



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Diversidad de murciélagos en cuatro zonas arqueológicas del estado
de Yucatán: Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

Daniela Adriana Cafaggi Lemus



DIRECTOR DE TESIS:
Dr. Rodrigo Antonio Medellín Legorreta

Ciudad de México

2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1. Datos del Alumno
Cafaggi
Lemus
Daniela Adriana
55 44 99 70 48
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
310014186
2. Datos del Tutor
Dr.
Medellín
Legorreta
Rodrigo Antonio
3. Datos del Sinodal 1
Dr.
Ponce
Guevara
José Eduardo
4. Datos del Sinodal 2
Dr.
Arroyo
Cabrales
Joaquín
5. Datos del Sinodal 3
Dr.
Ortega
Reyes
Jorge
6. Datos del Sinodal 4
M. en C.
Pacheco
Coronel
Noé
7. Datos del trabajo escrito
Diversidad de murciélagos en cuatro zonas arqueológicas del estado de Yucatán:
Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal.
XX p.
2018



A los seres amados que ya no están aquí,

los llevo conmigo siempre



AGRADECIMIENTOS

"If I have seen further, it is by standing upon the shoulders of giants"

- Isaac Newton

A mis papás, por ser mis mejores ejemplos en la vida. Por todo su amor, por apoyarme y acompañarme siempre en cada una de mis ocurrencias. A ustedes y a mis hermanos Carlos y María por su cariño, comprensión y paciencia. Por aceptar y aguantar mi amor por la naturaleza, especialmente mi interés por los seres extraños, sé que vivir con un biólogo no es fácil.

A mis queridos amigos de la Facultad de Ciencias que me han acompañado y llenado aprendizajes y buenos momentos: Caro, Ginni, Ozzy, Lala, Aquino, Brandon y Diego.... Gracias! Espero esta amistad dure muchos muchos años!

A Alethia y Carlitos. No tienen una idea de cómo me ha ayudado todas sus enseñanzas para la realización de esta tesis, gracias a ustedes aprendí a planear, realizar y evaluar proyectos, a trabajar en equipo y a dirigir.

A mis amigos de la vida Sergio, Pao y Adrián. Por estar siempre presentes.

A mi amadísimo Ganesh, por ser mi novio, amigo, compañero, maestro y confidente. Gracias por acompañarme en esta aventura desde el inicio, y por tu ayuda en cada etapa. Por todos tus consejos, tus ideas, tus mil y un correcciones. Por enseñarme desde cómo redactar un correo, dirigirme a las personas y preparar mi material hasta cómo comportarme frente a mi equipo de trabajo. Me ayudaste a madurar y crecer profesional y personalmente. Gracias por tu paciencia, por las desveladas, las pláticas nocturnas. Por conocerme tanto y aún así amarme. Por encontrar siempre la forma de motivarme y hacerme reír a pesar de mis miedos e inseguridades. Gracias por todas las aventuras y la felicidad que me das todos los días. Este trabajo también es tuyo.

Al Dr. Rodrigo Medellín, por contagiarme de tu amor y curiosidad por los murciélagos. Por encaminarme y ayudarme a encontrar un proyecto que me llenara tanto y que pudiera mezclar todas mis pasiones. Gracias por tu confianza y apoyo, por abrirme las puertas, por siempre motivarme, enseñarme e inspirarme tanto. Gracias por ser más que mi tutor, mi amigo.

A todo el Laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados Terrestres, especialmente a mis amigos Daniel Ramos (Perú), Dani Z, Ale, Carol, Bego, Mark, Luis, Sarahit, Vania y Kevin. Y a mis vecinos de laboratorio Richo, Gina, Esteban, Danelly, Pao, Moni y Avril por hacer de mi lugar de trabajo el más divertido, gracias por su amistad.

A la National Geographic Society, por ayudarme a financiar este proyecto, pero sobre todo, por confiar en mí y ayudarme a seguir desarrollando mis pasiones y a compartir e inspirar mi amor y curiosidad por la naturaleza a otras personas.

Al Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) por permitirme trabajar en lugares tan hermosos. Especialmente gracias al delegado Eduardo López Calzada y a el Antrop. Eduardo Sigler Islas. A los directores de las zonas arqueológicas, la Lic. Pilar Ricardi, el Arqlgo. Marco Antonio Santos Ramírez, el Arqlgo. José Huchim Herrera y el Dr. Ilan Vit Suzan. Sin su ayuda esto no hubiera sido posible. Esperamos que este sea sólo uno de muchos nuevos proyectos interdisciplinarios que ayuden a vincular y difundir la cultura y la biodiversidad mexicana.

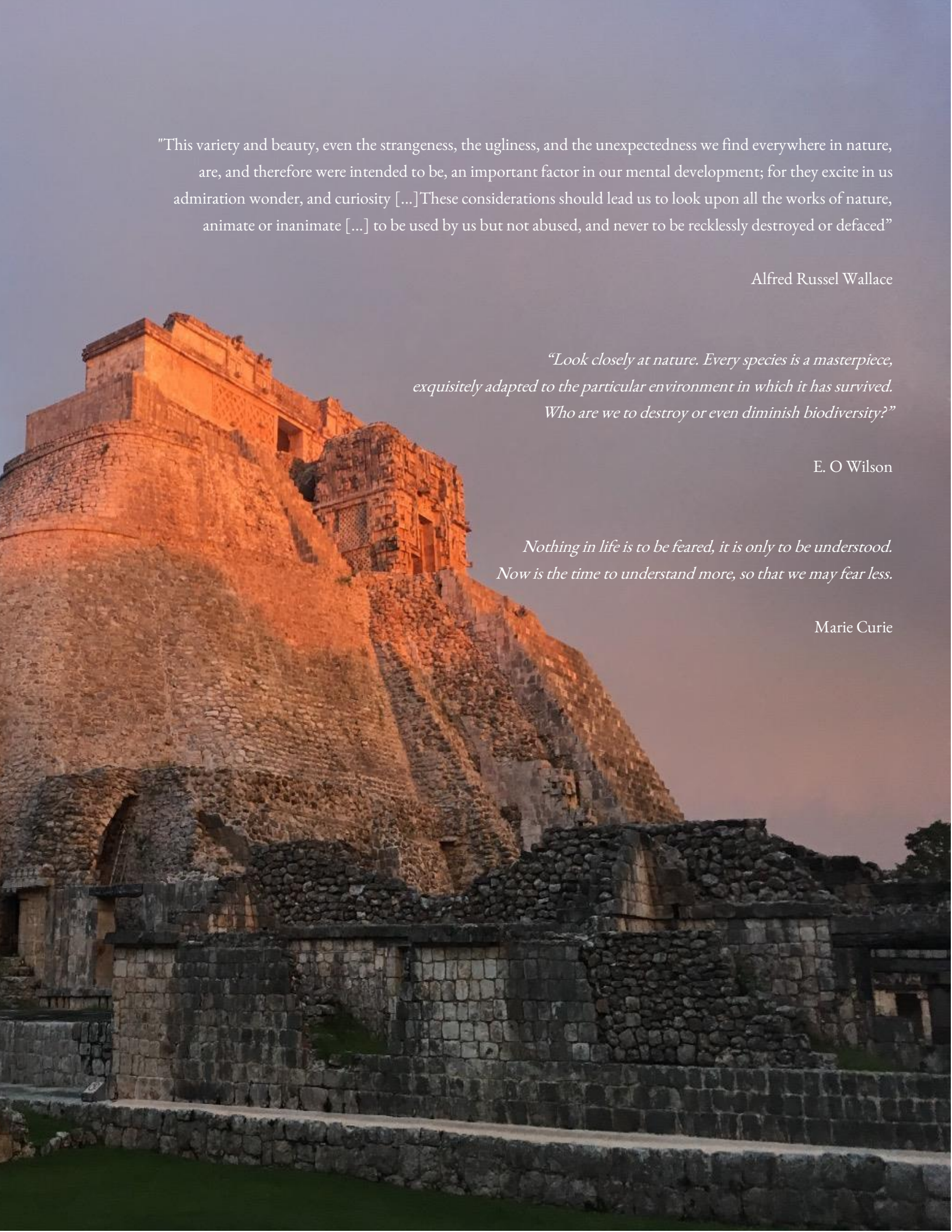
A todo el personal del INAH dentro de las zonas arqueológicas, por su confianza, y ayuda para realizar este proyecto. Gracias por abrirme las puertas no solo de su lugar de trabajo, si no también de sus familias. Gracias a Octavio, Arturo, Filiberto y al equipo de guías turísticos en Chichén Itzá. A Juan José en Uxmal. A Don Rodolfo, Don Manuel, Pedro, Herbert en Dzibilchaltún. A Felipe, su esposa Diana y su hijo Dominique por compartir el amor por los murciélagos en sus trabajos y escuelas. A Fernando Pool, Don Anacleto, Don Mauro y su esposa Doña Gaby, a Fernando Baas y a toda la familia del Cenote Xcanché en Ek'Balam. A la familia de Doña Zenaida, especialmente a Olivia por hacernos sentir como en casa durante nuestra estancia. A toda la comunidad del pueblo de Ek'Balam, especialmente a los niños de las escuelas Adolfo López Mateos y José Vasconcelos, al profesor maestros Martin y al director Gilmer por darnos la oportunidad de trabajar con ustedes. Gracias por las nuevas amistades y esos días tan divertidos de enseñanza y aprendizaje, sobre todo, gracias por seguir difundiendo el mensaje por la conservación de nuestras especies.

A mi equipo de trabajo en campo. A la Dra. Celia Selem Salas y a sus estudiantes Mónica de las Santos, Martha Chan y Elena Uribe. A Yeni Chontal, Enrique Soberanes, Sabine Cudney, Daniel Ramos, Camila Raven y Ganesh Marín. Gracias por toda su ayuda, y por hacer del trabajo de campo uno los momentos más divertidos de mi vida. Gracias por las risas, los sustos, el cansancio, las noches estrelladas, sus consejos y todo lo que aprendí de ustedes.

A Ginni Ku Kinil por ayudarme a traducir a maya los nombres de los murciélagos encontrados. Gracias a eso, esta información podrá llegar a más personas.

Gracias a los miembros de mi jurado: Dr. Rodrigo Medellín, Dr. Eduardo Ponce, Dr. Jorge Ortega, Dr. Joaquín Arroyo y M. en C. Noé Pacheco. Por sus valiosas observaciones y comentarios que enriquecieron este trabajo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias, por haberme formado como persona y como profesional, y por haberme regalado un lugar en el que pude desarrollarme y encontrarme.



"This variety and beauty, even the strangeness, the ugliness, and the unexpectedness we find everywhere in nature, are, and therefore were intended to be, an important factor in our mental development; for they excite in us admiration wonder, and curiosity [...] These considerations should lead us to look upon all the works of nature, animate or inanimate [...] to be used by us but not abused, and never to be recklessly destroyed or defaced"

Alfred Russel Wallace

"Look closely at nature. Every species is a masterpiece, exquisitely adapted to the particular environment in which it has survived. Who are we to destroy or even diminish biodiversity?"

E. O. Wilson

Nothing in life is to be feared, it is only to be understood. Now is the time to understand more, so that we may fear less.

Marie Curie

RESUMEN

Las zonas arqueológicas de la península de Yucatán en México son invaluable por su importancia histórica y cultural. Sin embargo, poco se sabe sobre la biodiversidad que mantienen y solo unos pocos estudios se han centrado en la vida silvestre que habita en ellos. En este trabajo identificamos y comparamos la diversidad de murciélagos en cuatro zonas arqueológicas en el estado de Yucatán: Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal. El trabajo de campo se dividió en 2 temporadas: secas y lluvias, muestreado durante seis días y seis noches para cada localidad por temporada. El muestreo se dividió en: 1) búsqueda activa de refugios durante el día y la noche, y 2) muestreos nocturnos utilizando redes de niebla. Se registraron seis familias y 23 especies de murciélagos, las cuales representan el 53% de la quiróptero fauna registrada en Yucatán. Dos de las especies encontradas están catalogadas como amenazadas en México. En total se registraron 56 refugios pertenecientes a 14 especies, la mayoría de los cuales se encontraban dentro de estructuras arqueológicas. No se encontraron diferencias en la riqueza de especies entre las zonas arqueológicas ni entre las temporadas. El recambio de especies mostró que las comunidades de las cuatro zonas arqueológicas fueron similares (1.61 comunidades equivalentes I.C. = 1.49 - 1.74). Sugerimos que la diversidad de murciélagos está relacionada con la complejidad y estructura de la vegetación circundante, y la presencia de cenotes. Nuestros resultados resaltan el papel de las zonas arqueológicas para el mantenimiento de los murciélagos y los servicios ecosistémicos que proporcionan, ya que ofrecen refugios artificiales que conceden ventajas como protección contra la intemperie y los depredadores. Además, la riqueza encontrada cada zona arqueológica fue igual o mayor que la de las áreas naturales protegidas en la región. Nuestros resultados enfatizan la necesidad de asegurar, reconocer e incluir a las zonas arqueológicas en los planes de conservación dado su papel como reservorios de importantes poblaciones y especies de murciélagos.

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
Importancia de los murciélagos	2
Control de plagas	2
Dispersión de semillas	3
Polinización.....	5
Otros servicios	6
Cultura.....	7
Refugios de murciélagos y su importancia	7
Refugios diurnos y nocturnos.....	8
Refugios naturales y artificiales	9
Las zonas arqueológicas como sitios de refugio	10
Fenología.....	10
JUSTIFICACIÓN	12
OBJETIVOS	13
HIPÓTESIS	14
MÉTODOS	15
Zona de estudio	15
Muestreo	20
Diversidad	22
RESULTADOS	24
Riqueza y descripción de refugios	26
Temporada de secas	26
Temporada de lluvias	34
Refugios.....	39
Familias y gremios.....	40
Diversidad	43
DISCUSIÓN	52
Riqueza y abundancia	52
Temporalidad.....	60

Refugios	64
Cenotes	68
Turismo	71
Servicios ecosistémicos en las zonas arqueológicas	73
Las zonas arqueológicas en la conservación de los murciélagos	81
RECOMENDACIONES	85
CONCLUSIONES	87
REFERENCIAS	89
ANEXOS	108
Anexo 1	108
Anexo 2	111
Anexo 3	113
Anexo 4	118



INTRODUCCIÓN

Los murciélagos han estado en la Tierra durante más de 52 millones de años, y durante este periodo se han diversificado en al menos 1,386 especies y 21 familias, haciéndolos el segundo orden de mamíferos con mayor número de especies después de los roedores (Simmons et al. 2008; Burgin et al. 2018). Estos mamíferos voladores se encuentran distribuidos en todo el mundo con excepción de las regiones polares, algunas islas oceánicas muy lejanas y en las cumbres montañas más altas (Nowak 1994; Ceballos y Oliva 2005). Pueden habitar en diferentes ecosistemas como los bosques boreales, pastizales, chaparrales, desiertos y zonas urbanas. Sin embargo, su abundancia y especiación es mayor en los hábitats tropicales y subtropicales (Nowak 1994).

Los murciélagos son el único orden de mamíferos voladores. Esto, aunado con sus hábitos nocturnos, les ha permitido desarrollar características morfológicas y conductuales únicas como la ecolocalización, con las que han logrado explotar recursos que son inaccesibles para otros mamíferos (Patterson et al. 2003). Ejemplo de ello es la gran cantidad de gremios tróficos en los que han podido diversificarse. Existen especies que se alimentan de insectos y otros artrópodos, especies que se alimentan de frutos, murciélagos que se alimentan del néctar y polen de las flores, especies carnívoras que se alimentan de pequeños vertebrados como ranas, lagartijas, aves e inclusive otros murciélagos, especies que se alimentan de peces y otras que se alimentan de sangre. (Medellín et al. 2008).

México, siendo un país megadiverso, es el 7° país con mayor número de especies de murciélagos, después de Indonesia con 219 especies (Bat Conservation International 2018), Colombia con 205 (Ramírez-Chaves. et al. 2016), Brasil con 178 (Nogueira et al. 2014), Ecuador con 171 (Tirira 2018), Venezuela con 165 (Sánchez y Lew 2012) y Perú con 165 (Pacheco et al. 2011). Las 140 especies presentes en México (González-Ruiz et al. 2011; Arroyo-Cabrales y Ceballos 2012; Baird et al. 2012) se distribuyen en 8 familias y representan el 10% del total de las especies que existen en el mundo, siendo 16 de ellas especies endémicas (Arroyo-Cabrales y Ceballos 2012).

La quiropterofauna del estado de Yucatán, con 43 especies registradas (Sosa-Escalante et al. 2014), representa cerca del 31% de las especies reconocidas para México y cuenta con representantes de todos los grupos tróficos. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de



Especies en Riesgo, siete especies con distribución potencial en el estado se encuentran en alguna categoría de riesgo (SEMARNAT 2010).

Importancia de los murciélagos

La gran diversidad en hábitos alimenticios de estos mamíferos y su adaptación a distintos ecosistemas ha generado que los murciélagos brinden valiosos beneficios para la economía y bienestar humano (Riviero 2016). Estos beneficios que obtenemos del buen funcionamiento de los ecosistemas son llamados “servicios ecosistémicos” (Kunz et al. 2011). Entre los servicios que brindan los murciélagos se encuentra el control de plagas de artrópodos (Cleveland et al. 2006a; Boyles et al. 2011), la dispersión de semillas (Muscarella y Fleming 2007), la polinización (Sazima 2008; Bumrungsri et al. 2009; Trejo-Salazar et al. 2016), y su papel como depredadores y presas de múltiples animales (Escalona-Segura et al. en prep.; Kasso & Balakrishnan 2013).

Control de plagas

El control de las poblaciones de insectos coloca a los murciélagos entre los grupos con mayor importancia ecológica y económica (Boyles et al. 2011; Kasso y Balakrishnan 2013) debido a que dos tercios del total de especies conocidas son insectívoras obligadas o facultativas (Kunz et al. 2011). Su papel como depredadores tiene efectos en la disminución de las poblaciones de insectos herbívoros y efectos indirectos sobre las comunidades vegetales al evitar la proliferación de plagas, especialmente en cultivos de importancia económica, ya que pueden consumir más del 25% de su peso en insectos cada noche (Kunz et al. 2011).

