi/productos/integracion/municipios/cuad_est/1998/chis/tap/7028259
27165_1.pdf

- Keeley BW, Tuttle MD. 1999. Bats in American bridges. Bat Conservation International, Inc. Resource Publication, p. 40.
- Kiser M. 2002. Dr. Charles Campbell: bat house pioneer. Bat House Research, p. 10:5-7.
- Korhonen L, Heikkinen J. 2009. Automated analysis of in situ canopy images for the estimation of forest canopy cover. *Forest Science* 55: 323-334.
- Kunz T. 1982. Roosting ecology of bats. En: Kunz TH. eds. *Ecology of bats*. Plenum, p. 1-55.
- Kunz TH, Lumsden LF. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. En: Kunz TH, Lumsden LF. eds. *Bat ecology*. Chicago, USA: University of Chicago Press, p. 798.
- Kurta A. 1986. Factor affecting the resting and postflight body temperature of little brown bats, *Myotis lucifugus*. *Physiological Zoology* 59: 429-438.
- Kurta A, Bell GP, Nagy KA, Kunz TH. 1989. Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology* 62: 804–818.
- Kurta A, Kunz TH, Nagy KA. 1990. Energetics and water flux of free-ranging big brown bats (*Eptesicus fuscus*) during pregnancy and lactation. *Journal of Mammalogy* 71, 59–65.
- Kurta A, King D, Teramino JA, Stribley JM y KJ Williams. 1993. Summer roosts of the endangered Indiana bat (*Myotis sodalis*) on the northern edge of its range. *American Midland Naturalist* 129: 132-138
- Lekagul B, McNeely JA. 1977. *Mammals of Thailand*. Association for the Conservation of Wildlife, Bangkok, p. 758.
- Lewis SE. 1995. Roost fidelity in bats: a review. *Journal of Mammalogy* 76: 481-496.
- Lourenco SI, Palmeirim JM. 2003. Influence of temperature in roost selection by *Pipistrellus pygmaeus* (Chiroptera): relevance for the design of bat boxes. *Biological Conservation* 119: 237-243.
- Lumsden LF, Bennett AF, Silins JE. 2002. Location of roosts of the lesser long-eared bat *Nyctophilus geoffroyi* and Gould's wattled bat *Chalinolobus gouldii* in a

fragmented landscape in south-eastern Australia. *Biological Conservation* 106: 237–249.

McComb WE, Noble RE. 1981. Nest-box and natural-cavity use in three mid-south forest habitats. *Journal Wildlife Manage* 45: 93-101.

McCracken GF, Wilkinson GS. 2000. Bat mating systems. En: Crichton EG, Kruttsch PH. Eds. *Reproductive biology of bats*. Academic London, p. 321-362.

McWilliam AN. 1987. The reproductive and social biology of *Coleura afra* in a seasonal environment, En: Fenton M, Racey P, Rayner MV. eds. *Recent Advances in the Study of Bats*. Cambridge, p. 324-350.

McLean JA, Speakman JR. 1999. Energy budgets of lactating and non-reproductive brown long-eared bats (*Plecotus auritus*) suggest females use compensation in lactation. *Functional Ecology* 13: 360–372.

Medellín R, Arita H, Sánchez O. 1997. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo, *Publicaciones Especiales*, núm. 2, Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., México, p. 80.

Mejía-Quintanilla DJ, Rodríguez-Herrera B, Spinola-Parallada M, Suazo-Euceda JP, Marineros L, Elvir F. 2018. Situación del uso de la tierra en la distribución de cinco especies de murciélagos de la familia Emballonuridae en Honduras, Centroamérica. *Revista Mexicana de Mastozoología*, nueva época 8: 13-21.

Mendoza E, Dirzo R. 1999. Deforestation in Lacandona (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8: 1621-1641.

Miranda F. 1998. *La vegetación de Chiapas*. 3ª ed. Gobierno del Estado de Chiapas. México, p. 596.

Montero J, Espinoza C. 2002. Murciélagos Filostómidos (Quiróptera, Phyllostomidae) como indicadores del estado del hábitat en el Parque Nacional Piedras Blancas, Costa Rica. San José, Costa Rica: Instituto Nacional de biodiversidad de Costa Rica.

Morrison DW. 1980. Foraging and day- roosting dynamics of canopy fruit bats in Panama. *Journal of Mammalogy* 61: 20-29.

- Murphy M. 1989. Dr. Campbell's "Malaria-eradicating, guano producing bat roosts".
Bats 7: 10-13.
- Nowak, RM. 1991. Walker's mammals of the world. Fifth ed. Johns Hopkins University Press, Baltimore 1: 1-642.
- Nowak RM. 1999. Walker's Mammals of the world. Johns Hopkins University Press. Baltimore 1: 1166-1170.
- O'Donnell CFJ. 2001. Home range and use of space by *Chalinobus tuberculatus*, a temperate rainforest bat from New Zealand. Journal of Zoology (London) 253: 253-264.
- O'Donnell, CFJ, Sedgeley JA. 1999. Use of roosts by the long-tailed bat, *Chalinobus tuberculatus*, in temperate rainforest in New Zealand. Journal of Mammalogy 80: 913-923.
- O'Keefe JM, Loeb SC, Lanham JD, Hill HS. 2009. Macrohabitats factors affect day roost selection by Eastern red bats and Eastern Pipistrelles in the southern Appalachian Mountains, USA. Forest Ecology and Management 257: 1757-1763.
- Ortiz-Ramírez D, Lorenzo C, Naranjo E, León-Paniagua L. 2006. Selección de refugios por tres especies de murciélagos frugívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 77: 261-270
- Parsons KN, Jones G. 2003. Dispersion and habitat use by *Myotis daubentonii* and *Myotis nattereri* during the swarming season: implications for conservation. Animal Conservation 6: 283–290.
- Patterson BD, Willig BD, Stevens RD. 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. En: Kunz TH, Fenton MB. eds. Bat Ecology. University of Chicago Press, p. 536-579
- Paz O, Lucas J, Arias JL. 2000. Cajas-refugio para quirópteros y estudio de la población de murciélago orejudo dorado (*Plecotus auritus* Linneo, 1758) en un área forestal de la provincia de Guadalajara. Ecología 14: 259- 268.
- Pierson ED. 1998. Tall trees, deep holes and scarred landscapes: conservation biology of North American bats. En: Kunz TH, Racey PA. eds. Bat Biology and Conservation. Smithsonian Institution Press, p. 309-325.

- Racey PA. 1973. Environmental factors affecting the length of gestation in heterothermic bats. *Journal of reproduction and Fertility Supplement* 19: 175-189.
- Rainey WE. 1998. Conservation of Bats on remote Indo-Pacific Islands. En: Kunz TH, Racey PA. eds. *Bat Biology and Conservation*. Smithsonian Institution Press, p. 326-341.
- Ramírez-Pulido J, González-Ruíz N, Gardner AL, Arroyo-Cabrales J. 2014. List of recent land mammals of México. *Special Publications Museum of Texas, Tech University*, p. 63.
- Reid FA. 1997. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. New York: Oxford University Press, p. 343.
- Rengifo EM, Calderón W, Aquino R. 2013. Características de refugios de algunas especies de murciélagos en la cuenca alta del río Itaya, Loreto, Perú. *Cuadernos de Investigación UNED* 5: 143-150
- Rhodes M. 2007. Roost fidelity and fission-fusion dynamics of White-striped free-tiled bats (*Tadarida australis*). *Journal of Mammalogy* 88:1252-1260.
- Rodríguez-Duran A, Soto-Centeno JA. 2003. Temperature selection by tropical bats roosting in caves. *Journal of Thermal Biology* 28:465-468.
- Rzedowski J. 1985. *Vegetación de México*. Limusa, p. 432.
- Sanborn CC. 1937. American bats of the subfamily Emballonurinae. *Zoological Series of Field Museum of Natural History* 20:321-254
- Sasse DB, Pekins PJ. 1996. Summer roosting ecology of northern long-eared bats (*Myotis septentrionalis*) in the White Mountain National Park. En: Barclay R, Brigham RM. eds. *Bats and Forests Symposium, October 19-21, 1995 Victoria, British Columbia, Canada*. British Columbia Ministry of Forest, p. 91-101.
- Schofield HW. 2008. *The lesser horseshoe bat conservation handbook*. The Vincent Wildlife Trust, Ledbury, p. 78
- Schofield H, Alagaili A, Cel'uch M, Dekker J, Harbusch C, Haysom K, Kepel A, Kervyn T, Kokurewicz T, Kyheröinen EM, Marnell F, Nalbandyan M, Rodrigues L, Shohdy WM, Ursache A. 2014. Report of the Intersessional Working Group on Man-made Purpose built Bat Roosts. 9th Meeting on the Standing Committee. 19th Meeting of the Advisory Committee. Heraklion, Greece, 7-10 April. Doc. EUROBATS. StC9-

AC19.34. 12 pp. (consultado 2017 septiembre 18)

http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/pdf/Advisory_Committee/Doc_StC9_AC19_34_Report%20IWGMan_madeBatRoosts.pdf

- Sedgeley JA, O'Donnell CFJ. 2004. Roost use by long-tailed bats in south Canterbury: examining predictions of roost-site selection in a highly fragmented landscape. *New Zealand Journal of Ecology* 28: 1-18.
- Sluter JW, Voute AM, Van Heerdt PF. 1973. Hibernation of *Nyctalus noctula*. *Periodicum Biologorum* 75:181:188.
- Speakman JR, Thomas DW. 2003. Physiological ecology and energetics of bats. En: Kunz TH, Fenton MB. eds. *Bat Ecology*. University of Chicago Press, Chicago, p. 430-492.
- Stebbing RE. 1970. A comparative study of *Plecotus auritus* and *Plecotus austriacus* (Chiroptera, vespertilionidae) inhabiting one roost. *Bijdragen tot de Dierkunde* 40: 91-94.
- Stebbing RE. 1998. Conservation of European bats. Christopher Helm. Londres, p. 246
- Stebbing RE, Griffiths F. 1986. Distribution and status of bats in Europe. ITE/NERC, Huntingdon, p. 142.
- Stoner KE. 2005. Phyllostomid bat community structure and abundance in two contrasting tropical dry forests. *Biotropica* 37: 591-599.
- Stratmann B. 1973. Hege waldbewohnender fledermause mittels spezieller Fledermausschlaf und fortpflanzungskasten im StFB Waren (Muritz). Teil 1. *Nyctalus* 5: 6-16
- Siles L, Munoz A, Aguirre L. 2007. Bat diversity in three caves in a montane forest of Bolivia. *Ecotropica* 13. 67-74.
- Silva-Taboada G. 1979. Los murciélagos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, p. 423.
- Simmon NB, Voss RS. 1998. The mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna, part 1. Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 237: 1-29.
- Simmons NB, Conway T. 2003. Evolution of ecological diversity. En: Kunz T, Fenton B. eds. *Bat Ecology*, University of Chicago Press, p. 493- 535.

- Simmons NB. 2005. Order Chiroptera. En: Wilson DE, Reeder DM. eds. Mammal Species of the World. The Johns Hopkins University Press, p. 381–390.
- Suárez-Payares LM, Lizcano DJ. 2011. Uso de refugios por tres especies de murciélagos filostómidos (Chiroptera: Phyllostomidae) en el Área Natural Única Los Estoraques, Norte de Santander, Colombia. Mastozoología Neotropical 18: 259–270.
- Tannenbaum R. 1975. Reproductive strategies in the White-lined bat. (Post-doctoral Thesis). Cornell University, p. 110.
- Torres-Flores JW, López-Wilchis R. 2010. Microclimatic conditions, roosting habits, and associated species to refuges of *Natalus stramineus* in Mexico. Acta Zoológica Mexicana. 26: 191-213.
- Twente JW Jr. 1954. Predation on bats by hawks and owls. The Wilson Bulletin, 66: 135- 136.
- Tuttle MD, Kiser M, Kiser S. 2013. The Bat House Builders, Handbook. Bat Conservation International, p. 36.
- Tuttle MD, Stevenson D. 1982. Growth and survival of bats En: Kunz TH. eds. The Ecology of bats. Plenum Press, p. 105-150
- Twente JW Jr. 1954. Predation on bats by hawks and owls. The Wilson Bulletin 66: 135-136.
- Voigt CC, Beh O, Caspers B, Von-Helversen O, Knornschild M, Mayer F, Nagy M. 2008. Songs, scents and senses: sexual selection in the greater sac-winged bat. *Saccopteryx bilineata*. Journal of Mammalogy 89: 1401-1410.
- Voigt CC, Von-Helversen O. 1999. Storage and display of odor in male *Saccopteryx bilineata*. Behavior Ecology and Sociobiology. 47: 29-40.
- Voigt CC, Schwarzenberger F. 2008. Female reproductive endocrinology of a small tropical bat (*Saccopteryx bilineata*; Emballonuridae) monitored by fecal hormone metabolites. Journal of Mammalogy 89: 50–57.
- Vonhof MJ, Barclay RMR. 1996. Roost-site selection and roosting ecology of forest-dwelling bats in southern British Columbia. Canadian Journal of Zoology 74: 1797-1805.
- Wang LC, Wolowky MW. 1988. Torpor in mammals and bird. Canadian Journal Zoology 66: 133-137.

- Wilkinson GS. 1992. Communal nursing in evening bats. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 31: 225–235.
- Willis CKR, Brigham RM, Geiser F. 2006. Deep, prolonged torpor by pregnant, free-ranging bats. *Naturwissenschaften* 93: 80–83.
- Wilson DE, Reeder DM. 1993. *Mammals species of the World, a taxonomic and geographic reference*. Second edition. Smithsonian Institution Press, Washington D, p. 1206.
- Wolff M. 1999. Brote de Histoplasmosis aguda en viajeros chilenos a la Selva Ecuatoriana: un ejemplo de Medicina Geográfica. *Revista Médica de Chile* 127: 1359-1364.
- Yancey FD, Goetze JR, Jones C. 1998. *Saccopteryx bilineata*. *Mammalian Species* 1: 1-5.

13. ANEXOS

Characterization of roosts of the greater sac-winged bat *Saccopteryx bilineata* (Chiroptera: Emballonuridae) in Soconusco Region, Chiapas, México.

J. Tadeo Mateos-Orozco^{1,*}, Anne Damon¹, Griselda Escalona-Segura², Manuel Weber²

¹El Colegio de la Frontera Sur, unidad Tapachula. Apartado Postal 36, Carretera Antiguo Aeropuerto, Km 2.5, Tapachula, Chiapas, México. CE: jtmateos@ecosur.edu.mx (JTMO), 7713582866; adamon@ecosur.mx (AD)

²El Colegio de la Frontera Sur, unidad Campeche. Calle 10 # 264, Colonia Centro. CP 24000, Campeche, Campeche, México. CE: mweber@ecosur.mx (MW); gescalon@ecosur.mx (GES)

Abstract

Destruction of ecosystems has led to a reduction of available natural roosts for bats and increasing intrusion of bats into manmade (anthropic) constructions, as occurs with colonies of *Saccopteryx bilineata* (Temminck, 1838), living in the buildings of the Regional Botanical Garden of Soconusco (RBGS) (Chiapas, Mexico). We sought to determine design features to provide alternative roosts for the relocate the bats within the garden. We selected and then studied the structural and environmental characteristics of 7 natural and 3 anthropic roosts occupied by *S. bilineata* within the RBGS and surrounding areas. From April to September, including both dry and rainy seasons, we described and analyzed the structural and environmental characteristics of the selected roosts, including: temperature, relative humidity, height of the natural or anthropic roost, canopy cover, entrance area, size of the bat colony, and height of the perch within the roost. There were significant differences between roosts for temperature ($\chi^2= 1,541$; $c= 16.91$; $p < 0.001$), relative humidity ($\chi^2= 7,351$; $c= 16.91$; $p < 0.001$), height of the perch, ($t= 2.02$; $p= 0.03$) and canopy cover ($t=1.99$; $p= 0.04$). Despite wide variation in all parameters, a unifying factor were similar median temperature and relative humidity ranges for all the roosts, of 25-26 °C and 88–100 %, respectively. The higher and more variable temperatures of one of the anthropic roosts coincide with zero observed reproductive activity in the resident colony, indicating undesirable conditions. These factors will serve as a baseline for the design of alternative roosts for *S. bilineata*,

Key words: Temperature, relative humidity, canopy cover, height of perch, design specifications alternative bat roost

Introduction

The greater sac-winged bat, *Saccopteryx bilineata* (Teminck 1838) (Chiroptera: Emballonuridae), is a small to medium-sized species with two longitudinal white lines on its back, distributed from southern Mexico, through Central America, Bolivia and The Guayanas, to Brazil and Trinidad and Tobago (Sanborn 1937; Simmons 2005). There are two wing sacks where glandular secretions and urine are mixed together to function as olfactory signals during courtship and for marking territory during the reproductive season. This species is insectivorous and feeds on

mosquitoes, butterflies, moths and beetles, and in Mexico, has been observed feeding in secondary forests, cultivated areas and pastures (Eisenberg 1998).