Algunos estudios han reportado que en sitios tropicales los insectos se encuentran más activos durante por la noche, probablemente para evitar el calor del día y escapar de los depredadores diurnos (Kalka y Kalko 2006), al grado de aumentar hasta cuatro veces el número de insectos que se alimentan de la vegetación durante la noche (Windsor 1978). Estos insectos pueden destruir aproximadamente el 20% de toda la producción anual de hojas (Leigh y Windsor 1982; Kalka y Kalko 2006), y afectar entre el 25-50% de los cultivos en todo el mundo (Kunz et al.



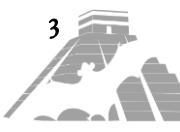
2011) por lo que los murciélagos insectívoros juegan un papel importante como controladores de plagas (Kalka et al. 2008; Gras et al. 2016).

En el estado de Yucatán se han reportado 34 especies de murciélagos insectívoros obligatorios (aproximadamente el 74% de la quiropteroфаuna del estado) y otros ocho que complementan otros tipos de dieta con insectos (Ceballos y Oliva 2005; Sosa-Escalante et al. 2013). Entre las presas más comunes se encuentran los coleópteros (escarabajos), dípteros (moscas y mosquitos), hemípteros (chinches), himenópteros (abejas, avispas y hormigas), isópteros (termitas), ortópteros (grillos) y lepidópteros (polillas) (Lacki et al. 2007). Entre los lepidópteros se destaca la familia Noctuidae, cuyas larvas son plaga de diversos cultivos (McCracken et al. 2008). Por ejemplo, el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), la oruga de la col o gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*), el gusano del tabaco (*Heliothis virescens*), y el gusano elotero o del algodón (*Helicoverpa zea*), el cual es una de las plagas agrícolas más destructivas en América (Cleveland et al. 2006a).

Respecto a su importancia como depredadores, se ha reportado que una sola colonia de 150 murciélagos morenos (*Eptesicus fuscus*) puede consumir cerca de 1.3 millones de insectos plaga cada año (Whitaker 1995), evitando la producción millones de larvas, como las del escarabajo *Diabrotica*, que es una plaga del maíz (Boyles et al. 2011). También, los más de 100 millones de murciélagos de cola libre (*Tadarida brasiliensis*) que se dispersan todas las noches el sur de Texas para alimentarse consumen enormes cantidades de insectos. Al reducir el daño al cultivo y el gasto en pesticidas, se estima que el valor del servicio de control de plagas proporcionado por estos murciélagos, únicamente para el cultivo del algodón, oscila entre 4.6 y 6.4 millones de dólares anualmente (Cleveland et al. 2006b; Boyles et al. 2011).

Dispersión de semillas

La dispersión de semillas afecta muchos aspectos clave de la biología vegetal como la estructura y composición de la vegetación, y la diversidad y dinámica de las comunidades de plantas (Russo et al. 2006). Muchos mamíferos tienen roles importantes en el mantenimiento de la estructura de los bosques tropicales y su regeneración mediante la dispersión de semillas (Medellin y Gaona 1999; Muscarella y Fleming 2007). Entre ellos, los murciélagos frugívoros son



considerados como importantes vectores por ser uno de los grupos más abundantes en los trópicos. Además, sus características biológicas y ecológicas como la capacidad para volar y desplazarse grandes distancias, de alimentarse de una amplia gama de sitios, el rápido paso de semillas a través de sus intestinos y una dieta que incluye frutos de especies pioneras, los destacan entre otros dispersores (Bernard y Fenton 2003; Kunz et al. 2011; Aguilar-Garavito et al. 2014).

Especies vegetales con frutos o infrutescencias que presentan múltiples y pequeñas semillas (e.g. Cactaceae, Moraceae, Piperaceae, Solanaceae, Cecropiaceae) son ingeridas y dispersadas en las heces de los murciélagos. Frutos con semillas grandes que no pueden ser ingeridas (e.g. Arecaceae, Sapotaceae, Combretaceae) son transportadas y luego caen bajo los refugios de alimentación de los murciélagos después de que estos extraen la pulpa (Lobova y Mori 2004; Teixeira et al. 2009). De esta manera se promueve la deposición de semillas a largas distancias y en sitios nuevos y alejados de los árboles parentales, así como la introducción de nuevas especies de plantas (Muscarella y Fleming 2007; Rodríguez-Herrera et al. 2007). Por otro lado, la alta persistencia de los murciélagos frugívoros en sitios mediana y altamente perturbados fomenta la regeneración de zonas deterioradas o fragmentadas, e influye en los procesos iniciales de la sucesión ecológica forestal (Galindo-González et al. 2000; Muscarella y Fleming 2007; Kunz et al. 2011). Además, se ha demostrado que la manipulación o el paso de algunas semilla a través del sistema digestivo de los murciélagos aumenta su probabilidad de germinación (Stoner y Henry 2011; Oliveira et al. 2018).

En el estado de Yucatán se han reportado nueve especies de murciélagos frugívoros obligados y seis especies que complementan su dieta con frutos (Ceballos y Oliva 2005; Sosa-Escalante et al. 2013). Tan sólo en los trópicos de América se ha registrado que estos mamíferos se alimentan de al menos 549 especies de plantas pertenecientes a 191 géneros y 62 familias (Kunz et al. 2011)., donde los géneros mayormente distribuidos son *Cecropia*, *Ficus*, *Vismia*, *Solanum*, *Piper*, *Spondias*, *Calophyllum*, *Otoba* y *Quararibea* (Melo et al. 2009; Teixeira et al. 2009).



Polinización

Las flores de muchas plantas se abren únicamente por la noche, producen olores especiales y están mecánicamente adaptadas para facilitar su polinización por parte de los murciélagos, lo cual es conocido como síndrome floral quiropterofílico (Baker 1961). Únicamente en los trópicos de América existen alrededor de 360 especies de plantas polinizadas por estos animales (Kunz et al. 2011). En estos lugares, los murciélagos visitantes de flores son miembros de la familia Phyllostomidae, en donde las subfamilias Phyllostominae y Glossophaginae son las más especializadas en el consumo de néctar y polen (VonHelversen y Winter 2003; Fleming et al. 2005). Al alimentarse del néctar los murciélagos brindan servicios ecosistémicos valiosos mediante la dispersión del polen y, por lo tanto, ayudando a mantener la diversidad genética de las plantas.

Los murciélagos tienen una gran efectividad como polinizadores debido a que: 1) tienen una mayor tasa energética, 2) pueden transportar mayores cantidades de polen y por distancias más grandes, 3) viven más tiempo y 4) tienen capacidades cognitivas más sofisticadas (Muchhala 2006; Fleming et al. 2009). En el continente americano las principales familias de plantas polinizadas por los murciélagos son: Cactaceae, Fabaceae, Malvaceae, Solanaceae, Bignoniaceae, Bromeliaceae y Gesneriaceae (Kunz et al. 2011). Por ejemplo, en los ecosistemas áridos del continente americano las familias Agavaceae y Cactaceae dependen en gran medida de la polinización por los murciélagos. Especialmente los murciélagos del género *Leptonycteris* polinizan diferentes especies de agaves, los cuales son la fuente principal de bebidas de importancia comercial y cultural para el país como el tequila, el mezcal y el pulque (Riviero 2016; Trejo-Salazar et al. 2016).

En el estado de Yucatán la única especie catalogada como nectarívora es *Glossophaga soricina*, sin embargo existen otras seis especies que complementan su dieta de esta manera (Ceballos y Oliva 2005).



Otros servicios

Además de los servicios descritos anteriormente, los murciélagos brindan beneficios ecológicos y económicos a través de sus excretas también llamadas “guano”. El guano se acumula en el suelo de las cuevas debajo de las poblaciones de murciélagos brindando un importante aporte orgánico primario a los ecosistemas cavernícolas y proporcionando nutrientes esenciales para abastecer a las comunidades de invertebrados, hongos y bacterias (Hutchinson 1950; Gnaspini, P., & Trajano 2000; Medellín et al. 2017). Debido a lo anterior, la extracción del guano de especies insectívoras y su utilización como fertilizante en cultivos agrícolas, se convirtió en una práctica común por las altas concentraciones de nitrógeno, fósforo (principales nutrientes limitantes de las plantas) y otros micronutrientes que contiene (Hutchinson 1950; Kunz et al. 2011). Además, ya que los quirópteros experimentan una digestión rápida durante el vuelo y forrajean por largas distancias, se piensa que el guano rociado sobre el paisaje durante la noche contribuye a la redistribución de nutrientes (Kunz et al. 2011). Por ejemplo, se estima que una colonia de un millón de murciélagos de cola libre (*Tadarida brasiliensis*) contribuye con 3,600,000 kJ/día de energía y 22,000 g de nitrógeno en forma de guano cada noche (Reichard 2010).

Por otro lado, los refugios que albergan grandes colonias de murciélagos pueden ser sujetas a aprovechamiento no extractivo, por ejemplo, los espectáculos para el ecoturismo. Tal es el caso de los refugios del murciélago de cola libre (*Tadarida brasiliensis*) en el sureste de Estados Unidos, donde el Parque Nacional de las Cavernas de Carlsbad recauda alrededor de 3,400,000 dólares anualmente (Wiederholt et al. 2014; Medellín et al. 2017). En México, la cueva conocida como “El Volcán de los Murciélagos” ubicada en el Municipio de Calakmul, Campeche, alberga a una de las poblaciones de murciélagos más grandes del neotrópico y representa uno de los principales atractivos naturales para observar la salida de los murciélagos al atardecer (Pozo y Calmé 2004; Vargas-Contreras et al. 2012). Sin embargo, aún no se sabe la cantidad monetaria que recaudan las visitas al sitio (Pozo y Calmé 2004).

Los murciélagos también han sido utilizados en investigaciones epidemiológicas (Messenger et al. 2002; Leroy et al. 2005; Pourrut et al. 2009) y en el desarrollo de medicamentos antitrombóticos como el obtenido a partir del compuesto activador del plasminógeno



desmoteplasa encontrado en la saliva del murciélago vampiro común, *Desmodus rotundus* (Hawke 1966; Schleuning 2001; Ma et al. 2013).

Cultura

Los mitos sobre los murciélagos se encuentran en muchas culturas humanas en donde han tenido diferentes roles. Por ejemplo, en las culturas occidentales, principalmente en la Edad Media, estos animales fueron relacionados con seres oscuros y malvados como brujas, demonios y el legendario Drácula de Transilvania. Escritos de William Shakespeare, Robert Louis Stevenson entre otros, también contribuyeron a las leyendas que infunden miedo en las personas, pues asocian a los murciélagos con cementerios, muerte, fantasmas y duendes (Kunz 1984; Muñoz 2006; Navarro 2015). En contraste, para algunas culturas orientales, especialmente las que prevalecieron durante la dinastía Qing media y tardía en China, los quirópteros se consideraron símbolos de buena fortuna y se relacionaron con la larga vida, la salud, la riqueza, la virtud y la serenidad de la mente (Kunz 1984; Navarro 2015). Por otro lado, para muchas civilizaciones precolombinas en América Central, los murciélagos eran animales importantes que fueron vinculados con dioses. En México, el culto hacia ellos se remonta al menos 500 años a.C., donde su imagen sirvió para dar nombre a periodos calendáricos y poblaciones (Muñoz 2006).

Refugios de murciélagos y su importancia

La gran diversidad en los murciélagos también puede observarse en su capacidad para ocupar diversos espacios. El vuelo ha permitido a estos animales la exploración y explotación de múltiples ambientes, situación que no es posible para muchos otros vertebrados (Kunz 1982). Esto se refleja directamente en la variedad de refugios, tanto naturales como creados por el ser humano, en los que pueden encontrarse (Kunz 1982).

La importancia de los refugios radica en que los murciélagos pasan más de la mitad de sus vidas en ellos (Kunz 1982). Estos lugares pueden definirse como los espacios que les brindan condiciones propicias para cumplir funciones biológicas, pues los proveen de sitios de protección contra el clima y los depredadores. Además, brindan lugar para el descanso, la hibernación, la



digestión de la comida, el apareamiento y la crianza, sin mencionar que es aquí donde se realizan muchas interacciones sociales (Kunz 1982; Rodríguez-Herrera et al. 2007; Díaz y Linares 2012). Los refugios son tan importantes para estos mamíferos que muchas de sus características morfológicas, psicológicas y de comportamiento parecen ser adaptaciones hacia sus refugios, e.g. cráneos aplanados, discos de succión en muñecas, patrones crípticos, torpor y conductas de agrupamiento (Aguirre et al. 2003; Kunz y Lumsden 2003).

La selección del refugio es una elección sumamente importante que puede estar influenciada por factores como las condiciones físicas del lugar: la temperatura, la humedad y el relieve, así como la cantidad de refugios disponibles, la disponibilidad de alimento, el riesgo de depredación y las características físicas y sociales de cada especie (Kunz 1982; Aguirre et al. 2003; Kunz y Lumsden 2003; Díaz y Linares 2012). Los refugios pueden clasificarse de muchas maneras, por el horario o temporada de uso, las actividades que se realizan en él, si son temporales o permanentes, o si son naturales o artificiales (Kunz 1982).

Refugios diurnos y nocturnos

Respecto a las diferencias en el uso temporal de los refugios, se pueden dividir en diurnos y nocturnos. Los primeros son usados principalmente para el descanso y socialización (e.g. acicalamiento, apareamiento y enseñanza de vuelo de las crías) (Kunz 1982). Los refugios nocturnos son utilizados para el descanso en menor proporción, el consumo y digestión de los alimentos transportados, como lugares de espera para cazar y sitios de llamado para los *leks*, que son agregaciones de machos que se exhiben sexualmente para ser elegidos por las hembras receptoras (Toth & Parsons, 2013). Además, ofrecen protección de los depredadores y funcionan como centros para la transferencia de información sobre los sitios de alimentación (Kunz y Lumsden 2003). Por lo general, los murciélagos son más oportunistas en cuanto a la selección de refugios nocturnos. Aunque el factor principal para su elección suele ser la cercanía a sus áreas de alimentación porque reduce el costo energético de desplazamiento y la posibilidad de ser depredados (Kunz 1982). Durante la noche los murciélagos han adoptado patrones de caza o actividad que les ayudan a minimizar el gasto de energía. El número, el momento y el tiempo de estos descansos nocturnos varían según la especie, la duración de la noche, fase lunar, condición



reproductiva, disponibilidad de alimento, temperatura, tiempo de digestión e interacciones sociales (Kunz 1982).

Refugios naturales y artificiales

Los principales refugios naturales en los trópicos suelen ser plantas o partes de ellas. Se sabe que más de la mitad de las especies de murciélagos conocidas utiliza estos sitios, incluyendo el follaje, hojas modificadas (tiendas), troncos huecos, cavidades debajo de árboles caídos e incluso entre ramas y hojas. Aunque también se utilizan cuevas, grietas y los nidos de aves, hormigas y termitas (Kunz y Lumsden 2003; Simmons 2005).

Los refugios artificiales están vinculados a construcciones humanas (Rodríguez-Herrera et al. 2007; Díaz y Linares 2012). Muchos murciélagos se han adaptado exitosamente a una gran variedad de estructuras construidas por el hombre como sustitutos de refugios naturales como iglesias, minas, edificios, tejas de techos, alcantarillas, túneles, tumbas, pozos y ruinas arqueológicas (Kunz 1982; Kunz y Lumsden 2003; Lausen y Barclay 2006). Los techos corrugados, las tejas, vigas de madera, persianas y chimeneas, ofrecen una gran diversidad de posibilidades para que una o varias especies puedan vivir dentro, ofreciendo una opción cuando los refugios naturales no se encuentran disponibles (Gaisler 1963; Kunz 1982). Se ha propuesto que las construcciones humanas les han permitido a algunas especies incrementar su abundancia y expandir su distribución (Davis et al. 1962; Fenton 1970; Kunz 1982). Entre los beneficios que se han descrito para los refugios artificiales, más específicamente hablando de edificios, se encuentran: ofrecer permanencia relativa, protección contra la intemperie, mantener microclimas estables, reducir los riesgos de depredación y reducir las cargas parasitarias (Kunz 1982; Lausen y Barclay 2006). Respecto a la temperatura, en las zonas tropicales las construcciones humanas tienen la ventaja de permanecer frescas, mientras que en las zonas frías mantienen el calor. Lo que los hace sitios preferidos de maternidad, pues el microclima más cálido reduce el costo energético de termorregulación en las hembras, lo que se ha asociado con ventajas en reproductivas (Lausen y Barclay 2003). Además de que las crías jóvenes que aprenden a volar corren menos riesgo de ser depredadas (Lausen y Barclay 2006).



Las zonas arqueológicas como sitios de refugio

México es considerado uno de los cinco países con mayor riqueza cultural. Cuenta con 187 zonas arqueológicas abiertas al público, de las cuales, más de cincuenta se ubican en el territorio de la ancestral cultura Maya, donde 17 de ellas se encuentran en el estado de Yucatán (INAH 2018). De este alto número de sitios sujetos a protección, poco se sabe acerca de la diversidad biológica que mantienen debido a que los objetivos de investigación respecto al tema han sido mayormente arqueológicos (Estrella et al. 2014). Tal es el caso de la recuperación de restos óseos de murciélagos en Loltún y en el cenote sagrado de Chichén Itzá (Álvarez 1976; Arroyo-Cabrales y Alvarez 1990), Mientras que pocos trabajos se han enfocado a estudiar la ecología de la fauna habitante. Entre estos, destacan trabajos con murciélagos (Ortega et al. 2010; Bucci et al. 2011; Estrella et al. 2014) y aves (MacKinnon 2005; Scott y Martin 2009).

Aunque la presencia de murciélagos en estos sitios es conocida desde hace tiempo (Allen y Chapman 1897; Miller 1902; Hatt 1938; Villa 1966; Arita 1996), fue hasta recientemente que algunos autores han propuesto que las zonas arqueológicas puede ser valiosas para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad, como es el caso de la Reserva de la Biósfera de Calakmul (Arroyo et al. 2011; Avila-Torresagatón et al. 2012; Estrella et al. 2014).