Colonies of *S. bilineata* may consist of up to 50 individuals, divided up into harems with 8-12 females per male (Bradbury & Emmons 1974; Bradbury & Vehrencamp 1976; Bradbury 1977). *Saccopteryx bilineata* may be found sharing roosts with other species of the family Emballonuridae, such as: *Balantiopteryx plicata*, *Saccopteryx leptura*, *Peropteryx macrotis*, *Noctilio leporinus*, *Micronycteris hirsuta*, *M. megalotis*, *M. nicefori*, *Glossophaga soricina*, *Carollia perspicillata*, *Artibeus jamaicensis*, *A. lituratus*, *Uroderma bilobatum*, *Desmodus rotundus* and *Diaemus youngi* (Goodwin & Greenhall, 1961; Bradbury & Vehrencamp, 1976).

The availability and characteristics of roosting sites are two of the principal factors that influence the ecology and biology of Chiroptera (Humphrey 1975; Kunz 1982). These sites offer important benefits, including: protection from predators, suitable microclimate, a resting place, as well as being important for hibernation (temperate zones), courtship, gestation and brood rearing (Kunz 1982; Keeley & Tuttle 1999). Selected roosting sites may be natural, such as cavities in tree trunks, or artificial, or anthropic, related to human activities such as houses, bridges, and other constructions (Kunz & Lumsden 2003). Adequate structural and environmental characteristics for roost sites, where bats spend a major proportion of their time (Kunz 1982), are essential for the survival and persistence of bat colonies in both natural and degraded eco- and agroecosystems (Brigham & Fenton 1986).

In southeast Mexico, and many parts of the world, bats face a variety of problems that threaten their survival, in particular, habitat loss, change of land use and destruction of potential roosting sites (Kunz 1982; Mendoza & Dirzo 1999). The proliferation of urban settlements has caused various species of bats to adapt to anthropic structures (buildings, bridges etc.), leading to conflicts between humans and bats (Hoar *et al.* 1998; Fowler & Miller 1999; Wolff 1999). This is the case with *S. bilineata* that has established colonies within the buildings of the Regional Botanical Garden of Soconusco (RBGS), situated in the village of San Isidro, in the municipality of Tuzantán (Soconusco region, Chiapas state, Mexico). The presence of the bats within these buildings is causing structural deterioration (Silva-Taboada 1979) and the risk of the transmission of certain viral infections, as reported in the literature (Hoar *et al.* 1998; Fowler & Miller 1999; Wolff 1999), in both cases caused by the accumulation of urine and feces.

For *S. bilineata*, studies have been carried out relating to behavior and social structure, but there is little information concerning the use of roosts by this species, wherein only general characteristics of the structures occupied have been described, with no comments concerning environmental parameters. We need to provide roosting sites for the conservation of bats within urban and disturbed natural areas, but for that to be possible we need to understand the preferences of each bat species for certain structural characteristics and preferred temperature and relative humidity ranges.

The bat species of the colonies that have formed in the buildings of the Regional Botanical Garden of Soconusco has been formally identified as *Saccopteryx bilineata*. We aim to relocate these colonies into alternative roosts, but within the RBGS, so as to continue contributing to the conservation of the species and also for the purpose of diffusion and education about bat ecology and conservation. The objective of this study was to describe the structural and environmental characteristics of natural and anthropic roosts of *S. bilineata*, in Tuzantán, Soconusco region, Chiapas, México.

Materials and Methods

Study area

This study was carried out in the locality San Isidro, where the RBGS is situated, and nearby Villa Hidalgo, within the municipality of Tuzantán, Chiapas, México (Fig.1), corresponding to the region of Soconusco (Mexican region VII), situated between the limits of the Sierra Madre mountain range and the Pacific coastal plain (INAFED 2010).

The predominant climate is Aw2 (w) Ig corresponding to warm sub-humid tropical with rains in the summer (García 1993). The average annual temperature is 26.8 °C, with a maximum of 36.4 °C and minimum of 20 °C (INEGI 1997). The original natural vegetation consists of medium tropical evergreen forest (Rzedowski 1985; Miranda 1985) with extending areas of secondary forest and few fragments of virgin forest. The local population is dedicated to agricultural activities, including the cultivation of: cocoa, coffee, mango, sugarcane and oil palm (Fernández-Bello 2008).

The study was carried out in two stages, first, to search the study area looking for roosts of *S. bilineata* and second, the measurement of the environmental variables of the selected roosts. During the second stage, we also collected most of the individuals of the colonies present in each roost for counting, and sexing, and attempted marking individuals to monitor their movements.

Search and selection of roosts

We visited the authorities of San Isidro and Villa Hidalgo to request permission to access urban, cultivated and natural areas within their territories. We then held meetings with members of both communities to obtain information about the presence of bat roosts in the area. With that information, from January to March, we explored urban, cultivated and natural areas within these rural communities, carrying out 6 field trips, each lasting 4 days. We were looking specifically for roosts of *S. bilineata*, identifying them by the two longitudinal, dorsal white lines.

Environmental and structural characteristics

Data were taken during the dry and rainy seasons. Two measurements were made during the dry season in April and May, and three during the rainy season from the end of June to September, in 2018. Within each of the ten selected roosts, we measured temperature (°C) and relative humidity (% rH) placing dataloggers (model OM-EL-USB-2; Omega Engineering, USA) within each roost at the height where the bats were observed to perch. The dataloggers were programmed to register data every half hour, during 5 consecutive days, starting and finishing at 13.00 hrs.

During the same period, we measured the canopy cover, height of the structure containing the roost, the area of the entrance to the roost and the height at which the bats perched within the roost.

To measure canopy cover, we used the method “Analysis of Canopy Images” (Korhonen & Heikkinen 2009). The images were photographs taken using a camera (Canon Rebel T6) and a tripod. We took a photograph at each of the four cardinal points surrounding each roost, placing the camera at a distance of 1 m from the roost entrance and at 1.5 m above the ground (Korhonen & Heikkinen 2009). The resulting images were processed using the program Matlab (MathWorks Inc. 2008). Each roost was assigned a single value for canopy cover, by averaging the four measurements.

Using a tape measure, we measured the height of the perch, from the lowest point or “floor” of the roost, to the lowest point where the bats perched.

We measured the full height of the trees (with natural roosts) using a hypsometer. The height of the anthropic constructions was measured from the ground to the roof.

Colony size, harem size, proportion of sexes and weight of *S. bilineata*

For each roost, we counted the number of individuals and the composition of the harems present during three sampling periods, once in the dry season (May) and twice during the rainy season (July and September). All or most of the individuals were captured using mist nets placed in front of the entrance to the roosts and using a hand net inside the roosts. The following data were taken for each individual captured: sex, reproductive state, length of the forearm and age (to distinguish from the similar *Saccopteryx leptura* Schreber 1774), age (adult or juvenile) determined by the degree of ossification of the phalanges as observed using a lamp (Anthony 1998), and weight. Other bat species present in the same roosts were identified using the keys provided by Medellín *et al.* (1997).

Statistical analysis

The data for height of perch (HP), entrance area (EA) and canopy cover (CC) between did not fulfill the assumptions of normality and homogeneity of variances and were analyzed with the non-parametric Mann Whitney Sum Rank Test, to compare the results between the NR and AR. We compared the size of the colonies between NR and AR using the Mann-Whitney U test. The data for temperature and relative humidity also did not present normality and were analyzed using an ANOVA Kruskal-Wallis to observe the differences between the 10 roosts and a Mann-Whitney U test to evaluate the differences between the dry and rainy seasons. Both Sigma-Stat and Wizard statistical packages were used for the analysis.

Results






General description of the study area



The selected roosts were situated close to rural developments, cropland and less than one kilometer from sources of water, such as streams, rivers and small areas of swamp. The crops were mostly cocoa (*Theobroma cacao* L., Malvaceae), and one roost (R10) was close to a coffee (*Coffea arabica* L., Rubiaceae) plantation. There are rural gardens and abundant abandoned areas with secondary vegetation. *Terminalia amazonia* (J.F.Gmel.) Exell (Combretaceae) was the most frequent tree species in the study site, which was reflected in the number of roosts of *S. bilineata* found in cavities within trees of that species, although relatively few of the trees had cavities and many were young trees.

Description of roosts

We selected and then studied ten roosts used by colonies of *S. bilineata* (Table 1) in the study area; of those, 7 were natural (NR) and three artificial or anthropic (AR). Of the seven NR, five were hollows or cavities in tree trunks, three in trees identified as “guayabo volador” *T. amazonia*, one in “amate” and one in “mata palo”, both *Ficus* sp. (Moraceae). Two of the AR were situated within the Regional Botanic Garden of Soconusco (RBGS); one in the open storage area of a single-story building with toilets and the other in the two-story office and workshop building. The third AR was an unfinished single-story building.

Table 1. Environmental and structural characteristics of natural and anthropic roosts of *Scopteryx bilineata* in the municipality of Tuzantán, Soconusco region, Chiapas, Mexico. For each roost (n=10) we present the following data: TR= type of roost, CN= common name of tree species or D= description of anthropic refuge, HR= height of roost site (m), DBH= diameter at breast height (m), EA= entrance area (m²), CC= canopy cover (%), HP= height of the perching area (m), and other observations.

| No. Roost | Characteristics | No. Roost | Characteristics |
|---|--|--|--|
| R1  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • CN: “amate” • HR: 15.5 m • DBH: 3.82 m • EA: 16.92 m² • CC: 94.5 % • HP: 6 m | R6  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • CN: “guayabo volador” • HR: 14 m • DBH: 2.65 • EA: 7.62 m² • CC: 89.25 % • HP: 5 m <p>Continuous presence of <i>Glossophaga soricina</i> during study period</p> |
| R2  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • CN: “matapalo” • HR: 13.5 m • DBH: 3.46 m • EA: 26.6 m² • CC: 85.5 % • HP: 6 m <p>Some individuals of <i>S. bilineata</i> with red mites (Trombiculidae) on body and wings</p> | R7  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • CN: “guayabo volador” • HR: 24 m • DBH: 1.63 m • EA: 6.69 m² • CC: 77.25 % • HP: 4 m <p>Continuous presence of <i>Glossophaga soricina</i> during study period. The position and height of the entrance made access difficult. We could not capture all the individuals</p> |
| R3  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • CN: “guayabo volador” • HR: 17.5 m • DBH: 4.01 m • EA: 39.54 m² • CC: 89.75 % • HP: 3.5 m <p>Continuous presence of <i>Chrotopterus auritus</i> during the study period. Some individuals of <i>S. bilineata</i> with red mites (Trombiculidae) on body and wings</p> | R8  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: anthropic • D: open storage area in single story building with toilets RBGS • HR: 4.17 m • EA: 20.31 m² • CC: 70.75 % • HP: 2 m |
| R4  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • CN: “guayabo volador” • HR: 21 m • DBH: 3.32 m • EA: 9.45 m² • CC: 87.0 % • HP: 5 m | R9  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: anthropic • D: two story office and workshop building RBGS • HR: 7.10 m • EA: 19.44 m² • CC: 89.0 % • HP: 5 m |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Presence of <i>Chrotopterus auritus</i> during the rainy season | | We observed two harems in this roost, occupying opposite extremes of the space |
| R5  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: natural • CN: “guayabo volador” • HR: 20 m • DBH: 1.81 m • EA: 2.94 m² • CC: 94.25 % • HP: 9 m | R10  | <ul style="list-style-type: none"> • TR: anthropic • D: unfinished building • HR: 3.85 m • EA: 12.77 m² • CC: 76.25 % • HP: 1.92 m |

Environmental and structural characteristics

Height of roost site (HR) and Diameter at breast height (DBH)

Heights of the roost sites varied from 4.17 m to 24 m and the DBH of the trees ranged from 1.63 to 4.01 m (Table 1). These data were not suitable for statistical comparison and did not relate to the size and characteristics of the roosts, they were not used for further analysis, but serve to describe and contextualize the rest of the data.

Entrance area (EA), Canopy cover (CC) and Height of perch (HP)

The size of the entrance area to the roosts was highly variable, from 2.94 (NR R5) to 39.54 m² (NR R3), with the extremes found among the natural roosts situated in trees. However, there was greater uniformity between the AR, with areas of 20.31, 19.44 and 12.77 m². We obtained 40 photographic registers from which to calculate canopy cover, four for each roost, which were averaged to give a single value per roost. Canopy cover ranged from 70.75 – 94.5 %. The height at which *S. bilineata* perched within each roost varied between 1.92 – 9 m above the “floor” of the roost space.

The Mann Whitney Sum Rank Test showed significant differences between the AR and NR for HP ($t= 2.02$; $p= 0.03$) and CC ($t=1.99$; $p= 0.04$), in both cases, the NR had higher values. There was no significant difference between AR and NR for the variable EA ($t= 0.22$; $p= 0.4$).

Table 2. Comparison of natural and anthropic roosts of *Scopteryx bilineata*, for the variables Entrance area, Canopy cover and Height of perch, in the municipality of Tuzantán, Soconusco region, Chiapas, Mexico.

| Roost | Entrance area | | Canopy cover | | Height of perch | |
|-----------|---------------|----------|--------------|----------|-----------------|----------|
| | Mean | $p \leq$ | Mean | $p \leq$ | Mean | $p \leq$ |
| Natural | 13.1 | 0.4 | 88.2 | 0.04 | 5.5 | 0.03 |
| Anthropic | 15.5 | | 78.6 | | 3.0 | |

Temperature and relative humidity

For each roost (n=10) we obtained 241 data points per sample period, and for each of temperature and relative humidity, generating a total of 1205 data points per roost during the study period.

Table 3. Maximum and minimum measurements of temperature (T) and relative humidity (rH) registered for ten roosts of *Scopteryx bilineata* in the municipality of Tuzantán, Soconusco region, Chiapas, Mexico. R1-R6, natural roosts; R7-10, anthropic roosts. A. Dry season; B. Rainy season.