Fenología

En los trópicos las condiciones climáticas son relativamente estables durante el año (Ramos et al. 2010). Sin embargo, los cambios estacionales son considerables en cuanto a la variación en la disponibilidad de recursos, por lo que algunos murciélagos se ven obligados a hacer ajustes en su estrategia de forrajeo para hacerles frente (Ramos et al. 2010; de la Peña-Cuéllar et al. 2015). Estos cambios son ocasionados principalmente por las fluctuaciones en la precipitación, y determinan la fenología de fructificación y floración de muchas plantas (Bonaccorso 1979; Klingbeil y Willig 2010; Ramos et al. 2010; García-García y Santos-Moreno 2014). El patrón fenológico de recursos a su vez determina la composición de especies de murciélagos en un área específica (Henry et al. 2007; Muscarella y Fleming 2007; Ramos et al. 2010). Durante la temporada de lluvias, la productividad primaria es mayor, pues aumenta la fructificación y la abundancia de insectos (Heithaus et al. 1975; Bonaccorso 1979; Klingbeil y Willig 2010; Rothenwöhler et al. 2011), dando



lugar a una mayor cantidad y calidad de recursos alimentarios para los murciélagos, lo que lleva a poblaciones más grandes y más estables que en otras épocas del año (Medellín 1993; Mello 2009; Pech-Canche et al. 2011). Sin embargo, este patrón puede variar entre las especies, los gremios tróficos, los años y las estaciones. Por ejemplo, las especies que dependen de recursos que cambian con el tiempo pueden estar ausentes en un sitio determinado durante ciertas temporadas o años de baja disponibilidad, mientras que algunas otras especies que dependen de alimentos más permanentes como insectos aéreos pueden estar presentes todos los años. (Bonaccorso 1979; Aguirre et al. 2003). A nivel de gremio, cuando las flores florecen al final de la estación seca, a menudo hay una mayor proporción de murciélagos nectarívoros que aprovechan la disponibilidad estacional de este recurso (Heithaus et al. 1975; Pech-Canche et al. 2011).



JUSTIFICACIÓN

Además de su relevancia histórica y cultural, muchas zonas arqueológicas, por su tamaño, posición geográfica, su cercanía a áreas con cobertura forestal y la restricción de uso de suelo, son susceptibles para la conservación de muchas especies de plantas y animales (Estrella et al. 2014). Pese a esto, existe poca planeación conjunta entre las dependencias gubernamentales encargadas de la protección de los bienes naturales (e.g. CONANP, SEMARNAT, CONAGUA) y de aquellas a las que concierne la protección de los bienes culturales (e.g. INAH, Secretarías de Cultura estatales) (INAH 2012). Por lo que el potencial de las zonas arqueológicas en la conservación de la biodiversidad ha sido poco explorado (Estrella et al. 2014). Por ello, la realización de un adecuado inventario de especies en las zonas arqueológicas es el primer paso y la base para el conocimiento de la biodiversidad en estos sitios.

Por otro lado, México está considerado entre los países con mayor biodiversidad de murciélagos. Sin embargo, según la Norma Oficial Mexicana, 21 especies se encuentran en alguna categoría de riesgo a nivel nacional (SEMARNAT 2010), lo cual resalta la urgente necesidad de buscar nuevas estrategias para la conservación de los murciélagos en el país.



OBJETIVOS

Objetivo General:

Caracterizar la diversidad de especies de murciélagos en las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal en el estado de Yucatán.

Objetivos Particulares:

- 1) Generar un listado de las especies de murciélagos en cada zona arqueológica.
- 2) Determinar el estado de conservación de las especies presentes.
- 3) Comparar la diversidad de murciélagos entre las cuatro zonas arqueológicas.
- 4) Comparar la diversidad de murciélagos residentes entre las temporadas de lluvias y secas.



HIPÓTESIS

A continuación se presentan las hipótesis que guían este trabajo y las predicciones que de ellas derivan.

Entre zonas

Hipótesis 1: La presencia de cuerpos de agua, como los cenotes, permiten una mayor heterogeneidad en el paisaje que favorece la riqueza de especies de murciélagos.

Predicción: La riqueza de especies será mayor en las zonas arqueológicas que tengan cuerpos de agua en comparación con aquellas que no tengan.

Hipótesis 2: El disturbio humano, asociado al número de turistas, reduce la diversidad de murciélagos.

Predicción: La riqueza de especies es menor en zonas arqueológicas con mayor número de turistas por año.

Entre temporadas

Hipótesis 3: Debido al aumento en la disponibilidad de recursos alimentarios como frutos e insectos, la temporada de lluvia favorecerá una mayor diversidad de especies de murciélagos.

Predicción: La riqueza y la abundancia de murciélagos serán mayores en la temporada de lluvias en comparación con la temporada de secas en las zonas arqueológicas.



MÉTODOS

Zona de estudio

El estado de Yucatán se localiza en el sureste del país y cuenta con una extensión territorial de 39,524 km². Al norte colinda con el Golfo de México, al este con el estado de Quintana Roo, al sur con los estados de Campeche y Quintana Roo y al oeste con el Golfo de México y Campeche (Figura 1) (INEGI 2016a). Yucatán se caracteriza por la poca existencia de suelo, el cual se compone en su mayor parte de sedimentos calcáreos del periodo Terciario. La falta de arcilla ha provocado que el agua se infiltre formando un relieve cárstico (Comisión Nacional del Agua 1997), generando sistemas acuáticos subterráneos con formaciones de grutas y cenotes (Graniel y García 2010). La mayor parte del territorio está compuesto por llanuras, teniendo su máxima elevación en el Cerro Benito Juárez con 210 m.s.n.m, seguido por el Cerro Cordón Puc con 150 m.s.n.m. (INEGI 2016a). En cuanto a las condiciones climáticas, el 86% del territorio presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en el verano A(w). Dentro del territorio restante, el 13% es semiseco muy cálido y cálido BSi(h') y el 1% seco muy cálido y cálido BS(h'). El promedio de las temperaturas anuales en el estado varían entre los 25°C a los 35°C con precipitaciones anuales promedio alrededor de 902 mm, siendo de junio a octubre los meses de mayor precipitación (INEGI 2016a).

La mayor parte del estado de Yucatán está cubierta por selva estacionalmente seca: selva baja caducifolia espinosa, selva baja caducifolia, selva mediana subcaducifolia, selva inundable y vegetación secundaria. Aunque también encontramos bosques subperennifolios, sabanas y enclaves de vegetación húmeda asociados con cenotes, petenes y aguadas. Cerca de las costas se desarrolla vegetación halófila típica, manglares, matorrales y dunas costeras (Flores-Guido 1994; Durán y García 2011; Ancona 2012).



Zonas arqueológicas

Para este estudio, en conjunto con el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), se seleccionaron cuatro zonas arqueológicas. Se consideraron aquellas zonas con la presencia conocida de murciélagos y que tuvieran lugares con potencial de uso por los animales, tales como grutas, cuerpos de agua, estructuras subterráneas y cámaras o galerías. Lo anterior fue obtenido con base en revisiones bibliográficas, testimonios de los arqueólogos y personal del INAH. También se consideró la afluencia de los visitantes, evaluando la frecuencia del turismo y de visitas escolares al sitio. Por último, el número de personal, los recursos disponibles y la preservación de la arquitectura también fueron considerados. Las zonas arqueológicas que cumplieron estos criterios fueron Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal. A continuación se describen las características propias de cada sitio en relación con el estudio.

Tabla 1. Aspectos geográficos para las cuatro zonas arqueológicas: Chichén Itzá (Chi), Dzibilchaltún (Dzi), Ek'Balam (EkB) y Uxmal (Ux). Datos tomados del Anuario Estadístico y geográfico de Yucatán 2016 (INEGI 2016b, 2017).

Zona arqueológica	Topoformas	Clima ¹	Precipitación (mm)	Vegetación	Visita turística anual (2016)
Chi	Llanura	Aw1 (x') (i') g	1000-1200	Selva mediana subcaducifolia	2,000,000 personas
Dzi	Llanura	BS1 (h') w i	800-1000	Selva baja caducifolia, acahuales y henequenales	132,000 personas
EkB	Llanura	Aw1 (x') (i') g	1200-1500	Selva mediana subcaducifolia	160,000 personas
Ux	Sierra	Awo (x') (i') g	800-1000	Selva baja caducifolia	200,000 personas



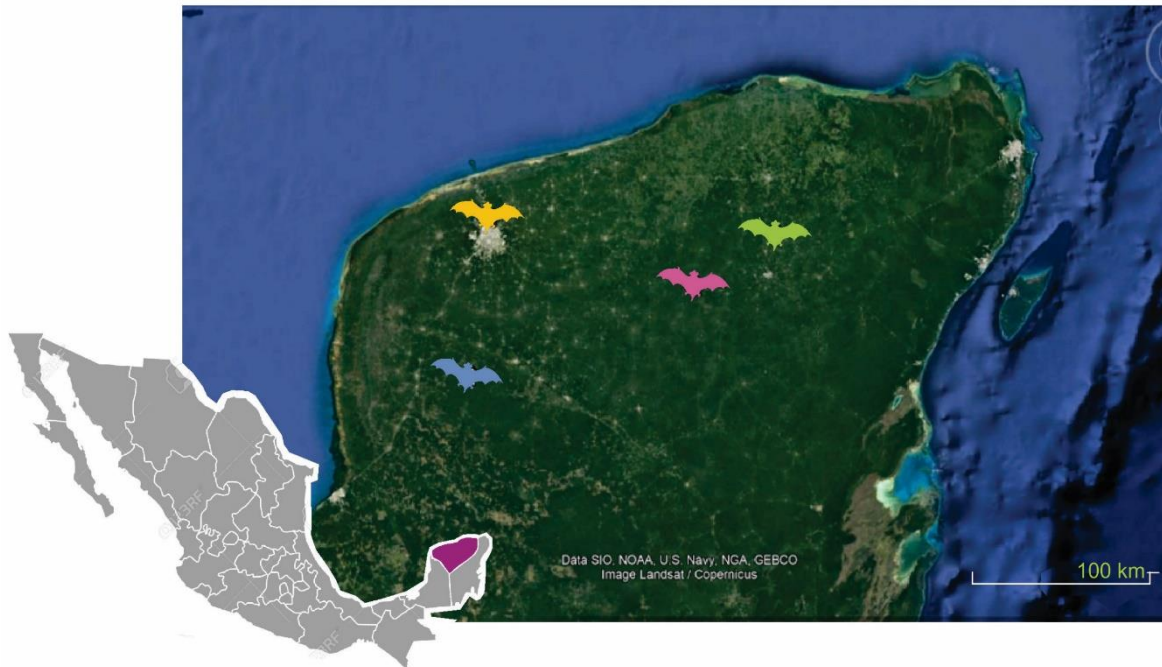


Figura 1. Ubicación de las zonas arqueológicas estudiadas: Chichén Itzá (rosa), Dzibilchaltún (amarillo), Ek'Balam (verde) y Uxmal (azul). Imagen obtenida de Google Earth.

Chichén Itzá

Chichén Itzá, cuyo nombre significa “ciudad al borde del pozo de los Itzáes” o “boca del pozo del brujo de agua” (INAH 2018), es reconocida en 1988 por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad y en 2007 como una de las Siete Maravillas del Mundo Moderno. Esta zona arqueológica se localiza en el centro del estado en el poblado de Pisté, municipio de Tinum. Los pueblos más cercanos son Pisté a 2 km, y Xcalacoop a 5 km. La zona arqueológica cuenta con 15 km², donde la vegetación dominante en el sitio es de selva mediana subcaducifolia con árboles que alcanzan hasta los 25 metros de altura (Flores y Espejel 1994). El uso de suelo está destinado a la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos, artísticos e históricos (SEGOB 1988; Secretaría de Servicios Parlamentarios 2018). De martes a domingo y durante todo el año se realizan espectáculos nocturnos que involucran luz, sonido y la entrada de turistas a la zona durante el crepúsculo y hasta el anochecer. El espectáculo se realiza en verano de 20:00 a 21:00 horas y en invierno de 19:00 a 20:00 horas.



La zona arqueológica cuenta con dos cuerpos de agua, el Cenote Sagrado y el cenote Xtoloc. El primero se ubica al final de La Calzada, mide 60 metros de diámetro, su máxima profundidad es de 13,5 m y el agua se encuentra a 22 m de la superficie del terreno (Cobos 2008). El cenote Xtoloc tiene 14 m del nivel del suelo al espejo de agua.

Dzibilchaltún

La zona arqueológica de Dzibilchaltún, cuyo nombre significa “lugar donde hay escritura en las piedras planas” (INAH 2018), se encuentra dentro del Parque Nacional Dzibilchaltún en el municipio de Mérida. Los pueblos más cercanos son Dzibilchaltún a 0.5 km al norte, Chablecal a 0.7 km al este, Xcantún a 3 km al oeste y la ciudad de Mérida a 15 km al sur. Además, el Club de Golf la Ceiba se encuentra a 1.6 km al oeste de la zona arqueológica y el Yucatán Country Club a 2.5 km al norte. La zona arqueológica abarca 20 km², en donde se localizan unas 8,400 estructuras (SEDUMA 2011). La vegetación predominante es la selva baja caducifolia, acahuals y henequenales (SEDUMA 2011). Dentro del parque, el uso del suelo se encuentra dividido para la realización de diversas actividades como pastoreo, agricultura, obtención de leña y productos vegetales, como lugar turístico, así como de investigación arqueológica y biológica (SEDUMA 2011).

Actualmente el área destinada al turismo arqueológico es de 16 km², en donde se distinguen principalmente siete estructuras y un cenote (SEDUMA 2011). El cenote X'lacah (“pueblo viejo”) tiene una profundidad de 0.5 m en su extremo oriental y de 45 m en el occidental, abarcando 60 m², tiene forma de elipse y cuenta con escasa vegetación alrededor (SEDUMA 2011; INAH 2018).

Ek'Balam

La zona arqueológica de Ek'Balam, cuyo nombre significa “jaguar negro” o “lucero jaguar” (INAH 2018), se encuentra en la parte centro-oriental de Yucatán, en el municipio Tzucacab. Los pueblos más cercanos son Ek'Balam a 1 km al oeste y Hunukú a 6 km al sureste. Cuenta con una superficie de 12 km² (Meehan-Hermanson y Alonso-Olvera s/f), pero las estructuras más importantes se encuentran en un recinto central amurallado que abarca únicamente 125 m². El



uso de suelo está destinado a la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos (SEGOB 1988; Secretaría de Servicios Parlamentarios 2018).

La zona turística cuenta con seis estructuras arquitectónicas entre las que destaca la Acrópolis, que es el edificio más grande (160 m de largo por 70 m de ancho y 31 m de altura) y en el cual existen gran cantidad de cuartos abovedados en diferentes niveles y comunicados por pasadizos (Gobierno del Estado de Yucatán s/f). Ek'Balam se encuentra cerca de dos cenotes a una distancia entre 1.5 y 2 km. El cenote X-Canché es el más cercano y es parte de un espacio turístico conectado a la zona. Este cenote mide 35 m de diámetro y 17 m del nivel del suelo al espejo de agua donde se han instalado dos escaleras y tres puentes cercanos al nivel del agua, además cruza una tirolesa de extremo a extremo.

Uxmal

Esta zona arqueológica fue reconocida en 1996 a nivel internacional por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad, se encuentra en el Municipio de Santa Elena, al suroeste del estado. Los pueblos más cercanos son Lázaro Cárdenas a 5 km al norte y Santa Elena a 12 km al sureste. Desde el punto de vista arqueológico, se encuentra dentro de la región conocida como Puuc, que es la zona montañosa del estado. La zona arqueológica se encuentra cubierta en su mayor parte por selva baja caducifolia y selva inundable, aunque también existe selva mediana subcaducifolia y vegetación de hidrófitos en menor proporción (Ancona 2012). La zona núcleo o turística es un área manejada en donde la vegetación en su mayor parte es ornamental, entre la que destacan diversos árboles frutales (Ancona 2012). El uso de suelo está destinado a la investigación, protección, conservación, restauración y recuperación de los monumentos arqueológicos (SEGOB 1988; Secretaría de Servicios Parlamentarios 2018). De martes a domingo y durante todo el año se realizan espectáculos nocturnos que involucran luz, sonido y la entrada de turistas a la zona durante el crepúsculo y hasta el anochecer. El espectáculo se realiza en verano de 20:00 a 21:00 horas y en invierno de 19:00 a 20:00 horas.

La zona núcleo está conformado por 15 grupos de edificios en una extensión de aproximadamente 2 km² (Gobierno del Estado de Yucatán s/f). A pesar de que es la única zona



arqueológica que no cuenta con un cenote, dentro de sus límites se encuentran tres aguadas (Ancona 2012).

Muestreo

En el estado de Yucatán anualmente se presentan tres temporadas climáticas: la temporada de secas (marzo a mayo), la de lluvias (junio a octubre) y la de nortes (noviembre a febrero). Con la finalidad de tener representada la quiropteroфаuna durante la mayor parte del año, se cubrieron dos temporadas de trabajo: del 15 de diciembre 2016 al 11 de enero 2017 (secas) y del 12 de julio al 7 de agosto de 2017 (lluvias). Las capturas se hicieron durante seis días y seis noches para cada localidad por temporada. Ya que el propósito de este trabajo fue realizar un inventario de la quiropteroфаuna de cada zona arqueológica, el muestreo se dividió en dos partes: muestreo nocturno con redes de niebla y la búsqueda de refugios.

Muestreo nocturno

Para el muestreo nocturno se utilizaron cinco redes de niebla: una red de 6 x 2.5 m, dos redes de 9 x 2.5 m y dos redes de 12 x 2.5 m. Las redes fueron colocadas durante seis noches en cada localidad en cada temporada. Las redes se ubicaron en sitios previamente seleccionados como óptimos para la captura de murciélagos, tales como corredores de vuelo, claros entre la vegetación, sitios cercanos las estructuras arqueológicas y cuerpos de agua (cenotes), así como en sitios cercanos a plantas en fructificación y floración (Simmons y Voss 1998; Rydell et al. 2002; MacSwiney et al. 2007). Todas las redes se colocaron a nivel de sotobosque y permanecieron abiertas durante seis horas a partir del crepúsculo. Se revisaron las redes cada 20 minutos, evitando en lo posible trabajar en luna llena (Morrison 1978; Lang et al. 2006) y colocar las redes en el mismo lugar por varias noches consecutivas (Winhold y Kurta 2008; Kunz y Stuart 2009). Los individuos capturados se identificaron mediante guías especializadas (Medellín et al. 2008) y se liberaron en el mismo sitio de la captura.