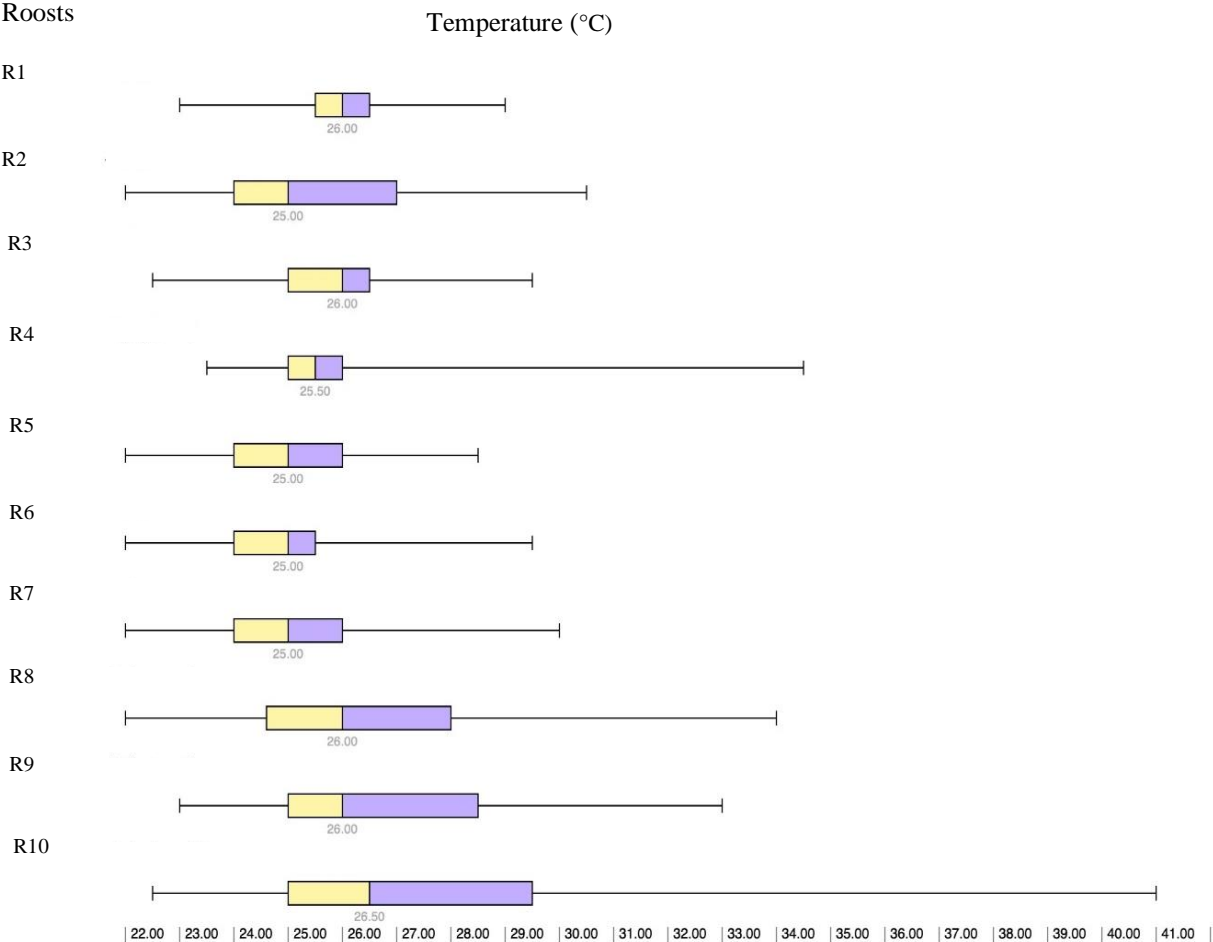
| Roost | A. T (°C) | | B. T (°C) | |
|-------|-----------|------|-----------|------|
| | Max. | Min. | Max. | Min. |
| R1 | 30.5 | 24.5 | 28 | 24.5 |
| R2 | 30 | 23 | 30.5 | 22 |
| R3 | 31 | 23 | 28.5 | 22.5 |
| R4 | 34.5 | 23 | 34.5 | 23.5 |
| R5 | 32 | 22.5 | 28.5 | 22 |
| R6 | 32 | 23 | 27.5 | 22 |
| R7 | 31 | 23.5 | 28 | 22 |
| R8 | 33 | 24 | 34 | 22.5 |
| R9 | 31.5 | 23.5 | 33 | 23.5 |
| R10 | 34 | 24 | 41 | 22.5 |

| Roost | A. rH (%) | | B. rH (%) | |
|-------|-----------|------|-----------|------|
| | Max. | Min. | Max. | Min. |
| R1 | 105 | 77 | 105 | 96 |
| R2 | 102 | 68 | 102.5 | 71 |
| R3 | 106 | 46 | 106 | 96.5 |
| R4 | 104 | 43 | 110 | 73 |
| R5 | 106 | 86 | 106 | 80 |
| R6 | 106 | 95 | 104 | 92.5 |
| R7 | 104.5 | 75.5 | 104 | 92 |
| R8 | 97.5 | 59.5 | 103 | 62 |
| R9 | 95 | 63 | 94.5 | 63.5 |
| R10 | 101 | 61.5 | 101 | 45 |

Using the ANOVA Kruskal-Wallis we observed significant differences between the roosts for the variables temperature ($\chi^2= 1,541$; $c= 16.91$; $p < 0.001$) and relative humidity ($\chi^2= 7,351$; $c= 16.91$; $p < 0.001$). The Mann-Whitney U Test showed significant differences between the dry and wet seasons for both temperature ($u= 15728727.5$; $p < 0.001$) and relative humidity ($u=16548703.0$; $p < 0.001$).

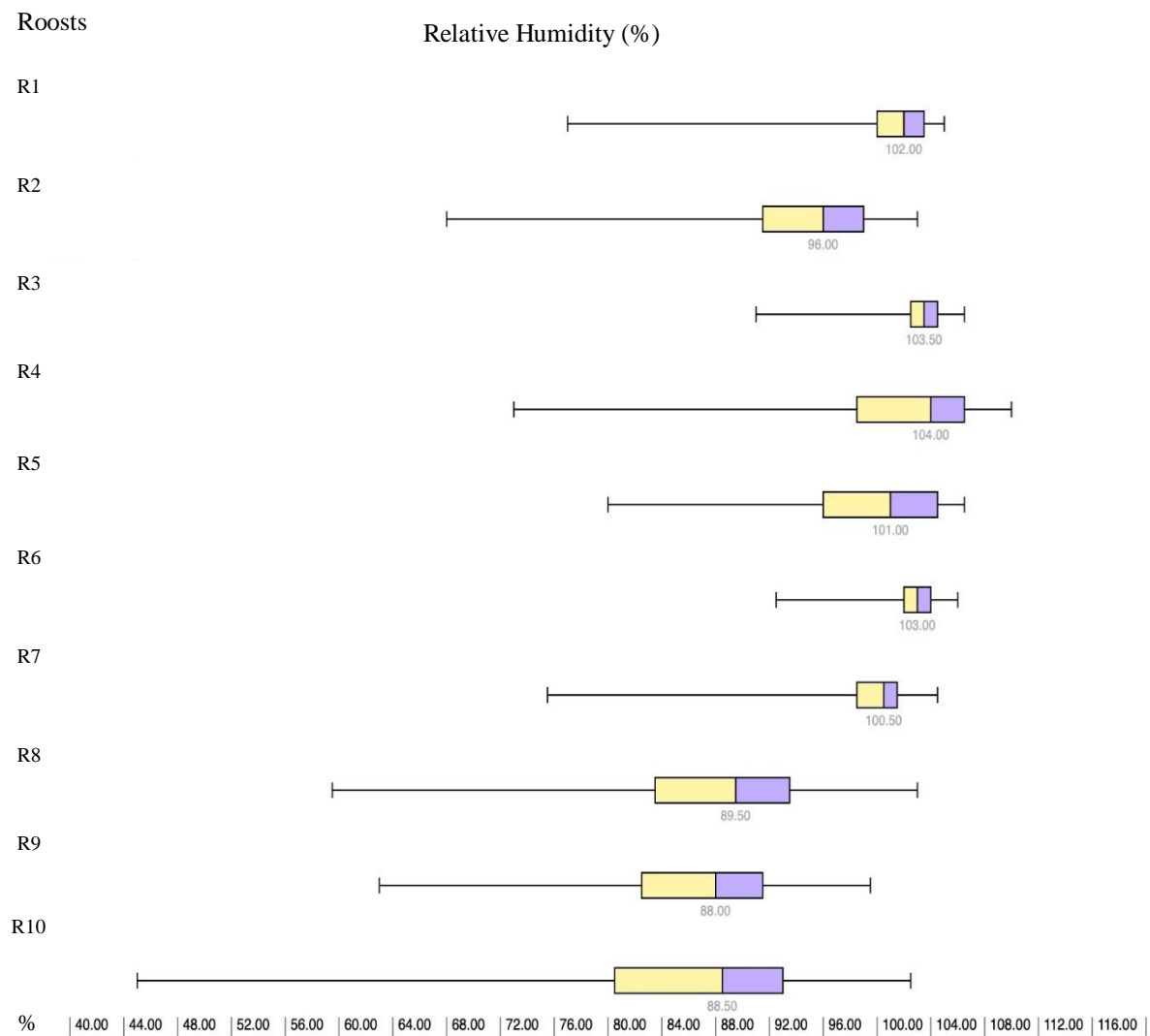
In general, the anthropic roosts registered higher temperatures than the natural roosts (Table 3). However, despite variable temperature ranges, average temperatures were similar (25 – 26 °C) for all 10 roosts of *S. bilineata* (Figure 1).