Para la colecta de datos se elaboraron planillas estandarizadas en donde se registró el sitio de muestreo, la fecha, la hora, la fase lunar, las condiciones atmosféricas y el número de red. Las



variables biológicas obtenidas de los murciélagos capturados fueron: el sexo, determinado mediante la observación de gónadas; el estado de desarrollo, determinado mediante la observación de la osificación de falanges, clasificados como subadultos y adultos; la condición reproductiva, determinada para machos mediante la observación de los testículos escrotados o inguinales, mientras que las hembras se determinaron como preñadas, lactando (presencia de mamas hinchadas con producción de leche), post lactando (presencia de mamas hinchadas sin secreción de leche) o inactivas. Además, se obtuvieron medidas somáticas estándar como la longitud total, la longitud de la cola y la longitud del antebrazo derecho.

El esfuerzo de muestreo se calculó siguiendo la metodología propuesta por Medellín y modificada por López y colaboradores (Medellín 1993; López et al. 2009), en donde se multiplica el largo por el ancho de las redes de niebla, por el número de redes empleadas, por el número de horas abiertas, por el número de noches, por el número de sitios.

Búsqueda de refugios

Diariamente se hicieron recorridos diurnos y nocturnos para la búsqueda de murciélagos o evidencias de su presencia (e.g. excretas, restos de alimento). Los recorridos durante la noche se realizaron entre las revisiones de las redes y al finalizar el muestreo, y durante el día se hicieron a partir de las 10 de la mañana. Se revisó dentro de todas las estructuras arqueológicas, saskaberas (del maya Sahkab, ‘tierra blanca’, que son lugares de extracción de materiales para la construcción, los cuales, después de ser explotados quedaron como cuevas artificiales de diferentes tamaños y profundidades), cuevas naturales, alcantarillas, cuerpos de agua, instalaciones (e.g. oficinas, baños, bodegas, casetas, etc.) y cualquier otro posible lugar que pudiera ser usado como refugio. La búsqueda se complementó con testimonios del personal de cada zona con el objetivo de obtener información que pudiera orientarnos sobre la ubicación de los refugios.

Para evitar disturbios, los murciélagos se identificaron por observación directa. En los casos en los que los murciélagos no pudieron ser identificados por este método, se procedió a la captura manual o con red de golpeo. Para todos los casos se fotografió el refugio, se realizó un conteo de los individuos presentes y se determinó la especie a la que pertenecían. Tanto para el muestreo nocturno con redes como para la búsqueda de refugios se fotografió cada especie nueva obtenida,



teniendo cuidado de registrar todos los caracteres distintivos para posteriormente generar ilustraciones y materiales gráficos.

Para el desarrollo de este trabajo hemos seguido de manera general el arreglo taxonómico propuesto por Simmons (2005) con algunas modificaciones que se especifican a continuación: *Natalus stramineus* cambia a *Natalus mexicanus* (López-Wilchis et al. 2012), *Sturnira lilium* cambia a *Sturnira parvidens* (Velazco y Patterson 2013) y el género *Micronycteris*, antes ubicado en la subfamilia Phyllostominae cambia a la familia Micronycterinae (Cirranello et al. 2016).

Diversidad

Debido a la heterogeneidad de los refugios dentro de las zonas arqueológicas, los individuos capturados en el muestreo de refugios no fueron considerados en los análisis para estimar la diversidad, las curvas de acumulación de especies y las curvas de rango-abundancia. Estos se realizaron únicamente con los datos obtenidos a partir de la captura con redes de niebla.

Para estimar las diversidades alfa, gamma y beta, se empleó la diversidad verdadera propuesta por (Jost 2006). La ventaja de este método es que sus unidades pueden compararse entre sí directamente al calcular el número efectivo o equivalente de especies (Jost y González-Oreja 2012). Este método es una medida que conserva las propiedades intuitivamente esperadas del concepto de diversidad, como la propiedad de duplicación y se expresa en unidades igualmente comunes, ya sea el número efectivo de especies para el caso de la diversidad alfa y gamma, o el número de comunidades equivalentes que componen una metacomunidad para estimar la diversidad beta (Moreno et al. 2011; Jost y González-Oreja 2012). La fórmula general es:

$${}^q D = \left(\sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

Donde D es la diversidad, S es la riqueza de especies, p_i es la abundancia relativa de la especie i y q es el orden de diversidad representado por los números de Hill. Los números de Hill (q) determinan la sensibilidad del índice a las abundancias relativas de las especies; es decir, la influencia que pueden tener las especies comunes o las especies raras en la medida de la diversidad.



Los valores de q menores de 1 sobrevaloran las especies raras y los valores de q mayores a 1, toman más en cuenta las especies comunes (Hill 1973; Moreno et al. 2011; Jost y González- Oreja 2012). En este estudio se evaluó la diversidad con el orden cero ($q = 0$) que es insensible a las abundancias de las especies, por lo tanto, equivale a la riqueza de especies (${}^0D = S$). En el orden de diversidad uno ($q = 1$), todas las especies son incluidas con un peso exactamente proporcional a su abundancia en la comunidad y al exponencial del índice de entropía de Shannon (H). Finalmente el orden de diversidad 2 ($q = 2$) hace referencia al número de especies dominantes en la comunidad al otorgar un peso desproporcionado a las especies abundantes y equivale al inverso del índice de diversidad de Simpson (Chao et al. 2014).

Para estimar la diversidad en cada sitio se emplearon las curvas de interpolación y extrapolación basadas en individuos para los diferentes órdenes. Las curvas se construyeron con la paquetería *iNEXT versión 2.0.12* (Hsieh et al. 2016) de R (R Core team 2016), calculando los intervalos de confianza con un bootstrap de 1000 réplicas. Para estimar la diversidad alfa y gamma de los sitios y las temporadas se realizó rarefacción en el número máximo de individuos capturados en los sitios. Lo anterior también se realizó con la paquetería *iNEXT versión 2.0.12* (Hsieh et al. 2016) de R (R Core team 2016). Para estimar el recambio de especies (diversidad beta) entre las zonas arqueológicas y las temporadas se utilizó la paquetería *entropart versión 1.5-3* (Marcon 2018) en la plataforma R (R Core team 2016).

Para estimar la completitud del muestreo en cada zona se utilizó el estimador de cobertura de la muestra para datos individuales recomendado por Chao (Chao et al. 2014). La cobertura de la muestra se estimó usando la paquetería *iNEXT versión 2.0.12* (Hsieh et al. 2016) de R (R Core team 2016).



RESULTADOS

El esfuerzo total de muestreo para la captura con redes de niebla fue de 34,560 m² red/hora. En total se registraron 1,860 individuos pertenecientes a 6 familias, 18 géneros y 23 especies para el muestreo nocturno (Tabla 2). También se encontraron 25 refugios de 12 especies en la temporada de secas y 27 refugios de 12 especies en la temporada de lluvias (Tabla 2).



FAMILIA	SUBFAMILIA	ESPECIE	GREMIO	IUCN	NOM-059	DZI		CHI		EKB		UX	
						S	L	S	L	S	L	S	L
EMBALLONURIDAE	EMBALLONURINAE	<i>Peropteryx macrotis</i> (Wagner, 1843)	ISO	LC				CD	D			CD	
MORMOOPIDAE		<i>Mormoops megalophylla</i> (Peters, 1864)	ISO	LC					C	C	C		C
		<i>Pteronotus parnellii</i> (Gray, 1843)	ISO	LC					C	C	C		C
PHYLLOSTOMIDAE	MICRONYCTERINAE	<i>Micronycteris microtis</i> Miller, 1898	ISU	LC		C	DN	N	N	DN	D		N
		<i>Micronycteris schmidtorum</i> Sanborn, 1935	ISU	LC	A				C		C		
		<i>Micronycteris</i> sp.	ISU	LC							N		D*
	DESMODONTINAE	<i>Desmodus rotundus</i> (E. Geoffroy, 1810)	H	LC		CD*	C	C	C	C	C		
		<i>Diphylla ecaudata</i> Spix, 1823	H	LC		C	C	C	C		C		D*
	PHYLLOSTOMINAE	<i>Mimon cozumelae</i> Goldman, 1914	ISU	LC	A	CD	D	C					CD*
	GLOSSOPHAGINAE	<i>Glossophaga soricina</i> (Pallas, 1766)	N/P	LC		C	C	CDN	CDN	C	CN	C	CD*
	CAROLLINAE	<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	FS	LC						C			C
		<i>Carollia sowelli</i> Baker, Solari and Hoffmann, 2002	FS	LC				C		C	D		
	STENODERMATINAE	<i>Artibeus jamaicensis</i> Leach, 1821	FD	LC		CD	CD	CD	CDN	CD	CDN	CD	CD
		<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	FD	LC		CD	CD	C	C		CD	C	CD
		<i>Artibeus phaeotis</i> Miller, 1902	FD	LC				CD	C	C	C	C	C
		<i>Chiroderma villosum</i> Peters, 1860	FD	LC						C			
		<i>Sturnira parvidens</i> (E. Geoffroy, 1810)	FS	LC		C	C	C	C	C	C	C	C
NATALIDAE		<i>Natalus mexicanus</i> Miller, 1902	ISO	LC						C	N	N	
VESPERTILIONIDAE	MYOTINAE	<i>Myotis keaysi</i> J. A. Allen, 1914	ISO	LC						CD	C		
	VESPERTILIONINAE	<i>Lasiurus ega</i> (Gervais, 1856)	ISO	LC			C						
		<i>Rhogeessa aeneus</i> Goodwin, 1958	ISO	LC		C	C				C		C
MOLOSSIDAE	MOLOSSINAE	<i>Molossus rufus</i> E. Geoffroy, 1805	IAA	LC					C	C		CD	CD
		<i>Molossus sinaloae</i> J. A. Allen, 1906	IAA	LC			C						
		<i>Nyctinomops laticaudatus</i> (E. Geoffroy, 1805)	IAA	LC		D		C		C	C	CD	CD

Tabla 3. Listado taxonómico de las especies encontradas en las cuatro zonas arqueológicas: Chichén Itzá (Chi), Dzibilchaltún (Dzi), Ek Balam (EkB) y Uxmal (Ux). Gremios basados en los descritos por Sampaio y colaboradores (Sampaio et al. 2003): (IAA) insectívoros aéreos que vuelan y cazan en espacios abiertos; (ISO) insectívoros aéreos que vuelan y cazan en el sotobosque; (ISU) insectívoros que cazan cerca del sustrato/acechadores; (H) hematófagos; (FD) frugívoros que vuelan en el dosel; (FS) frugívoros que vuelan en el sotobosque; (N/P) nectarívoros polinívoros. Estado en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de protección ambiental de especies en categorías de riesgo, y en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN: (LC) Preocupación menor; (A) amenazado. Y el método de captura o detección para las temporadas de secas (S) y lluvias (L): (C) captura nocturna con redes de niebla; (D) observación de refugio diurno; (D*) observación de refugio diurno fuera de la zona arqueológica; (N) observación de refugio nocturno.

Riqueza y descripción de refugios

Temporada de secas

Para el muestreo nocturno se registró un total de 857 individuos pertenecientes a 17 géneros, 6 familias y 20 especies (Tabla 3). Se registraron 25 refugio, 20 diurnos y cinco nocturnos para tres familias, 10 géneros y 12 especies (Tabla 4). A continuación se presentan los detalles las capturas nocturnas y de los refugios diurnos (D) y nocturnos (N) encontrados, especificando si el refugio se encuentra abierto (Ab) o cerrado (Ce) al público.

Tabla 3. Listado de especies e individuos registrados en el muestreo nocturno para la temporada de secas en las cuatro zonas arqueológicas: Chichén Itzá (Chi), Dzibilchaltún (Dzi), Ek'Balam (EkB) y Uxmal (Ux).

FAMILIA	ESPECIE	CHI	DZI	EKB	UX
EMBALLONURIDAE	<i>Peropteryx macrotis</i>	1			4
MORMOOPIDAE	<i>Mormoops megalophylla</i>			5	
	<i>Pteronotus parnellii</i>	1			1
PHYLLOSTOMIDAE	<i>Micronycteris microtis</i>		2		
	<i>Desmodus rotundus</i>	15	7	2	
	<i>Diphylla ecaudata</i>	4	4		
	<i>Mimon cozumelae</i>	2	1		
	<i>Glossophaga soricina</i>	10	16	26	16
	<i>Carollia perspicillata</i>			1	
	<i>Carollia sowelli</i>	1		7	
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	295	15	82	111
	<i>Artibeus lituratus</i>	9	8		5
	<i>Artibeus phaeotis</i>	18		22	6
	<i>Chiroderma villosum</i>			1	
	<i>Sturnira parvidens</i>	62	21	27	1
NATALIDAE	<i>Natalus mexicanus</i>			2	
VESPERTILIONIDAE	<i>Myotis keaysi</i>			1	
	<i>Rhogeessa aeneus</i>		7		
MOLOSSIDAE	<i>Molossus rufus</i>			1	10
	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	8		3	16
TOTAL		426	81	180	170



Tabla 4. Método de captura y detección de las especies encontradas en los refugios durante la temporada de secas en las cuatro zonas arqueológicas: Chichén Itzá (Chi), Dzibilchaltún (Dzi), Ek'Balam (EkB) y Uxmal (Ux). (C) captura nocturna fue con redes de niebla, (D) observación de refugio diurno; (D*) observación de refugio diurno fuera de la zona arqueológica; (N) observación de refugio nocturno.

FAMILIA	ESPECIE	CHI	DZI	EKB	UX
EMBALLONURIDAE	<i>Peropteryx macrotis</i>	CD			CD
PHYLLOSTOMIDAE	<i>Micronycteris microtis</i>	N		DN	
	<i>Desmodus rotundus</i>		CD*		
	<i>Mimon cozumelae</i>		CD		
	<i>Glossophaga soricina</i>	CD			
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	CD	CD	CD	CD
	<i>Artibeus lituratus</i>		CD		
	<i>Artibeus phaeotis</i>	CD			
NATALIDAE	<i>Natalus mexicanus</i>				N
VESPERTILIONIDAE	<i>Myotis keaysi</i>			CD	
MOLOSSIDAE	<i>Molossus rufus</i>				CD
	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>		D		CD

Zona arqueológica Chichén Itzá:

Se registraron 13 especies de cuatro familias y un total de 10 refugios.

Muestreo nocturno

Se registraron 426 individuos pertenecientes a 12 especies de cuatro familias: Emballonuridae: *Peropteryx macrotis*; Mormoopidae: *Pteronotus parnellii*; Phyllostomidae: *Artibeus lituratus*, *Artibeus jamaicensis*, *Carollia sp.*, *Diphylla ecaudata*, *Artibeus phaeotis*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina*, *Mimon cozumelae*, *Sturnira parvidens*; Molossidae: *Nyctinomops laticaudatus*.

Búsqueda de refugios

Se registró un total de 10 refugios, siete diurnos y tres nocturnos pertenecientes a cinco especies de dos familias: Emballonuridae: *Peropteryx macrotis*; Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus phaeotis*, *Glossophaga soricina* y *Micronycteris microtis*.

El primer refugio (D, Ce) se encontró en la sascabera 1-15 ubicada a un costado del cenote Xtoloc. Se trata de una cueva artificial de aproximadamente 30 m de largo y 2 m de alto, de forma tubular con dos grandes aberturas. En este sitio encontramos 20 individuos de *A. jamaicensis*. Además, en un hueco lateral se observaron restos de insectos y guano, lo que indica que algún murciélago insectívoro pudo estar haciendo uso de ese espacio anteriormente. En este mismo lugar observamos dos individuos de *G. soricina* apartados del grupo de *A. jamaicensis*.

El segundo (D, Ce) y tercer (D, Ce) refugio se encontraron en el edificio Anexo de las Monjas, que es un grupo de estructuras formadas por varios conjuntos de cuartos. En uno de los pasillos internos capturamos dos ejemplares de *P. macrotis* perchados en la pared a 1.5 m de altura, una hembra adulta y una hembra juvenil. En los cuartos restantes observamos algunos individuos de *A. jamaicensis* perchados en los techos en grupos de 1-3 individuos con excepción de un cuarto en donde se encontraron aproximadamente 40 individuos.

El cuarto refugio (N, Ce) se encontró dentro del último cuarto de la Gran Pirámide del Castillo o Palacio de Kukulcán (30 m de altura) se observaron rastros de guano y frutos mordisqueados, pero únicamente observamos dos individuos de *A. jamaicensis* perchados. En el quinto refugio (N, Ce), dentro del Juego de Pelota, se encontraron restos de semillas grandes de ciruela (*Spondias purpurea*) y “pixoy” (*Guazuma ulmifolia*), además de guano en paredes y piso. Se observaron varios murciélagos entrando y saliendo, pero únicamente dos individuos de *A. jamaicensis* perchados en el templo ubicado al norte. El sexto refugio (D, Ce) se encontró dentro del Observatorio o Caracol. Esta estructura es una torre circular gruesa asentada sobre una plataforma, tiene forma de espiral y consta de tres estructuras superpuestas (Mezquita 2011). Dentro del espiral, en el nivel superior, se observaron 12 individuos de *P. macrotis*.

El séptimo refugio (N, Ce) se encontró Las Monjas. En el pasillo izquierdo de la en la planta baja observamos durante varias noches un grupo de cinco *M. microtis*. Las Monjas es una estructura rectangular que alberga varios cuartos, cada uno con su propio acceso. Sobre la fachada norte hay una escalinata hacia una pequeña construcción de un solo cuarto en la parte superior. Se puede observar un agujero en el centro bastante grande y oscuro en donde encontramos guano y semillas, pero ningún animal perchado de día o de noche.



Por último, se visitó el Grupo de la Serie Inicial, también conocido localmente como “Chichén Viejo”. Se trata de un conjunto de estructuras que se encuentran a unos 800 m al sur del complejo de Las Monjas. Aquí se encontraron el octavo (D, Ce), noveno (D, Ce) y décimo (D, Ce) refugio. Dentro de una de las habitaciones del Templo Inicial observamos 30 individuos de *G. soricina*. También se encontró un refugio con 24 *A. jamaicensis* en las habitaciones de la casa de las Columnas y un individuo de *A. phaeotis* en la Casa del Caracol.

Zona arqueológica Dzibilchaltún

Se registraron 10 especies de tres familias y un total de cuatro refugios.

Muestreo nocturno

Se registraron 81 individuos pertenecientes a 9 especies pertenecientes a 2 familias: Phyllostomidae: *Artibeus lituratus*, *Artibeus jamaicensis*, *Glossophaga soricina*, *Diphylla ecaudata*, *Desmodus rotundus*, *Micronycteris microtis*, *Mimon cozumelae*, *Sturnira parvidens*; Vespertilionidae: *Rhogeessa aeneus*.

Búsqueda de refugios

Se registró un total de cuatro refugios, todos diurnos para cinco especies de dos familias: Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Desmodus rotundus*, *Mimon cozumelae*; Molossidae: *Nyctinomops laticaudatus*.

El primer refugio fue encontrado en la Estructura 44 (D, Ce), la más grande dentro de la zona con sus 130 m de longitud, ubicada al costado sur de la Plaza Central. Dentro de esta estructura existe un cuarto al que se accede a través de una reja y al que actualmente el público no tiene acceso. Se encontraron nueve individuos de *A. jamaicensis* perchados y una gran cantidad de guano y semillas debajo, también se encontraron gran cantidad de plumas y restos del ave *Momotus momota*.



El segundo refugio y tercer refugio se encontró a unos 20 metros del lado izquierdo del camino que lleva de la entrada principal a la zona arqueológica en una alcantarilla que cruza el camino por debajo. Dentro se encontraron nueve individuos de *M. cozumelae* (D, Ce), número que no difirió en los días siguientes. Al anochecer se colocaron redes de niebla tapando ambas entradas para capturar a los murciélagos que estaban dentro. Mientras esperábamos, varios individuos de *M. microtis* se estrellaron contra la red, de los cuales logramos capturar cuatro. Pensamos que los murciélagos intentaban entrar al lugar, sin embargo, no supimos si este lugar era un refugio nocturno para esta especie. El tercer refugio (D. Ab) encontrado fue el de un individuo de *N. laticaudatus* hallado por el personal dentro de una grieta en la caseta del estacionamiento. El animal fue capturado luego de cubrir la columna con una red de niebla a manera de envoltorio.

Por último, la cueva de Xconcopochéh (D, Ab), ubicada a 20 minutos de la zona núcleo. Dentro del lugar observamos las especies *A. jamaicensis*, *D. rotundus* y una especie más pequeña que no logramos identificar. Calculamos alrededor de 600 individuos en total, aunque hubo zonas a las que no se logró acceder.

Zona arqueológica Ek'Balam

Se registraron 14 especies de cinco familias y un total de cinco refugios.

Muestreo nocturno

Se registraron 180 individuos pertenecientes a 13 especies de 5 familias: Mormoopidae: *Mormoops megalophylla*; Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus phaeotis*, *Carollia sowelli*, *Carollia perspicillata*, *Chiroderma villosum*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina*, *Sturnira parvidens*; Natalidae: *Natalus mexicanus*; Vespertilionidae: *Myotis keaysi*; Molossidae: *Nyctinomops laticaudatus*, *Molossus rufus*.



Búsqueda de refugios

Se registró un total de cinco refugios: cuatro diurnos y uno nocturno, para tres especies de 2 familias: Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Micronycteris microtis*, Vespertilionidae: *Myotis keaysi*.

El primer (D, Ab) y segundo (D, Ce) refugio fueron encontrados dentro del edificio más grande e importante de la zona arqueológica, la Acrópolis, estructura formada por varios niveles con bóvedas, escalinatas y pasadizos. En este lugar se encontraron varios grupos pequeños de la especie *A. jamaicensis* en los diferentes cuartos, teniendo total de 25 individuos. Del lado izquierdo, en el segundo piso de la estructura se encontró un estrecho pasadizo en donde se encontraban siete individuos de *M. microtis*. Del lado izquierdo, en el último cuarto del segundo piso observamos una gran cantidad de guano y restos de insectos grandes como alas de escarabajos y polillas, pero ningún animal de día o de noche. El tercer refugio (N, Ab) fue encontrado dentro de la caseta de la bomba de agua (a un costado del campamento), en donde se observaron unos 15 individuos que no logramos capturar ni identificar en el momento, sin embargo, en el segundo muestreo se confirmó que se trataba de *M. microtis*.

Dentro del cenote X-Canché (Ab) se observaron varias cavidades de donde salían una gran cantidad de murciélagos al atardecer. Empezaban unos cuantos a volar en círculos al centro del cenote y poco a poco el grupo crecía hasta que todos salían juntos formando un espiral. No se logró acceder a estos orificios por la altura e inclinación que tenían. Se colocaron redes de niebla pegadas a las paredes, en donde en una de las cavidades (D, Ab) se logró capturar un individuo de la especie *M. keaysi*. Al revisar los orificios cercanos, también se encontraron restos de pequeños insectos y guano.



Zona arqueológica Uxmal

Se registraron 10 especies de cinco familias y un total de seis refugios.

Muestreo nocturno

Se registraron 180 individuos pertenecientes a nueve especies de cuatro familias: Emballonuridae: *Peropteryx macrotis*, Mormoopidae: *Pteronotus parnellii*, Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Artibeus phaeotis*, *Glossophaga soricina*, *Sturnira parvidens*, Molossidae: *Nyctinomops laticaudatus*, *Molossus rufus*.

Búsqueda de refugios

Se registró un total de 6 refugios, cinco diurnos y uno nocturno pertenecientes a cinco especies de cuatro familias: Emballonuridae: *Peropteryx macrotis*, Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, Natalidae: *Natalus mexicanus*, Molossidae: *Nyctinomops laticaudatus*, *Molossus rufus*.

El primer y segundo refugio se encontraron en la Pirámide del Adivino, la estructura más alta (35 metros de altura) y una de las principales de la zona arqueológica. Dentro del penúltimo cuarto de la estructura se observó durante varias noches un individuo de *N. mexicanus* que no logramos capturar (N, Ce). Por otro lado, la pirámide cuenta con un pasillo que conecta el lado oriente y el poniente, dentro de este pasillo se observaron cinco individuos de *P. macrotis* (D, Ce).

El tercer refugio (D y N, Ab) fue encontrado dentro del Palacio del Gobernador, una estructura que consta de varios cuartos de techos altos y muy oscuros con grandes cantidades de guano que el personal de Uxmal limpia constantemente. Dentro de los cuartos existen orificios y grietas en donde se resguardan varios cientos de individuos de *N. laticaudatus*. Dentro de los cuartos (D, Ab) también encontramos dos individuos de *A. jamaicensis*. Por fuera, hay unos pequeños cuadrados de piedra que sobresalen de la estructura, aquí observamos que al atardecer salen individuos de la especie *M. rufus* justo antes de la salida de *N. laticaudatus*. Los murciélagos fueron capturados al colocar redes de niebla debajo de dichos cuadros, pero no se logró observar dentro de ellos por la altura a la que se encontraban. Así mismo, dentro de la Casa



de las Tortugas (D, Ab), que se encuentra situada detrás del palacio del Gobernador y consta de 3 cámaras atravesadas por pasillos y dos cámaras laterales, se encontró gran cantidad de *N. laticaudatus* entre las grietas de los muros y 20 *A. jamaicensis*.

La especie *N. laticaudatus* también fue observada en grandes números dentro de las grietas de las estructuras del Cuadrángulo de las Monjas (D, Ab) y del Cuadrángulo de los Pájaros (D, Ab). El primero está formado de cuatro edificios rectangulares que se disponen en forma de cuadrado dejando libres las esquinas (no se encuentran conectados entre sí). Cada edificio consta de varios cuartos de techos altos, frescos y oscuros. Dentro también se observaron 20 individuos de *A. jamaicensis* distribuidos en los diferentes cuartos. El segundo es un edificio de 4 m de altura, consta de 13 columnas y 4 habitaciones, donde se encontraron tres individuos de *A. jamaicensis*. Para todos los refugios diurnos de *N. laticaudatus*, también se observó que los murciélagos también lo están utilizando por la noche, probablemente para descansar y digerir la comida.



Temporada de lluvias

Para el muestreo nocturno se registró un total de 1003 pertenecientes a 4 familias, 15 géneros y 19 especies (Tabla 5). Se registraron 27 refugios en total: 21 diurnos y seis nocturnos, donde se registró 4 familias, 10 géneros y 12 especies (Tabla 6). A continuación se presentan los detalles las capturas nocturnas y de los refugios diurnos (D) y nocturnos (N) encontrados, especificando si el refugio se encuentra abierto (Ab) o cerrado (Ce) al público.

Tabla 5. Listado de las especies encontradas en el muestreo nocturno para la temporada de lluvias en las cuatro zonas arqueológicas: (Chi) Chichén Itzá, (Dzi) Dzibilchaltún, (EkB) Ek'Balam y (Ux) Uxmal.

FAMILIA	ESPECIE	CHI	DZI	EKB	UX
MORMOOPIDAE	<i>Mormoops megalophylla</i>	2		9	2
	<i>Pteronotus parnellii</i>	1		2	
PHYLLOSTOMIDAE	<i>Micronycteris microtis</i>				
	<i>Micronycteris schmidtorum</i>	1		1	
	<i>Desmodus rotundus</i>	3	5	19	
	<i>Diphylla ecaudata</i>	1	1	1	
	<i>Mimon cozumelae</i>				1
	<i>Glossophaga soricina</i>	72	20	6	7
	<i>Carollia perspicillata</i>				58
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	93	130	64	223
	<i>Artibeus lituratus</i>	32	10	24	8
	<i>Artibeus phaeotis</i>	2		4	10
VESPERTILIONIDAE	<i>Sturnira parvidens</i>	52	14	19	37
	<i>Myotis keaysi</i>			2	
	<i>Lasiurus ega</i>		1		
MOLOSSIDAE	<i>Rhogeessa aeneus</i>		3	4	4
	<i>Molossus rufus</i>	20			5
	<i>Molossus sinaloae</i>		4		
	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>			1	25
TOTAL		279	188	156	380



Tabla 6. Método de captura y detección de las especies encontradas en los refugios durante la temporada de lluvias en las cuatro zonas arqueológicas: Chichén Itzá (Chi), Dzibilchaltún (Dzi), Ek'Balam (EkB) y Uxmal (Ux): (C) captura nocturna con redes de niebla; (D) observación de refugio diurno; (D*) observación de refugio diurno fuera de la zona arqueológica; (N) observación de refugio nocturno.

FAMILIA	ESPECIE	CHI	DZI	EKB	UX
EMBALLONURIDAE	<i>Peropteryx macrotis</i>	D			
PHYLLOSTOMIDAE	<i>Micronycteris microtis</i>	N	DN	D	
	<i>Micronycteris sp.</i>			N	D*
	<i>Diphylla ecaudata</i>				D*
	<i>Mimon cozumelae</i>		D		CD*
	<i>Glossophaga soricina</i>	CDN		CN	CD*
	<i>Carollia sowelli</i>			D	
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	CDN	CD	CDN	CD
	<i>Artibeus lituratus</i>		CD	CD	CD
NATALIDAE	<i>Natalus mexicanus</i>			N	
MOLOSSIDAE	<i>Molossus rufus</i>				CD
	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>				CD

Zona arqueológica Chichén Itzá

Se registraron 13 especies de cuatro familias y un total de 10 refugios.

Muestreo nocturno

Se registraron 279 individuos pertenecientes a 11 especies de tres familias: Mormoopidae: *Pteronotus parnellii*, *Mormoops megalophylla*; Phyllostomidae: *Artibeus lituratus*, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus phaeotis*, *Diphylla ecaudata*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina*, *Micronycteris schmidtorum*, *Sturnira parvidens*; Molossidae: *Molossus rufus*.

Búsqueda de refugios

Se registró un total de 10 refugios, nueve diurnos y uno nocturno pertenecientes a 5 especies y 2 familias: Emballonuridae: *Peropteryx macrotis*; Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Glossophaga soricina*, *Micronycteris microtis*.



Los tres primeros refugios (D, Ce) fueron encontrados en la sección de la Serie Inicial, también conocida localmente como “Chichén Viejo”. En el Templo Inicial se observaron 10 *G. soricina* y en la Casa de las Columnas cinco *A. jamaicensis* y dos *G. soricina*. El cuarto refugio (N, Ce) fue encontrado en el pasillo izquierdo de la planta baja del anexo de las Monjas, donde nuevamente encontramos dos individuos de la especie *M. microtis*. El quinto (D, Ce) y sexto (D, Ce) refugios se localizaron en el edificio de las Monjas, el primero en la cámara principal donde se observaron dos individuos de la especie *P. macrotis*. El segundo en la cámara izquierda donde se observaron 15 *A. jamaicensis*. Así mismo, en el Juego de Pelota (D, Ce) se observaron aproximadamente 40 individuos de la especie *A. jamaicensis* y *A. lituratus*, mientras que en el Akadzib (D, Ce) se encontraron cuatro individuos.

Por último, visitamos por primera vez una serie de 3 entradas de túneles ubicados en la parte posterior del Cenote Xtoloc, de lado del hotel “The Lodge at Chichén Itzá”. Únicamente encontramos animales en la segunda entrada, después de unos metros hacia al interior del túnel tiene una bifurcación. Del lado derecho se encontraron cinco individuos de *Peropteryx sp.* (D, Ce). Siguiendo hacia el lado izquierdo a unos observamos aproximadamente 20 individuos de una especie que no se logró identificar (D, Ce).

Zona arqueológica Dzibilchaltún

Se registraron 14 especies de cuatro familias y un total de dos refugios.

Muestreo nocturno

Durante las seis noches de muestreo nocturno se registraron 188 individuos pertenecientes a 7 especies de tres familias: Phyllostomidae: *Artibeus lituratus*, *Artibeus jamaicensis*, *Diphylla ecaudata*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina*, *Sturnira parvidens*; Vespertilionidae: *Rhogeessa aeneus*.

Al finalizar el muestreo general, regresamos al sitio de Dzibilchaltún una noche de muestreo más con la intención de tomar fotografías. Para este momento habían llegado nuevos miembros del equipo con una red de 18 metros, la cual se colocó por primera vez sobre el cenote, pues en los muestreos anteriores las redes se habían colocado únicamente a los costados porque



no tenían la longitud suficiente para atravesarlo. Durante esta noche logramos capturar dos especies que no se habían registrado anteriormente: *Lasiurus ega* (1 individuo) de la familia Vespertilionidae, y *Molossus sinaloae* (4 individuos) de la familia Molossidae. Estas últimas dos especies no se incluyen en los análisis de diversidad, ya que el método de muestreo no fue el mismo.

Búsqueda de refugios

Se registró un total de dos refugios, todos diurnos pertenecientes a cuatro especies de una familia: Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Micronycteris microtis* y *Mimon cozumelae*.

El primer refugio observado (D, Ab) fue el de la sascabera que se encuentra debajo del camino que conduce de la entrada principal a la zona arqueológica. Al revisarlo en esta temporada, nuevamente encontramos a las especies *M. microtis* y *M. cozumelae*, cinco individuos de la primera especie y 11 de la segunda. El segundo refugio (D, Ce) se localizó en el único cuarto de la Subestructura 44, en donde se observaron 2 individuos *A. lituratus* y 3 de *A. jamaicensis*.

Zona arqueológica Ek'Balam

Se registraron 17 especies de cuatro familias y un total de 10 refugios.

Muestreo nocturno

Se registraron 156 individuos pertenecientes a 13 especies de cuatro familias: Mormoopidae: *Pteronotus parnellii*, *Mormoops megalophylla*; Phyllostomidae: *Artibeus lituratus*, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus phaeotis*, *Diphylla ecaudata*, *Desmodus rotundus*, *Glossophaga soricina*, *Micronycteris schmidtorum*, *Sturnira parvidens*, Vespertilionidae: *Myotis keaysi*, *Rhogeessa aeneus*; Molossidae: *Nyctinomops laticaudatus*.



Búsqueda de refugios

Se registró un total de seis refugios, tres diurnos y cuatro nocturnos pertenecientes a seis especies de dos familias: Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Micronycteris microtis*, *Micronycteris sp.*, *Glossophaga soricina*, *Carollia sowelli*; Natalidae: *Natalus mexicanus*.

Dentro de la Acrópolis (D, Ab), nuevamente se encontraron pequeños grupos de *A. jamaicensis* en diferentes cuartos, sumando en total 10 en los cuartos inferiores. En el segundo cuarto del lado derecho del tercer nivel se encontró un refugio de alrededor de 30 *Artibeus sp.* (D, Ce). En el tercer cuarto del lado derecho de la planta baja (N, Ab) observamos una cría solitaria de alguna especie de filostómido que no se logró identificar. Al revisar nuevamente unas horas más tarde, la cría ya no se encontraba. Del lado izquierdo, en el pasadizo que hay entre el segundo cuarto de la planta baja y el primer piso (D, Ce) se encontraron 10 individuos de *M. microtis* compartiendo refugio con un individuo de *C. sowelli*.

En el tercer cuarto del lado derecho de la planta baja (N, Ab) se observó volando un individuo de la especie *N. mexicanus*, el cual no se logró capturar. En el último cuarto del lado izquierdo de la planta baja (N, Ab) se observó un individuo de la especie *G. soricina*. Por último, en la caseta de la bomba de agua a un costado del campamento (N, Ab), durante la noche se observaron unos 20 individuos de *M. microtis*.

Zona arqueológica Uxmal

Se registraron 14 especies de cuatro familias y un total de nueve refugios.

Muestreo nocturno

Se registraron 380 individuos pertenecientes a 11 especies de cuatro familias: Mormoopidae: *Mormoops megalophylla*; Phyllostomidae: *Artibeus lituratus*, *Artibeus jamaicensis*, *Carollia perspicillata*, *Artibeus phaeotis*, *Glossophaga soricina*, *Sturnira parvidens*, *Mimon cozumelae*; Vespertilionidae: *Rhogeessa aeneus*, Molossidae: *Molossus rufus*, *Nyctinomops laticaudatus*.



Búsqueda de refugios

Se registró un total de nueve refugios, ocho diurnos y uno nocturno pertenecientes a ocho especies de dos familias: Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Diphylla ecaudata*, *Micronycteris microtis*, *Mimon cozumelae*, *Glossophaga soricina*; Molossidae: *Nyctinomops laticaudatus* y *Molossus rufus*.

El primer (D, Ab) y segundo (D, Ab) refugio se encontraron dentro del cuadrángulo de las Monjas, en donde observamos dos individuos de *Artibeus sp.* Aquí dentro también se encontraron una gran cantidad de *N. laticaudatus* dentro de las grietas de las vigas de madera en las entradas. *N. laticaudatus* también fue encontrado dentro del Palacio del Gobernador (D, Ab), el Cuadrángulo de los Pájaros (D, Ab) y la Casa de las Tortugas (D, Ab). En el Palacio del Gobernador (D, Ab) también se observó a *M. rufus* saliendo antes que *N. laticaudatus* de los pequeños cubos exteriores. A un costado de esta estructura, del lado que da a la Casa de la Vieja, existen algunos agujeros que en su momento sirvieron para la recolección de agua de lluvia. Uno de estos se encuentra pegado al Palacio, ahí se encontraron cinco *M. microtis* (N, Ab).