Figure 1. Temperature data for natural (R1-R7) and anthropic roosts (R8-R10), from April to September (combining dry and rainy seasons), in the municipality of Tuzantán, Soconusco region, Chiapas, Mexico. The median value is represented by the box and the maximum and minimum values by the whiskers.



The average values for relative humidity for the anthropic roosts were very similar at 88-88.5 %, with lower average levels but far greater variability than the natural roosts. Average values for the natural roosts were in the range 94-104 % (Figure 2).

Figure 2. Relative humidity data for natural (R1-R7) and anthropic roosts (R8-R10) from April to September (combining dry and rainy seasons) in the municipality of Tuzantán, Soconusco region, Chiapas, Mexico. The median value is represented by the box and the maximum and minimum values by the whiskers.



Colony size, harem size, proportion of sexes and weight of *Saccolpteryx bilineata* colonies

We carried out three samples in total, one in the dry season (M1) and two during the rainy season (M2 and M3) to determine the size of the colonies, the size of each harem, and the proportion of the sexes (Table 4). In the ten roosts, we observed a total of 79 individuals of *S. bilineata* in the first sample, 86 in the second and 91 in the third and final sample. Each refuge consisted of harems of various sizes, with 5 - 17 individuals. In all but one roost (R10) reproductive activity was observed at the onset of the rainy season, with pregnant females and newborn individuals.

There was no significant difference in terms of size of colony between AR and NR ($u=88.50$; $p= 0.80$) (Mann-Whitney U test).

Table 4. Number of individuals of *Saccolpteryx bilineata* in colonies for ten roosts of *Saccolpteryx bilineata* in the municipality of Tuzantán, Soconusco region, Chiapas, Mexico. R1-R6, natural roosts; R7-10, anthropic roosts. A. Dry season (M1); B. Rainy season (M2, M3).

| Roost | A. | B. | |
|----------|----|----|----|
| | M1 | M2 | M3 |
| R1 | 7 | 4 | 6 |
| R2 | 9 | 15 | 14 |
| R3 | 9 | 5 | 8 |
| R4 | 6 | 6 | 7 |
| R5 | 15 | 9 | 12 |
| R6 | 7 | 5 | 8 |
| R7 | 4 | 8 | 9 |
| R8 | 7 | 12 | 7 |
| R9 | 10 | 17 | 15 |
| R10 | 5 | 5 | 5 |
| Σ | 79 | 86 | 91 |

The proportion of the sexes was variable between roosts, between NR and AR and between seasons. Colonies with larger numbers of individuals had two males per harem. For the AR R7, it was not possible to complete the capture of all the individuals of the colony due to the position and height of the entrance, particularly in the rainy season. For some of the other roosts, there were problems with the capture for one of the samples. Combining juveniles and adults, the males weighed 7-8 g, females 7-9 g, and females carrying a baby 10-12 g

Table 5. Proportion of the sexes of *Saccopteryx bilineata* in colonies for ten roosts of *Saccopteryx bilineata* in the municipality of Tuzantán, Soconusco region, Chiapas, Mexico. R1-R6, natural roosts; R7-10, anthropic roosts. A. Dry season (M1); B. Rainy season (M2, M3).

| Roost | A. | B. | |
|-------|---------------------|----------------------|----------------------|
| | M1 Female / Male | M2 Hembra / Macho | M3 Hembra / Macho |
| R1 | 6:1 | 3:1 | 5:1 |
| R2 | 7:2 | 13:2 | 12:2 |
| R3 | 8:1 | 4:1 | 7:1 |
| R4 | 5:1 | 5:1 | 6:1 |
| R5 | 13:2 | 8:1 | 5 |
| R6 | 6:1 | 4:1 | 7:1 |
| R7 | - | 7:1 | - |
| R8 | 6:1 | 10:2 | 6:1 |
| R9 | 8:2 | 15:2 | 13:2 |
| R10 | 4:1 | 4:1 | 4:1 |

Individual adults of *S. bilineata* in the natural roosts R2 and R3 were infested with mites of the family Trombiculidae, localized on the fur and wing and tail membranes.

Saccopteryx bilineata shared roosts with other species of bats. *Chrotopterus auritus* (Peters 1865) (Phyllostomidae) was found in the natural refuges R3 and R4, although only during the rainy season in R4. This is a rare, carnivorous species that feeds mainly on rodents and small birds, and is mentioned in the Mexican legislation NOM-ECOL-059-2010 as threatened. This is the first report of *C. auritus* sharing roosts with *S. bilineata*. *Glossophaga soricina* (Pallas 1776) (Phyllostomidae) was continuously present in the natural refuges R6 and R7. Both cohabiting species perched higher up within the roost space than *S. bilineata*.

Discussion

In this study, we observed *Saccopteryx bilineata* using anthropic and natural roosts during the dry and rainy seasons, in the region of Soconusco, Chiapas. The duration of the study made possible an estimation of site loyalty and the variations of environmental characteristics that need to be considered for the design of alternative roosts for the eventual relocation of *S. bilineata* within the Regional Botanic Garden of Soconusco (RBGS). We obtained data for fluctuations in the total number of individuals per colony in the three censuses carried out. However, although we planned to carry out an analysis of site (roost) loyalty, by marking individuals with colored nail varnish, the heavy rains and difficult access to some of the roosts meant that it was impossible to make sufficient observations and we abandoned the attempt.

The majority of the natural roosts were trees, of the species *Terminalia amazonia* (“guayabo volador”) which can grow to a height of 40m, although in this study the trees measured between 14 and 24 m. We also registered the use of two species of *Ficus* with heights of 13 and 15 m. Although the municipality of Tuzantán corresponds to medium

tropical evergreen forest, the area has suffered heavy disturbance in recent years, much of the vegetation is secondary, few of the trees reach full height (Fernández-Bello 2008) and most did not have cavities.

We found no detailed information concerning the roosting behavior of *S. bilineata* in the literature. Simmons & Voss (1998), MacCracken & Wilkinson (2000) and Voigt *et al.* (2008) briefly mention that *S. lineata* roosts on the surface of tree trunks and in well-lit sites. In this study *S. lineata* was invariably found roosting inside natural or anthropic structures, not on the surface. The roosts were found immersed in cultivated areas with relatively few trees, thus allowing greater illumination than within natural forest. Urbanization and agriculture are mentioned as the major threats for bats that roost in trees, causing a scarcity that may then force the bats to look for alternatives, which may include human settlements and constructions (Mendoza & Dirzo 1999; Solari 2015).

Mejía-Quintanilla *et al.* (2018) mention nine habitat types associated with the distribution of *S. bilineata* in Honduras, dominated by cropland, pastures and broad-leaved forest. In the upper reaches of the Itaha River in Peru, with well conserved vegetation, Rengifo *et al.* (2013) found that *S. bilineata* used cavities in standing and fallen trees and gaps between the bark and the trunk. These authors specified *Minquartia guianensis* Aubl. (Olacaceae), *Pleurothyrium* sp. (Lauraceae) and *Eschweilera* sp. (Lecithydaceae) as the occupied trees.

Due to the prevailing conditions in the study area, we suggest that *S. bilineata* would prefer to roost inside cavities and anthropic constructions rather than on the surface of these structures, to achieve greater protection from the heavy rains, high temperatures and human intervention typical of the study area.

We report the presence of *S. bilineata* in anthropic constructions, the two buildings in the RBGS and the unfinished building in a neighboring community. Goodwin & Greenhall (1961), Bradbury & Emmons (1974), and Tannenbaum (1975) have reported the association of *S. bilineata* with anthropic constructions, but we were also able to observe that *S. bilineata* was a permanent resident of the structures we studied, and through both the dry and the rainy seasons. The occupation of anthropic constructions is probably due to the lack of natural alternatives and during the first stage of this study, we observed few suitable trees and even fewer suitable cavities. *Saccopteryx bilineata* is a nocturnal, insectivorous species, and we suggest that the anthropic structures occupied in this study may offer certain benefits to *S. bilineata* for energy savings, due to the relative closeness to suitable foraging areas such as water sources and areas with artificial lighting that attract substantial numbers of insects at night.