Por último, uno de los guardias nos informó de una cueva cercana en donde se han visto murciélagos. El lugar se encuentra a unos 12 km de la zona arqueológica hacia al este, a 2 km de Muna y es un pequeño parque ecológico que lleva por nombre “El Mirador”. Dentro, uno de los sitios a visitar es la cueva “Los Aluxes”, donde se observaron dos *A. jamaicensis*, 10 *G. soricina*, cinco *D. ecaudata*, seis *M. cozumelae* y 20 *Micronycteris sp.* con sus crías (D, Ab).

Refugios

En este estudio encontramos en total 52 refugios, 50 pertenecientes a 12 especies identificadas, dos especies identificadas únicamente hasta género y dos especies no identificadas (Tabla 7). Las especies para las que encontramos más refugios fueron *Artibeus jamaicensis*, *Micronycteris microtis* y *Nyctinomops laticaudatus*. De los 52 refugios encontrados, 36 se observaron dentro de las estructuras de las zonas arqueológicas, siendo usados por nueve especies identificadas y una no identificada. Mientras que únicamente 16 refugios naturales fueron encontrados, siendo usados por nueve especies identificadas, dos identificadas hasta género y una



no identificada. Las especies que encontramos con mayor frecuencia dentro de las estructuras fueron *M. microtis*, *A. jamaicensis*, *N. laticaudatus*, *Glossophaga soricina* y *Peropteryx macrotis*.

Así mismo, de los 52 refugios, encontramos 41 diurnos usados por 13 especies identificadas, dos identificadas hasta género y una sin identificar. Mientras que sólo se encontraron 11 refugios nocturnos usados por cinco especies identificadas y una sin identificar. Las especies que encontramos con mayor frecuencia en refugios diurnos fueron *A. jamaicensis*, *A. lituratus*, *N. laticaudatus*, *G. soricina* y *P. macrotis*, mientras la que encontramos con mayor frecuencia en refugios nocturnos fue *M. microtis*.

Las especies que se registraron únicamente gracias a la búsqueda de refugios fueron *P. macrotis* en Chichén Itzá y Uxmal, *Mimon cozumelae* en Dzibilchaltún y Uxmal, *M. microtis* en Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal, *Diphylla ecaudata* y *Natalus mexicanus* en Uxmal y *N. laticaudatus* en Dzibilchaltún.

Familias y gremios

En este trabajo se registró al único representante de la familia Natalidae reportado en el estado de Yucatán, por lo que la familia estuvo representada en nuestro muestreo en un 100%, sin embargo, únicamente representó el 0.1% de las capturas con redes de niebla. Respecto a la familia Noctilionidae, no se registró a la una única especie reportada en el estado debido a sus hábitos costeros (Hood y Knox 1984). De la familia Emballonuridae se encontró una de las dos especies registradas (50% de las especies), sin embargo, únicamente figuró en un 0.3% de las capturas con redes. De la familia Mormoopidae se registraron dos de las cuatro especies descritas en Yucatán (50% de las especies), las cuales que representaron el 1% de las capturas en redes. Las familias Molossidae y Vespertilionidae cuentan con ocho especies descritas en el estado, y en ambas se registraron únicamente tres especies (37% de las especies), mientras que en las capturas con redes la familia Molossidae figuró en un 5% y la familia Vespertilionidae en un 1%. Por último, de la familia Phyllostomidae se encontraron 13 de las 19 especies registradas en Yucatán (68% de las especies), siendo la familia más abundante al representar el 92% de las capturas con redes de niebla (Tabla 8).

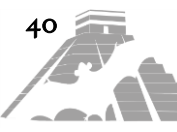


Tabla 7. Tipos de refugios encontrados las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal: diurnos (D), nocturnos (N), naturales y dentro de estructuras.

ESPECIES	REFUGIOS	TIPO DE REFUGIO			
		Estructuras		Naturales	
		D	N	D	N
<i>Peropteryx macrotis</i>	4	4			
<i>Peropteryx sp.</i>	1			1	
<i>Micronycteris microtis</i>	6	1	4		1
<i>Micronycteris sp.</i>	1			1	
<i>Desmodus rotundus</i>	1			1	
<i>Diphylla ecaudata</i>	1			1	
<i>Mimon cozumelae</i>	2			2	
<i>Glossophaga soricina</i>	5	2	1	2	
<i>Artibeus jamaicensis</i>	14	9	2	3	
<i>Artibeus lituratus</i>	3	2		1	
<i>Artibeus phaeotis</i>	1	1			
<i>Carollia sowelli</i>	1	1			
<i>Natalus mexicanus</i>	2		2		
<i>Myotis keaysi</i>	1			1	
<i>Molossus rufus</i>	1	1			
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	6	5		1	
Especies no identificadas	2		1	1	
Total	52	26	10	15	1

Tabla 8. Comparación de las especies reportadas en el estado de Yucatán por Sosa-Escalante y colaboradores (1) con las encontradas en este estudio (2), así como el porcentaje representado de cada familia por presencia ausencia (tomando en cuenta las encontradas en refugios y las capturadas en redes de niebla) (2), y por abundancia (capturas en redes de niebla) (3) (Sosa-Escalante et al. 2014).

FAMILIA	Especies reportadas en Yucatán ¹	Especies encontradas ²	Porcentaje de representación de la familia ²	Abundancia ³
Emballonuridae	2	1	50 %	0.3%
Noctilionidae	1	0	0%	0%
Phyllostomidae	19	13	68 %	92%
Mormoopidae	4	2	50 %	1%
Natalidae	1	1	100 %	0.1%
Molossidae	8	3	37 %	5%
Vespertilionidae	8	3	37 %	1%
Total	43	23		

Por otro lado, como se puede observar en la Figura 2, en todas las zonas arqueológicas el gremio con más especies representadas fue el de los insectívoros con 13 especies: tres insectívoros aéreos que vuelan y cazan en espacios abiertos, siete insectívoros aéreos que vuelan y cazan en el sotobosque y tres insectívoros que cazan sobre el sustrato o acechadores. Seguidos por el gremio de los frugívoros con siete especies: cuatro frugívoros que vuelan en el dosel y tres frugívoros que vuelan en el sotobosque. Después el gremio de los hematófagos con dos especies, y por último una sola especie de nectarívoro/polinívoro.

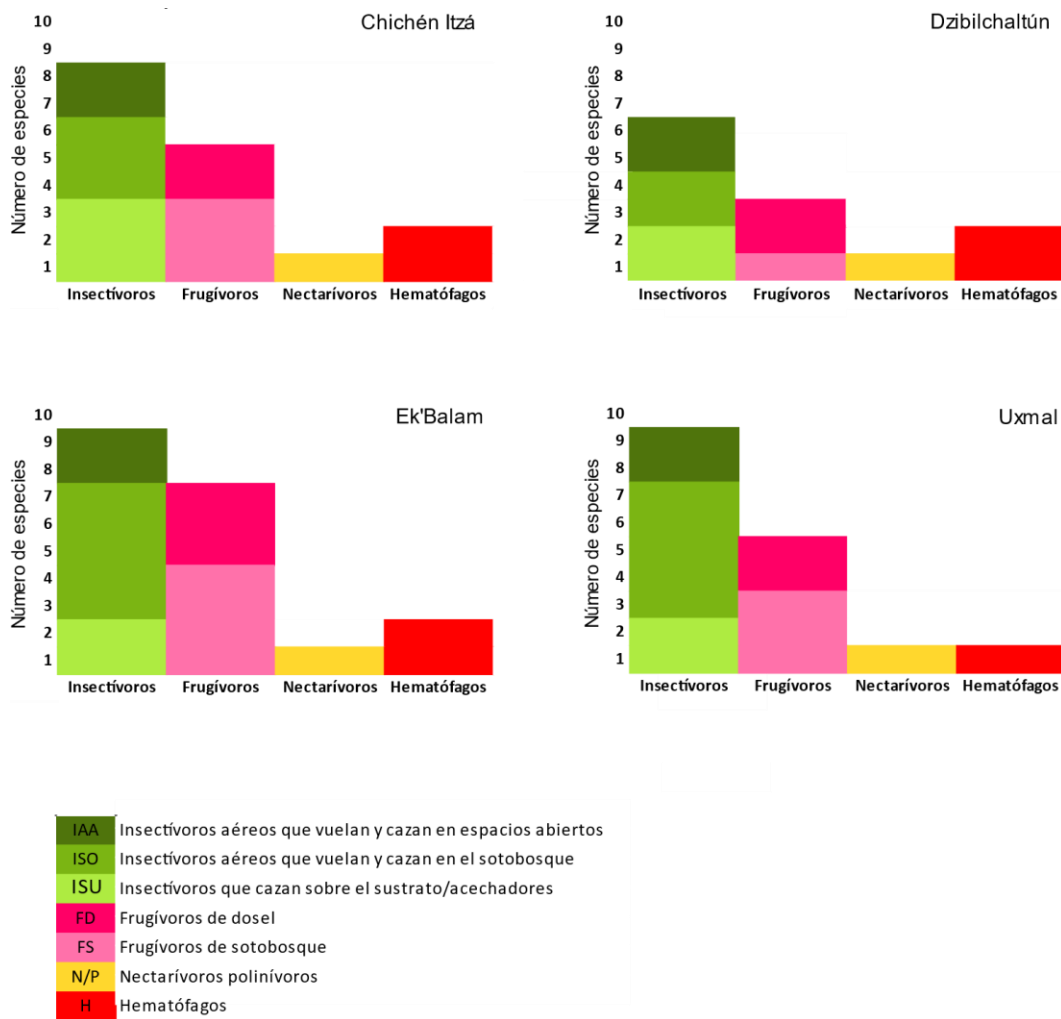


Figura 2. Gremios de murciélagos en las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal. Figura basada en la clasificación de Sampaio y colaboradores (Sampaio et al. 2003).



Diversidad

Curvas de Rango-Abundancia

Por zona

Tomando en cuenta ambas temporadas, la zona arqueológica con mayor riqueza de especies fue Ek'Balam con 18 especies, seguida de Chichén Itzá con 15 especies, Uxmal con 13 especies y Dzibilchaltún con 11 especies. En la Figura 3 se observa que en todas las zonas el pico más alto de abundancia lo tiene *Artibeus jamaicensis*. Para Chichén Itzá, Dzibilchaltún y Ek'Balam siguen las especies *Sturnira parvidens* y *Glossophaga soricina*, mientras que para Uxmal las siguientes más abundantes fueron *Carollia perspicillata* y *Nyctinomops laticaudatus*.



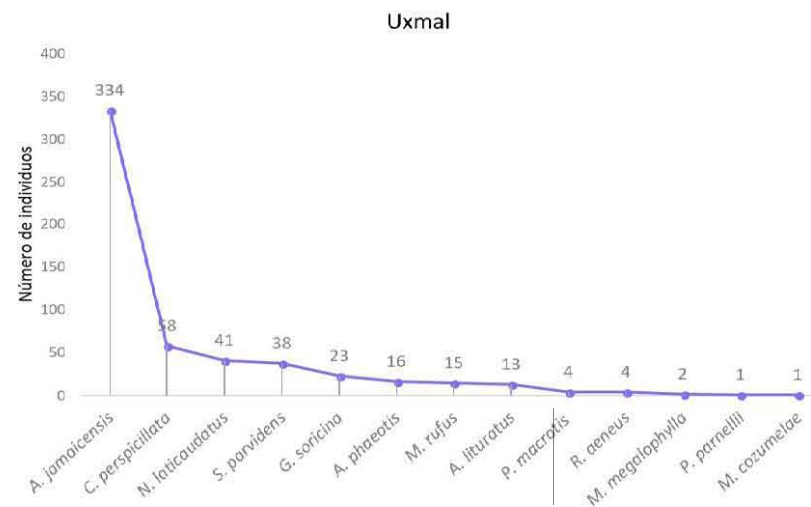
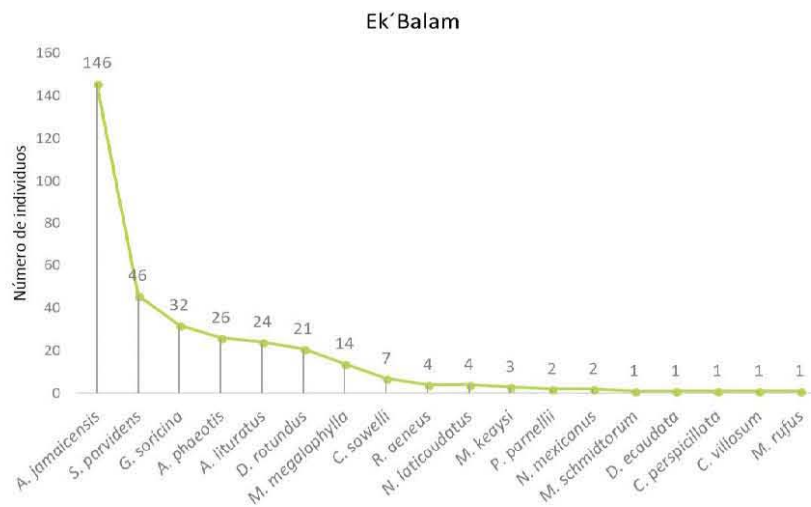
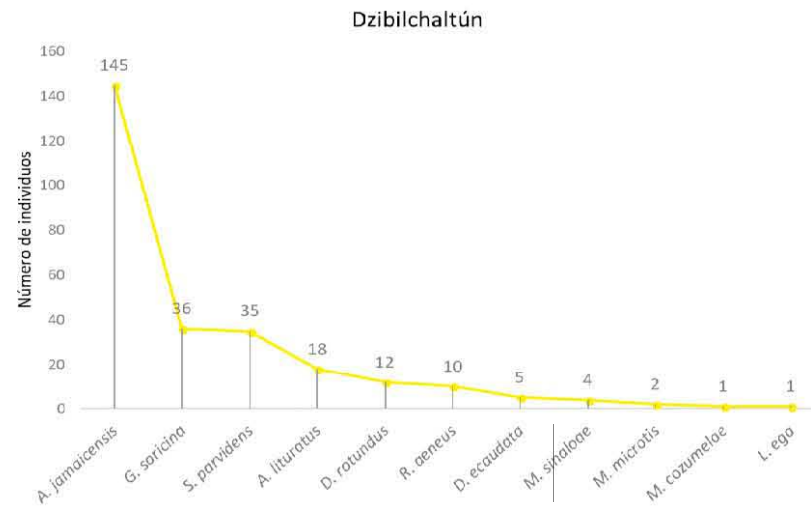


Figura 3. Curvas de rango abundancia de las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal.

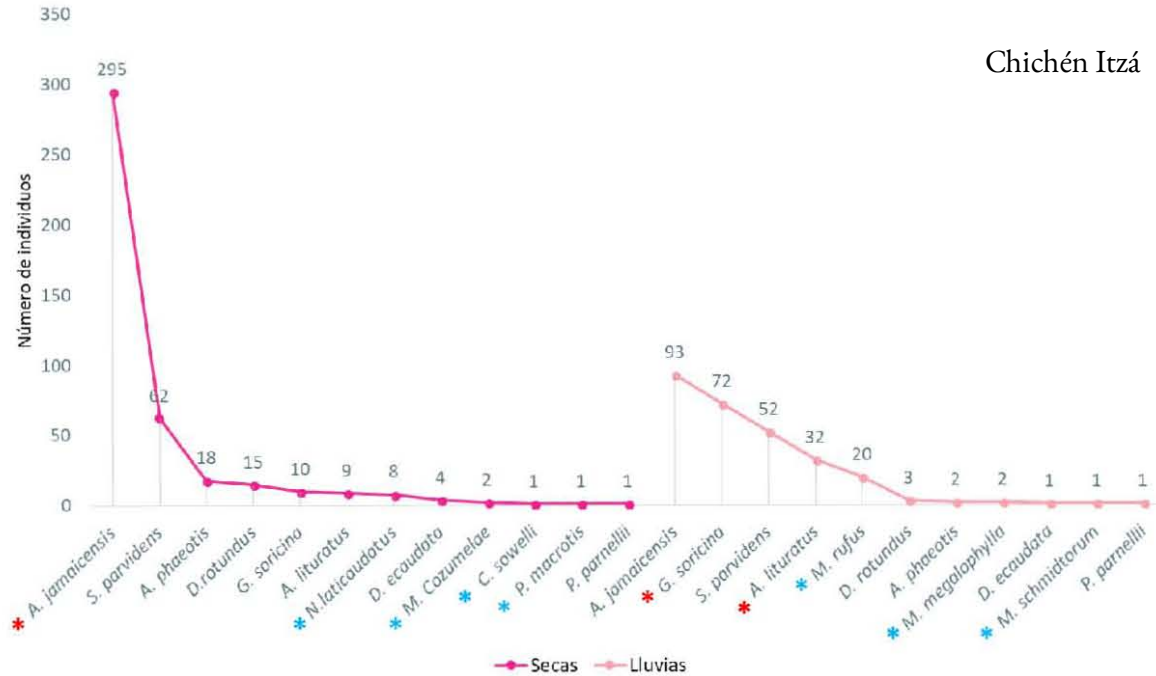
Por temporada

En las curvas de rango-abundancia en Ek'Balam fue la zona con mayor riqueza de especies durante ambas temporadas y Dzibilchaltún la de menor riqueza (Figuras 4 y 5). Así mismo se registró que la zona de Dzibilchaltún durante la temporada de secas fue el sitio más homogéneo en cuanto a las abundancias, mientras que las demás zonas, en ambas temporadas, las especies *A. jamaicensis*, *G. soricina* y *S. parvidens* tuvieron los picos más altos. Otras especies con altas abundancias que igualmente se encontraron en todos los sitios, aunque no en ambas temporadas, fueron *A. lituratus*, seguida de *N. laticaudatus* y *M. microtis*. Por último, las especies que también tuvieron altas abundancias, pero no encontraron en todos los sitios fueron *D. rotundus*, *A. phaeotis* y *C. perspicillata* en la zona de Uxmal.