Fenton (1990, 1997) suggested that bats in general could fly up to 20 km in search of food, has been reported that *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Emballonuridae) travelled up to 50 km. Small species weighing only 5-10 g have been shown to travel long distances, such as 19 km for *Chalinolobus tuberculatus* (Forster 1844) (Chiroptera: Vespertilionidae) (O'Donnell 2001) and 4.2 km for *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein 1800) (Chiroptera: Rhinolopidae), weighing 5 g (Bontadina *et al.* 2002). Our results showed that *S. bilineata* weighed from 7-9 g, and a female carrying a baby up to 12 g. It is likely that females carrying babies have to depend on shorter flights.

Water sources are important for insectivorous bats, acting as reference points for navigation and for the aquatic larvae of flying insects that are an important food source for insectivorous bats (Kurta *et al.* 1989; Kurta *et al.* 1990; McLean & Speakman 1999; Sierra-Cobo *et al.* 2000; Fukui *et al.* 2006). In our study, all ten roosts evaluated were situated within 1km of a water source, however, the anthropic roosts were closer to major rivers, with fast flowing water and therefore less likely to render a source of food.

Bradbury & Vehrencamp (1976) mentioned that colonies of *S. bilineata* consist of 5-50 individuals, grouped into harems. Voigt *et al.* (2001) reported three colonies using abandoned cabins in the “Estación Biológica la Selva” in Costa Rica, with 5, 10 and 20 individuals, and in the same place, Voigt & Schwarzenberg (2008) found a colony of 49 individuals. Díaz & Linares-García (2012), registered colonies of 4 and 5 individuals in separate trees of *Maquira coriacea* (Karsten) C.C. Berg (Moraceae) in the Amazon rainforest in Peru. Our colonies numbered 5 - 17 individuals, with the highest numbers found in both natural and anthropic roosts, but differences between them were not significant. However, there were differences in numbers between the dry and rainy season in both categories of roost, partly due to births, but also due to the fact that females have been reported to disperse between roosts to copulate with different males, whilst the males remain loyal to their territory (Behr *et al.* 2006; Voigt *et al.* 2008; Behr *et al.* 2009). This has been suggested as a strategy of *S. bilineata* to avoid endogamy (Bradbury & Emmons 1974; Tannenbaum 1975). However, we could not support these claims, due to problems with marking and monitoring individuals. A further limitation in our study was the lack of historical information concerning the age of each colony. Smaller colonies may be more recently formed and may not necessarily reflect the quality of the conditions within and surrounding the roost.

Individuals of *S. bilineata* form one or more harems within the colony, with two natural roosts and on anthropic roost in this study having two harems. One of the anthropic roosts had two males, but the females formed a single harem with one of them. There are reports of the presence of two or more males in a colony, terming these extra males “satellites” effectively waiting for an opportunity to copulate with one of the females and form their own harem (Tannenbaum 1975). Different proportions of males to females were observed in the ten roosts, from 3 to 8 per male, which coincide with other reports for the neotropics (Bradbury & Emmons 1974; Tannenbaum 1975), and those numbers subject to variation due to the movements of the females between roosts.

The anthropic roosts registered higher temperatures and lower relative humidity than the natural roosts except for R4 (a cavity in a *T. amazonia* tree) that registered temperatures above 34°C. There were further variations between the dry and rainy seasons. The materials used for the construction of the buildings, such as concrete or metal rooves, concrete blocks or bricks and the thickness of the walls and rooves obviously affect the environmental conditions within (Bornón *et al.* 2010; Heathcote 2011). Anthropic roost R9 showed the most stable conditions, with the smallest range of relative humidity (60–100 %) and temperature (23–32 °C) when compared to the other two anthropic roosts

in this study, due to the a higher percentage canopy cover and volume of space within, as well as reduced ventilation, implying reduced contact with external conditions.

We could not compare statistically the heights of the natural and anthropic roost sites, but the height of the trees or buildings, and the position of the roost within, clearly affect the environmental conditions within the roost. Taller roost sites may receive higher levels of solar radiation (Kurta 1993; Humphrey *et al.* 1997), but at the same time greater ventilation and reduced humidity by being further away from the ground. Trees, depending upon species, structure and age will self-shade to a certain extent. Roosts situated well below the tops of the structures will be less affected by solar radiation, which explain why the tallest roost sites, which were all trees (R5, R6, R7), presented lower temperatures within the roosts.

The size of the entrance area to the roosts was difficult to measure accurately, and were highly variable for both natural and anthropic roosts. Despite that, we consider that the size and the position of the entrance area could be very important for the survival and fitness of *S. bilineata*. Large entrances could permit the entrance of predators (Bradbury & Emmons 1974; Bradbury & Vehrencamp 1976), although at the same time permitting necessary ventilation. However, as observed with R9, a small entrance area, in combination with other structural and volume characteristics permits insulation from external conditions and promotes stability.

Despite the variations in the structural and environmental characteristics observed in the ten roosts in this study, *S. bilineata* was a permanent resident in all of those roosts. Extremes of temperature and relative humidity varied between roosts, but median values were very similar (25-26 °C and 88–100 % rH), except for the anthropic refuge R10 which registered the highest temperatures, lowest relative humidities and widest ranges of those parameters. Roost R10 was the only one where reproductive activity (courtship, pregnant females, newborns) was not observed, although the colony was seen to be permanent. This suggests that R10 was the least suitable roost for *S. bilineata* and gives us a clue as to the limits of tolerance of *S. bilineata* when designing an artificial refuge, wherein the species may suffer limitations in reproduction viability (Racey 1973; Brigham y Fenton 1986; Sedgely y O'Donnell, 2004).

The absence of cohabiting bat species in the anthropic roosts may indicate that *S. lineata* is a more flexible and tolerant species, capable of adapting to human disturbance and a wider range of environmental characteristics.

R2 had the largest colony registered, which may facilitate transmission of parasites, but R3 had a small colony. The environmental characteristics that we measured did not indicate any particular reason why the mites were present only in these two roosts.

We carried out this study to gather information for the design of suitable alternative refuges for the relocation of colonies of *S. bilineata* within the RBGS. However, despite various methodological limitations and highly variable data, a unifying factor was the similar median temperature and relative humidity ranges for all the roosts, of 25-26 °C and 88–100 %, respectively, which will form the baseline for our design. Furthermore, the higher and more variable temperatures of the anthropic roost R10 where we observed zero reproduction, gives us an idea of the limits of tolerance of *S. bilineata*. We propose to construct large, well-ventilated structures with bricks or concrete blocks, and line the structures with wood, together giving insulation and stabilizing the internal conditions. The entrance area will be fairly large in relation to the structure, and at the bottom or middle of the structure. From there we will carry out tests with different % canopy cover until we achieve the internal conditions of 25-26 °C and 88–100 % rH.

Acknowledgements

We are grateful to Omar Hernández, Nelson Pérez, Mitzi Gutierrez, Willmar de la Rosa and Lucia Carolina for help with the fieldwork. We appreciate the help of the personal of the Regional Botanic Garden of Soconusco, inhabitants of San Isidro and Villa Hidalgo and community authorities with locating and accessing the bat roosts. Finally, we acknowledge the grant given by CONACyT for the postgraduate studies of the first author.

References

- Anthony, E.L.P. 1988. Age determination in Bats. In: Kunz T.H., editor. *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution Press, Washington D.C. pp. 47-58.
- Behr, O., Knornschild, M., Von-Helversen, O. 2009. Territorial counter-singing in male sac-winged bat (*Saccopteryx bilineata*): low frequency songs trigger a stronger response. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 63, 433-442.
- Bradbury, J.W. 1977. Lek mating behavior in the hammer-headed bat. *Zeitschrift fur Tierpsychologie*, 45:225-255.
- Bradbury J.W., Emmons L.H. 1974. Social organization of some Trinidad bats. I. Emballonuridae. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 36, 137-183.
- Bradbury, J.W., Vehrencamp, S.L. 1976. Social organization y foraging in Emballonuridae bats. I. Field studies. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 1, 337-381.
- Brigham, R.M., Fenton, M.B. 1986. The influence of roost closure on the roosting and foraging behavior of *Eptesicus fuscus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Canadian Journal of Zoology* 64, 1128-1133.
- Bontadina, F., Schofield, H., Naef-Daenzer, B. 2002. Radio-tracking reveals that lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*) forage in woodland. *Journal of Zoology* 258, 281-290.
- Díaz, M., Linares-García, V. 2012. Refugios naturales y artificiales de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en la selva baja en el Noroeste de Perú. *Guayana* 76, 117-130.
- Eisenberg, J.F. 1989. *Mammals of the Neotropics: The northern Neotropics*, Panama, Columbia, Venezuela, Guyana, Suriname, French Guiana. University of Chicago Press, p. 449.
- Fenton, M.B. 1997. Science and the conservation of bats. *Journal of Mammalogy* 78, 1-14.
- Fernández-Bello, E. 2008. La producción agropecuaria en el Soconusco e intercambio con Centroamérica. La Frontera Sur. In: Sánchez JE, Jarquín R. (eds.) *Reflexiones sobre el Soconusco, Chiapas, y sus problemas ambientales, poblacionales y productivos*. p. 185-200.
- Fowler, M., Miller, R. 1999. *Zoo & wild animal medicine (Current Therapy)*. W.B. Saunders. Philadelphia. p. 344-354.
- García, E. 1973. Modificaciones del sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. UNAM. México.
- Goodwin, G.G., Greenhall, A.M. 1961. A review of the bats of Trinidad and Tobago: descriptions, rabies infection and ecology. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 122, 187-302.
- Heathcote, K. 2011. The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construcción* 63, 117-126.
- Hoar B.R., Chomel, B.B., Argaez-Rodriguez, F., Colley, P.A. 1998. Zoonoses and Potential Zoonoses transmitted by bats. *Public Veterinary Medicine: Public Health. Journal of the American Veterinary Medical Association* 212, 1714-1720.
- Humphrey, S.R. 1975. Nursery roosts and community diversity of nearctic bats. *Journal of Mammalogy* 56, 321-346.
- Humphrey, S.R., Richter, A.R., Cope, J.B. 1977. Summer habitat and ecology of the endangered India bat, *Myotis sodalis*. *Journal of Mammalogy* 58, 334-346.
- INAFED. 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Estado de Chiapas. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM07chiapas/index.html>. Accessed 19 March 2016.
- INEGI. 1997. Cuaderno estadístico municipal, Tapachula, Chiapas. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/municipios/cuad_est/1998/chis/tap/702825927165_1.pdf. Accessed 20 October 2017.
- Keeley B.W., Tuttle, M.D. 1999. *Bats in American bridges*. Bat Conservation International, Inc., Austin, Texas, Resource Publication. p. 40.
- Korhonen, L., Heikkinen, J. 2009. Automated analysis of in situ canopy images for the estimation of forest canopy cover. *Forest Science* 55, 323-334.

- Kurta A., Bell G.P., Nagy K.A., Kunz, T.H. 1989. Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology* 62, 804–818.
- Kurta, A., King, D., Teramino, J.A., Stribley, J.M., Williams, K.J. 1993. Summer roosts of the endangered Indiana bat (*Myotis sodalis*) on the northern edge of its range. *American Midland Naturalist* 129, 132-138.
- Kurta A., Kunz T.H., Nagy, K.A. 1990. Energetics and water flux of free-ranging big brown bats (*Eptesicus fuscus*) during pregnancy and lactation. *Journal of Mammalogy* 71, 59–65.
- Kunz, T. 1982. Roosting ecology of bats. In: *Ecology of bats*, Kunz, T.H. (ed.). Plenum, New York. p. 1-55.
- Kunz, T.H., Lumsden, L.F. 2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. p. 3-89 In: Kunz, T.H., Lumsden, L.F. (eds.) 2003. *Bat ecology*. Chicago, USA: University of Chicago Press.
- MATLAB. 2004. Matlab, The language of Technical Computing. The Math Works.Inc. p. 216.
- McCracken, G.F., Wilkinson, G.S. 2000. Bat mating systems. In: *Reproductive biology of bats*, Crichton, E.G., Krutzsch, P.H. (eds.). Academic London. p. 321-362.
- McLean, J.A., Speakman, J.R. 1999. Energy budgets of lactating and non-reproductive brown long-eared bats (*Plecotus auritus*) suggest females use compensation in lactation. *Functional Ecology* 13: 360–372.
- Medellín, R., Arita, H., Sánchez, O. 1997. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo, Publicaciones Especiales, núm. 2, Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., México. p. 80.
- Mejía-Quintanilla, D.J., Rodríguez-Herrera, B., Spinola-Parallada, M., Suazo-Euceda, J.P., Marineros, L., Elvir, F. 2018. Situación del uso de la tierra en la distribución de cinco especies de murciélagos de la familia Emballonuridae en Honduras, Centroamérica. *Revista Mexicana de Mastozoología, nueva época* 8, 13-21.
- Mendoza, E., Dirzo, R. 1999. Deforestation in Lacandona (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8, 1621-1641.
- Miranda, F. 1998. La vegetación de Chiapas. 3ª ed. Gobierno del Estado de Chiapas. México. p. 596.
- O'Donnell, C.F.J. 2001. Cypitc local population in a temperate rainforest bat *Chalinolobus tuberculatus*, a temperate rainforest bat from New Zealand. *Journal of Zoology* 253, 253-264
- Racey, P.A. 1973. Environmental factors affecting the length of gestation in heterothermic bats. *Journal of Reproduction and Fertility, Supplement* 19, 175-189.
- Rengifo, E.M., Calderón, W., Aquino, R. 2013. Características de refugios de algunas especies de murciélagos en la cuenca alta del río Itaya, Loreto Perú. *Cuadernos de investigación UNED* 5, 143-150.
- Rzedowski, J. 1985. Vegetación de México. 3ª ed. Limusa, México. p 432.
- Sanborn, C.C. 1937. American bats of the subfamily Emballonurinae. *Zoological Series of Field Museum of Natural History* 20, 321-254.
- Sedgely, J.A., O'Donnell, C.F.J. 2004. Roost use by long-tailed bats in south Canterbury: examining predictions of roost-site selection in a highly fragmented landscape. *New Zealand Journal of Ecology* 28,1-18.
- Simmons, N.B. 2005. Order Chiroptera. In: *Mammal Species of the World*, Wilson, D.E, Reeder, D.M (eds.). The Johns Hopkins University Press. p. 381–390.
- Simmon, N.B., Voss, R.S. 1998. The mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna, part 1. Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 237, 1-29.
- Silva-Taboada, G. 1979. Los murciélagos de Cuba. *Academia de Ciencias de Cuba, La Habana*. p. 423.
- Tannenbaum, R. 1975. Reproductive strategies in the White-lined bat. Post-doctoral Thesis. Cornell University. p. 110.
- Voigt, C.C., Schwarzenberger, F. 2008. Female reproductive endocrinology of a small tropical bat (*Saccopteryx bilineata*; Emballonuridae) monitored by fecal hormone metabolites. *Journal of Mammalogy* 89, 50–57.
- Voigt, C.C., Von-Helversen, O., Michener, R., Kunz, T.H. 2001. The economics of harem maintenance in the sac-winged bat, *Saccopteryx bilineata* (Emballonuridae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 50, 31-36.
- Voigt, C.C., Beh, O., Caspers, B., Von-Helversen, O., Knornschild, M., Mayer, F., Nagy, M. 2008. Songs, scents and senses: sexual selection in the greater sac-winged bat, *Saccopteryx bilineata*. *Journal of Mammalogy* 89, 1401-1410.
- Wolff, M. 1999. Brote de histoplasmosis aguda en viajeros chilenos a la Selva Ecuatoriana: un ejemplo de Medicina Geográfica. *Revista Médica de Chile* 127, 1359-1364.