Respecto a la temporalidad, las especies que fueron más abundantes en la temporada de lluvias fueron *A. jamaicensis* en Uxmal y Dzibilchaltún, *A. lituratus* en Chichén Itzá y Ek'Balam, *S. parvidens* en Uxmal y Dzibilchaltún, *G. soricina* en Chichén Itzá y *C. perspicillata* en Uxmal. Mientras que para la temporada de secas fueron *A. jamaicensis* en Chichén Itzá, *D. phaeotis* en Chichén Itzá y Ek'Balam, *S. parvidens* en Chichén Itzá y Ek'Balam, y *G. soricina* en Ek'Balam y Uxmal (Figura 6).



Chichén Itzá



Dzibilchaltún

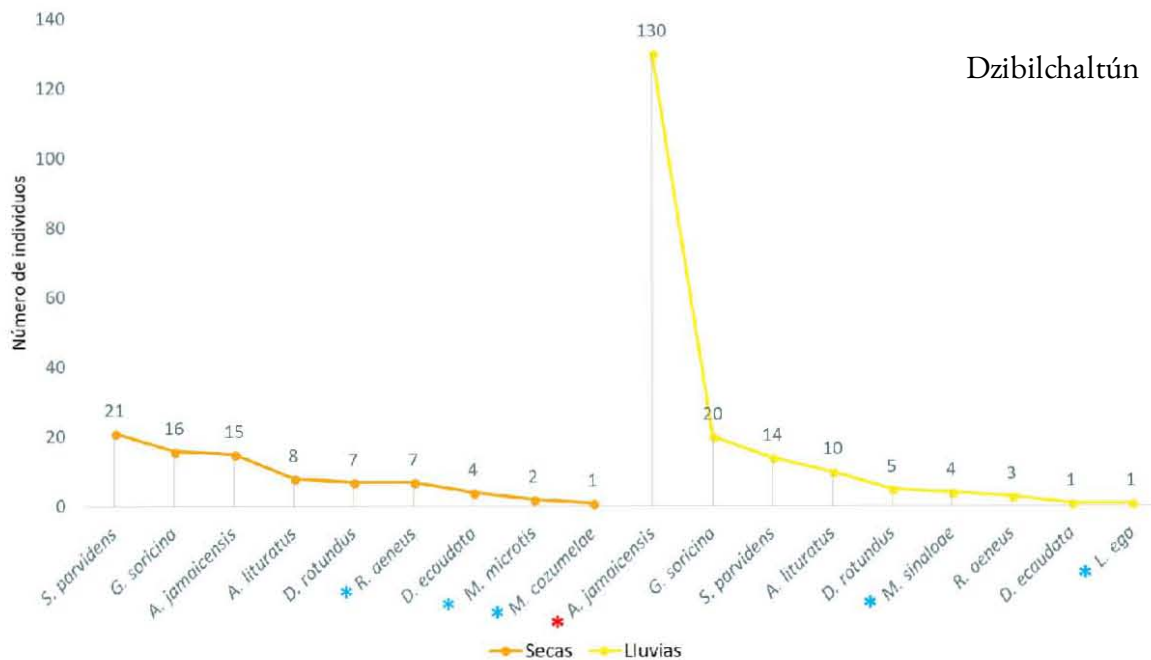


Figura 4. Curvas de rango-abundancia de las especies de murciélagos en las zonas de Chichén Itzá (rosa) y Dzibilchaltún (amarillo) para la temporada de secas y la temporada de lluvias. Con un asterisco (*) se destacan en azul las especies que sólo se encontraron en una de las temporadas (cambio en la identidad), y en rojo las especies que tuvieron los cambios drásticos en su abundancia respecto a la temporalidad.



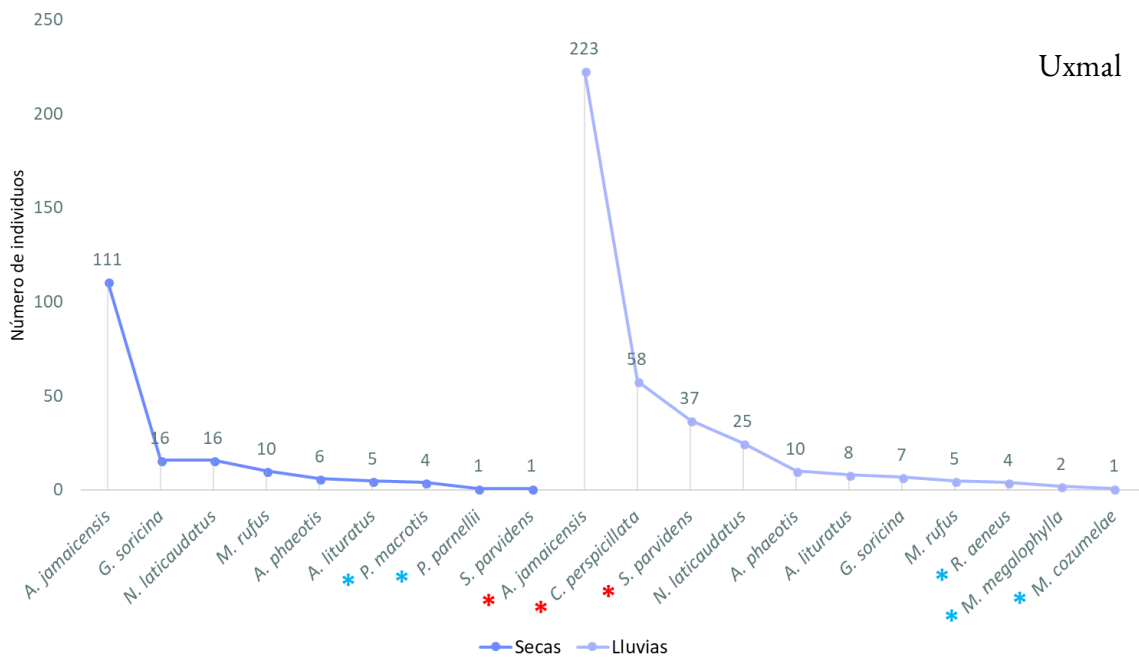
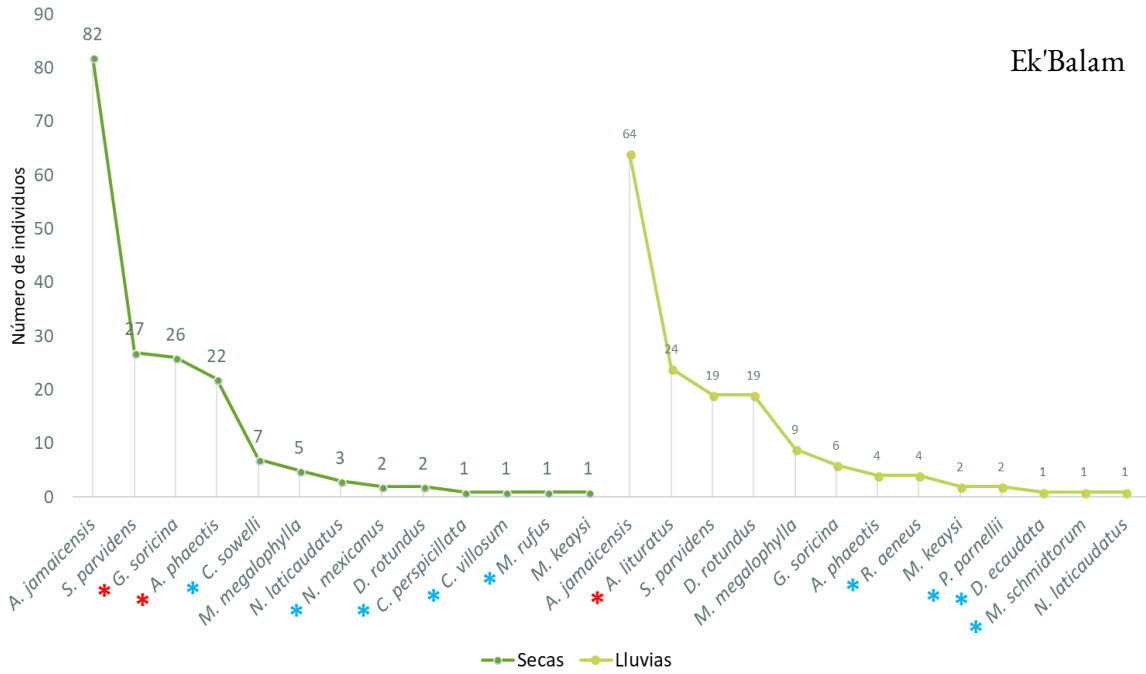


Figura 5. Curvas de rango-abundancia de los murciélagos registrados en las zonas de Ek'Balam (verde) y Uxmal (azul) para la temporada de secas y la temporada de lluvias. Con un asterisco (*) se destacan en azul las especies que sólo se encontraron en una de las temporadas (cambio en la identidad), y en rojo las especies que tuvieron los cambios más drásticos en su abundancia respecto a la temporalidad.

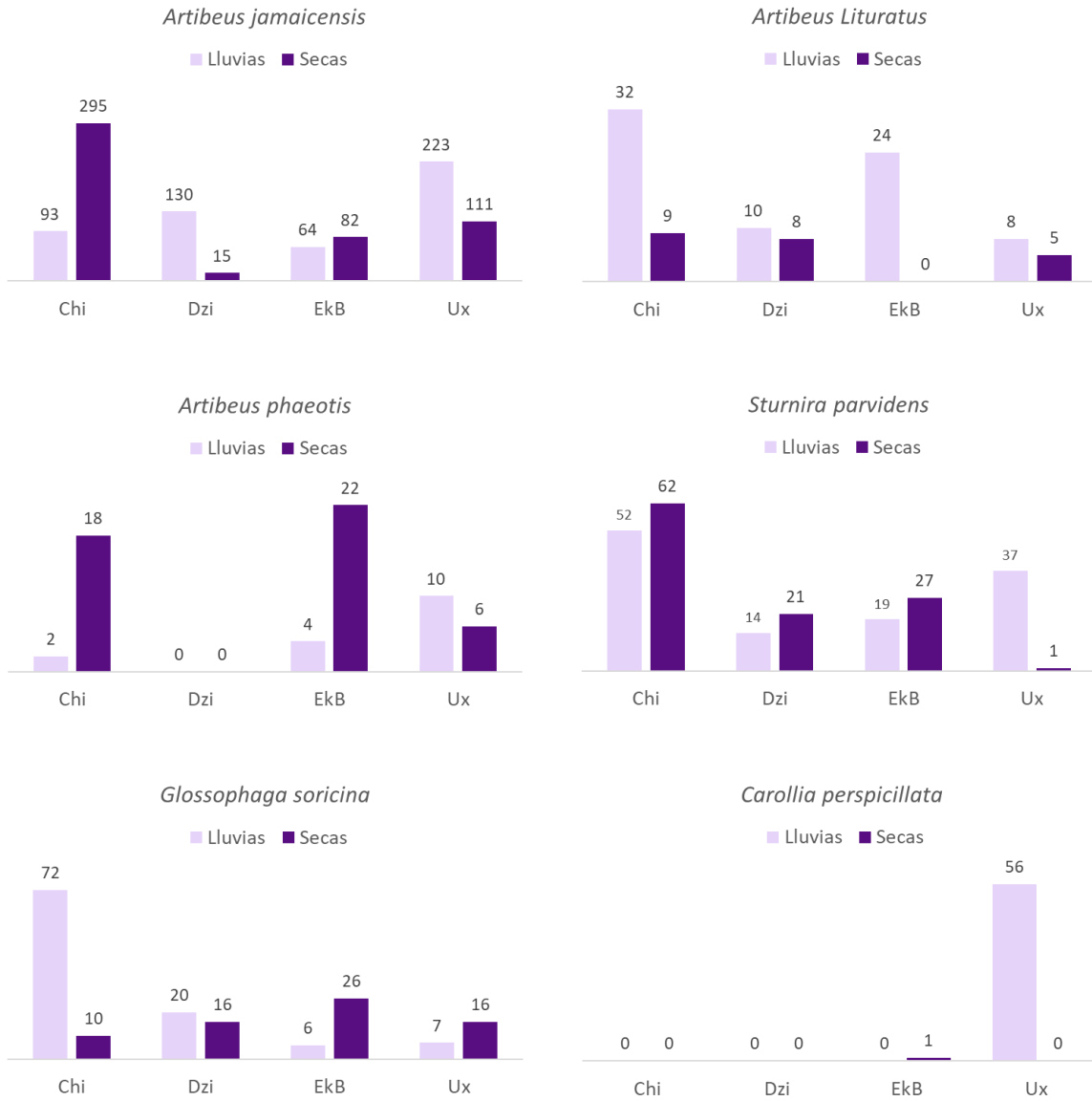


Figura 6. Cambios por temporada de la abundancia de especies de murciélagos dominantes en las cuatro zonas arqueológicas: Chichén Itzá (Chi), Dzibilchaltún (Dzi), Ek'Balam (EkB) y Uxmal (Ux).

Cobertura de la muestra

El valor de la cobertura de la muestra (c.m.) para Chichén Itzá fue de 1, (c.m. en lluvias = 0.98; c.m. en secas = 0.99). En Ek'Balam fue de 0.98 (c.m. lluvias = 0.98; c.m. en secas = 0.97). En Dzibilchaltún fue de 0.99 (c.m. en lluvias = 0.98; c.m. en secas = 0.98). En Uxmal fue de 0.99 (c.m. en lluvias = 0.99; c.m. en secas = 0.98). Los valores de cobertura superiores a 0.97 en todos los sitios y en todas las temporadas sugieren que la representación de los murciélagos con los métodos usados es completa y que nuestras estimaciones para la diversidad no están sesgadas por las diferencias en la cobertura entre las diferentes zonas.

Partición de la diversidad

La riqueza de especies estimada para las cuatro zonas arqueológicas fue de 23 especies (I.C. 95% = 20.89 - 25.11) y 3.05 especies dominantes (I.C. 95% = 2.85-3.25) (Figura 7a y 7b). Las especies dominantes en las cuatro zonas fueron *A. jamaicensis*, *Sturnira parvidens* y *Glossophaga soricina*. En cuanto al recambio estimado de especies entre las zonas arqueológicas, se estimó 1.61 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.49 - 1.74). El recambio estimado de especies dominantes entre las zonas fue de 1.03 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.02 - 1.05).

Diversidad por zonas y temporadas

En Dzibilchaltún se estimó una riqueza de 12.6 especies (I.C. 95% = 8.7 - 16.5) y 3.0 especies dominantes (I.C. 95% = 2.5 - 3.5) (Figura 7c y 7d). Las especies dominantes fueron *A. jamaicensis*, *G. soricina* y *S. parvidens*. En la temporada de lluvias se estimó una riqueza de 9.0 especies (I.C. 95% = 7.5 - 10.5) y 2.0 especies dominantes (I.C. 95% = 1.7 - 2.3). En la temporada de secas se estimó una riqueza de 9.4 especies (I.C. 95% = 7.0 - 11.9) y 6.1 especies dominantes (I.C. 95% = 5.0 - 7.3). En cuanto al recambio estimado de especies, en Dzibilchaltún se encontró que entre las dos temporadas existen 1.22 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.14 - 1.29), y 1.30 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.17 - 1.46) de especies dominantes.



En Chichen Itzá se estimó una riqueza de 15.0 especies (I.C. 95% = 12.6 - 17.4) y 2.9 especies dominantes (I.C. 95% = 2.6 - 3.1) (Figura 7c y 7d). Las especies dominantes fueron *A. jamaicensis*, *S. parvidens* y *G. soricina*. En la temporada de lluvias se estimó una riqueza de 12.1 especies (I.C. 95% = 8.7 - 15.5) y 4.3 especies dominantes (I.C. 95% = 3.9 - 4.8). En la temporada de secas se estimó una riqueza de 12.0 especies (I.C. 95% = 9.2 - 14.8) y 2.0 especies dominantes (I.C. 95% = 1.8 - 2.2). En cuanto al recambio estimado de especies, en Chichén Itzá se encontró que entre las dos temporadas existen 1.30 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.20 - 1.40), y 1.15 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.10 - 1.22) de especies dominantes.

En Ek'Balam se estimó una riqueza de 21.6 especies (I.C. 95% = 15.2 - 28.0) y 4.3 especies dominantes (I.C. 95% = 3.6 - 5.0) (Figura 7c y 7d). Las especies dominantes fueron *A. jamaicensis*, *S. parvidens*, *G. soricina* y *A. phaeotis*. En la temporada de lluvias se estimó una riqueza de 13.4 especies (I.C. 95% = 10.6 - 16.1) y 4.4 especies dominantes (I.C. 95% = 3.5 - 5.3). En la temporada de secas se estimó una riqueza de 13.0 especies (I.C. 95% = 10.1 - 15.9) y 3.7 especies dominantes (I.C. 95% = 3.0 - 4.4). En cuanto al recambio estimado de especies, en Ek'Balam se encontró que entre las dos temporadas existen 1.3 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.28 - 1.48), y 1.06 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.03 - 1.11) de especies dominantes.

En Uxmal se estimó una riqueza de 13.5 especies (I.C. 95% = 11.0 - 16.0) y 2.5 especies dominantes (I.C. 95% = 2.2 - 2.8) (Figura 7c y 7d). Las especies dominantes fueron *A. jamaicensis* y *Carollia perspicillata*. En la temporada de lluvias se estimó una riqueza de 11.0 especies (I.C. 95% = 9.5 - 12.5) y 2.6 especies dominantes (I.C. 95% = 2.3 - 2.9). En la temporada de secas se estimó una riqueza de 9.9 especies (I.C. 95% = 8.1 - 11.7) y 2.2 especies dominantes (I.C. 95% = 1.8 - 2.7). En cuanto al recambio estimado de especies, en Uxmal se encontró que entre las dos temporadas existen 1.3 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.23 - 1.37), y 1.02 comunidades equivalentes (I.C. 95% = 1.01 - 1.04) de especies dominantes.



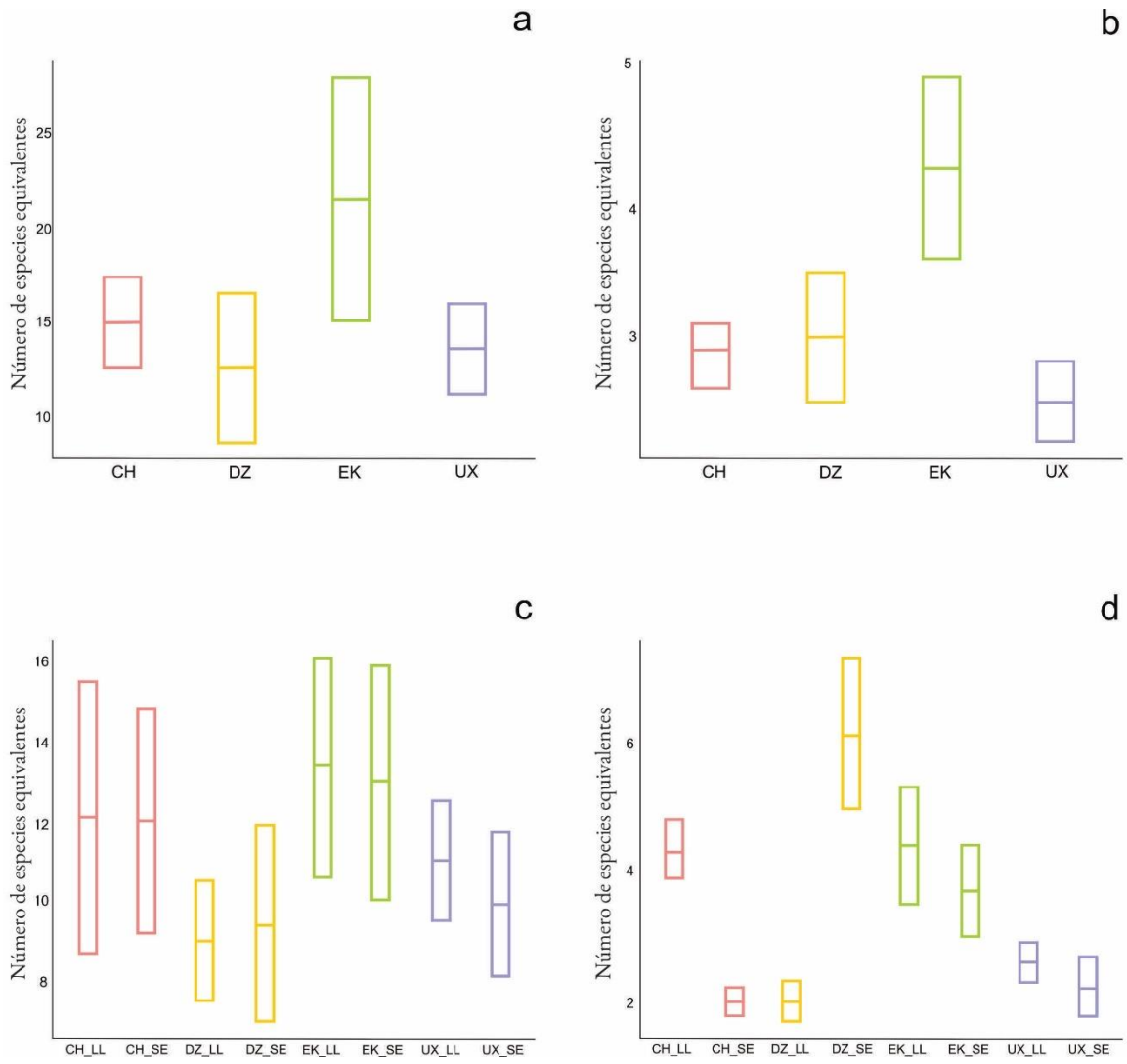


Figura 7. Diversidad estimada de murciélagos por zona arqueológica: Chichén Itzá (CH), Dzibilchaltún (DZ), Ek'Balam (EK) y Uxmal (UX) y temporada: secas (SE) y lluvias (LL): a) Diversidad alfa o riqueza de especies por zona, b) especies dominantes por zona, c) diversidad alfa o riqueza de especies por temporada, y d) especies dominantes por temporada. Los extremos de las cajas representan el límite inferior y el límite superior del intervalo de confianza al 95%.

DISCUSIÓN

Riqueza y abundancia

En el presente trabajo registramos un total de 23 especies de murciélagos, las cuales representan el 53% de las especies descritas para el estado de Yucatán. Al juntar los datos obtenidos mediante la captura con redes de niebla y la búsqueda de refugios, encontramos 12 especies en Dzibilchaltún, 16 especies en la zona arqueológica de Chichén Itzá, 17 especies en Uxmal y 20 especies en Ek'Balam. Al comparar nuestros resultados con otros estudios realizados en el estado de Yucatán, observamos que la riqueza de especies en cada una de las zonas arqueológicas fue superior: Ría Celestún, 7 especies (Cime et al. 2006); Anexa Sacnicté, 10 especies (SEDUMA 1994); Cuxtal, 11 especies (Ramírez 2005); Dzilam, 13 especies (SEDUMA 2005); Kabah, 15 especies (Estrella et al. 2014). Este alto número de especies encontradas puede deberse a que, con excepción de Dzibilchaltún, las zonas arqueológicas evaluadas cuentan o se encuentran cerca de sitios con cobertura forestal (Mendoza-Vega y Molina-Rosales 2012; Ellis et al. 2017). Además, las zonas arqueológicas cuentan con una restricción de uso de suelo, lo que contribuye a la conservación del área en donde se encuentran (COFEMER 2015; Secretaría de Servicios Parlamentarios 2018). Por último, en este trabajo se combinaron dos métodos de muestreo, mientras que para los estudios únicamente se trabajó con redes de niebla, lo cual, como se verá más adelante, puede ocasionar un muestreo mal representado (Rydell et al. 2002; MacSwiney et al. 2007).

Sin embargo, la riqueza reportada localmente en el estado de Yucatán es más baja que la riqueza encontrada en estudios realizados en los otros dos estados que conforman a la Península de Yucatán (Figura 8): Campeche: Los Petenes, 16 especies (Montiel et al. 2006); Calakmul, 46 especies (Arroyo et al. 2011); Hampolol, 22 especies (Vargas-Conteras et al. 2008); y Quintana Roo: Santuario del Manatí, Chetumal, 37 especies (Escobedo et al. 2002); Sian Ka'an, 34 especies (De La Tijera y Cabrera 1999). Lo anterior puede deberse a tres factores principales (Pech-Canche 2010): 1) En las regiones del sur de la Península de Yucatán existe mayor precipitación y una temporada de secas menos severa, permitiendo que la vegetación se desarrolle con una mayor altura del dosel y mayor diversidad de especies de plantas (White et al. 2004), las cuales son características que se han relacionado con una mayor diversidad de murciélagos en otras regiones (Castro-Luna et al. 2007). 2) Yucatán es el estado con la menor superficie forestal de los tres que



conforman a la Península, resultado de la alta tasa de deforestación y reducción de selvas para la expansión urbana y de infraestructura relacionada con el desarrollo turístico, así como para el uso ganadero y agricultor (Vargas-Contreras et al. 2012; Ellis et al. 2015, 2017). 3) A diferencia de Campeche y Quintana Roo que cuentan con grandes áreas destinadas a la conservación, el estado de Yucatán cuenta con menor superficie destinada a dicho propósito, de las cuales, las áreas más extensas se encuentran sobre la zona costera, mientras que las restantes son reservas pequeñas y aisladas entre sí (Ruiz y Arrellano 2016; CONAMP 2018a; b).

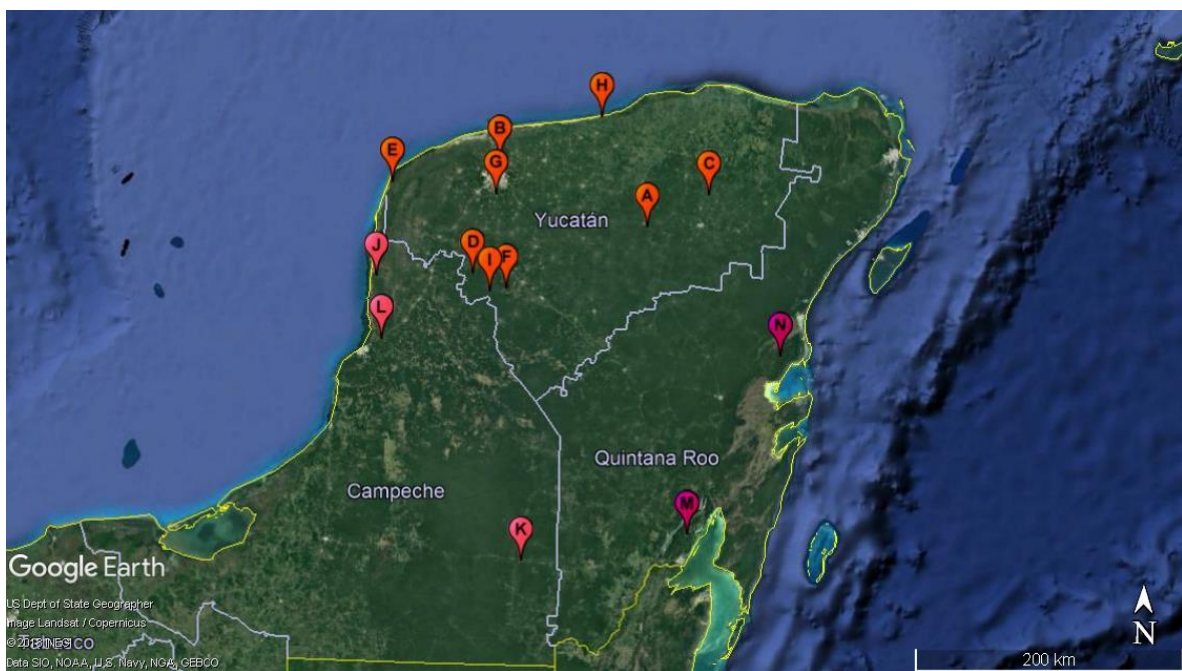


Figura 8. Estudios sobre la riqueza de especies en los estados que conforman a la Península de Yucatán: **Yucatán:** (A) Zona arqueológica Chichén Itzá, (B) Parque Nacional Dzibilchaltún, (C) Zona arqueológica Ek'Balam, (D) Zona arqueológica Uxmal, (E) Reserva de la Biósfera Ría Celestún, (F) Anexa Sacnicté, (G) Reserva Ecológica Cuxtal, (H) Reserva Estatal Dzilam, (I) Zona arqueológica Kabah; **Campeche:** (J) Reserva de la Biósfera Los Petenes, (K) Reserva de la Biósfera Calakmul y (L) Hampolol; **Quintana Roo:** (M) Santuario del Manatí y (N) Reserva de la Biósfera Sian Ka'an.



Continuando con la riqueza, los análisis de datos, realizados únicamente con los datos obtenidos del muestreo con redes de niebla, no mostraron diferencias significativas entre la riqueza de las cuatro zonas arqueológicas (Figura 7a). Sin embargo, Dzibilchaltún fue la zona de menor riqueza, lo que asociamos tres factores: 1) es la zona que cuenta con menos sitios potenciales de refugio. Ya que un sitio con alta diversidad debe contar con los recursos necesarios para mantener a las especies, la disponibilidad de refugios se ha propuesto como factor limitante en las comunidades de murciélagos (Fenton et al. 1992; Rodríguez-Duran y Vazquez 2001; Aguirre et al. 2003). 2) Dzibilchaltún cuenta grandes explanadas como la del área central en donde se encuentra la Estructura 44 y la del camino a Muñecas. Se ha visto que algunos murciélagos evaden este tipo de zonas abiertas ya que representan un riesgo de depredación alto debido a que la falta de refugios los hace una presa fácil para búhos, lechuzas y otros depredadores (Russo et al. 2007). 3) Dzibilchaltún se encuentra en medio de una zona con fuerte uso ganadero y agrícola (Morales et al. 2013; García-Morales et al. 2016), además es la única zona que se encuentra completamente aislada del continuo de cobertura forestal, pues se encuentra rodeada por asentamientos humanos, dejando un aproximado de 1.6 km de radio de bosque antes de llegar a las zonas urbanizadas.

Por otro lado, Ek'Balam fue la zona con mayor riqueza. Esto puede deberse a que es el sitios con mayor precipitación (Tabla 1), lo cual se asocia con una mayor diversidad de murciélagos (Castro-Luna et al. 2007), y a la presencia del cenote Xcanché. Estudios mencionan que los cenotes atraen a una gran cantidad de murciélagos debido a que representan sitios importantes para beber y de forrajeo (Rydell et al. 1999; Ciechanowski 2002; MacSwiney et al. 2007). A pesar de que Dzibilchaltún también cuenta con el cenote Xlakah (a cielo abierto), el cenote de Ek'Balam tiene una estructura más compleja (Villagrán Gutierrez 2016), principalmente debido a que las paredes forman una bóveda con múltiples agujeros de diferentes tamaños y profundidades que pueden brindar refugio a diversas especies de animales, entre ellos, murciélagos.

En todos los sitios la familia Phyllostomidae fue la de mayor abundancia, representando el 92% de las capturas, mientras que las familias Molossidae (5%), Mormoopidae (1%), Vespertilionidae (1%), Emballonuridae (0.3%) y Natalidae (0.1%) tuvieron menor representación. La dominancia de la familia Phyllostomidae se ha reportado en otros estudios con murciélagos en



el neotrópico (Acharya y Fenton 1999; MacSwiney et al. 2007; Morales et al. 2013; de la Peña-Cuéllar et al. 2015) donde la estabilidad climática de los trópicos ha favorecido la diversificación de los gremios tróficos que la componen (Janzen 1973; Pech-Canche 2010). En este sentido la dominancia de los filostómidos en nuestro estudio puede atribuirse a tres razones: 1) los filostómidos son el grupo más abundante en los trópicos (Fenton et al. 1992; McCain 2007); 2) hacen mayor uso de los estratos inferiores de la vegetación por lo que son los más frecuentemente capturados en redes de niebla (Simmons y Voss 1998; Medellín et al. 2000; Morales et al. 2013; Silva y Bernard 2017); y 3) muchas especies de este grupo son altamente tolerantes a las áreas de uso humano y tienen la capacidad de recolonizar sitios alterados (Morales et al. 2013). Lo anterior se debe a la amplia gama de alimento con el que cuentan (Lobova y Mori 2004; Muscarella y Fleming 2007), su capacidad de cambiar los componentes de su dieta según la estación o la disponibilidad local (Charles-Dominique 1991; Kunz y Ingalls 1994; Rodríguez-Duran y Vazquez 2001) y su capacidad para volar largas distancias (Estrada y Coates-Estrada 2001; Bernard y Fenton 2003; Arnone et al. 2016).

Respecto a las demás familias encontradas en las zonas arqueológicas, pensamos que la diversidad de especies pudo subestimarse debido al método de muestreo. Para este estudio se trabajó con redes de niebla y búsqueda de refugios. La búsqueda de refugios ayudó a aumentar el registro de especies, sin embargo, se sabe que las redes de niebla están sesgadas hacia grupos específicos, principalmente de filostómidos por volar en estratos bajos (Brigham y Jones 2004; Morales et al. 2013; Silva y Bernard 2017). Las regiones neotropicales también son ricas en especies de las familias insectívoras (Estrada-Villegas et al. 2010; Jung y Kalko 2010) que, a diferencia de los filostómidos, hacen uso de los estratos superiores de la vegetación al atrapar a sus presas en vuelo y poseen un sistema de ecolocación más desarrollado que les permite evitar las redes, por lo que en los muestreos basados en redes de niebla y trampas de arpa estas especies suelen estar mal representadas (Rydell et al. 2002; MacSwiney et al. 2007). Por estas razones, es recomendable el uso de métodos complementarios como detectores ultrasónicos (Godoy Bergallo et al. 2003; MacSwiney et al. 2007; Silva y Bernard 2017). Estos análisis de llamadas de ecolocalización pueden incrementar los inventarios de murciélagos ya que son capaces de registrar algunas especies raras o elusivas, particularmente aquellas pertenecientes a las familias Molossidae, Emballonuridae y Vespertilionidae (Rydell et al. 2002).



En un estudio en la zona arqueológica de Dzibilchaltún en 2010, se observó la utilidad de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos neotropicales, ya que, gracias a este método se incrementó en un 40% el inventario de murciélagos registrado con los métodos de captura tradicionales (Pech-Canche et al. 2010). También se demostró que es necesario usar más de un método de captura para registrar la mayoría de las especies de murciélagos de una localidad: con las redes de niebla se capturaron todas las especies de filostómidos, con las trampas arpa algunas especies de murciélagos insectívoros, principalmente de la familia Mormoopidae, y con los detectores se registraron prácticamente todas las especies insectívoras de las demás familias (Pech-Canche et al. 2010). Comparando nuestros resultados con los de Pech-Canche y colaboradores (Tabla 9), en color verde observamos que las especies *Pteronotus davyi*, *Eptesicus furinalis*, *Lasiurus intermedius*, *Promops centralis*, y dos especies del género *Eumops* únicamente lograron ser registradas gracias a los detectores ultrasónicos, mientras que en nuestro trabajo no logramos capturarlas en redes ni observarlas en refugios. Las especies *Peropteryx macrotis*, *Myotis keaysi*, *Lasiurus ega*, *Molossus rufus*, *Molossus sinaloae* y *Nyctinomops laticaudatus* también solo fueron registradas por Pech-Canche y colaboradores con detectores, sin embargo, en nuestro estudio (en color morado), logramos registrarlas gracias a la exploración constante de los mejores sitios para colocar las redes y a la búsqueda de refugios. Además, gracias a la búsqueda de refugios agregamos una especie más al inventario de Dzibilchaltún: *M. cozumelae*.

Otras alternativas que podrían explicar la baja representatividad de las demás familias son las siguientes: para el caso de los vespertiliónidos existen estudios que muestran que algunas especies, entre ellas las del género *Myotis*, evaden zonas abiertas (Evelyn et al. 2004; Avila-Flores y Fenton 2005) y áreas de mucha iluminación como mecanismo de reducción del riesgo de ser depredados (Rydell y Racey 1995; Avila-Flores y Fenton 2005), por lo que difícilmente son capturados en redes de niebla. En nuestro caso, únicamente registramos tres individuos de la especie *Myotis keaysi* y 11 individuos de la especie *Rhogeessa aeneus*, cuyas capturas las asociamos a su preferencia por los cenotes (Rydell et al. 2002). Por otro lado, especies de mormópidos (*Pteronotus parnellii* y *P. personatus*), de embalonúridos (*Peropteryx sp.*) y natálidos (*Natalus mexicanus*) generalmente se encuentran en sitios con alta cubierta forestal y son sensibles a alteraciones antropogénicas del hábitat (MacSwiney et al. 2007; Jung y Kalko 2011), por lo que sería difícil encontrarlos en sitios como las zonas arqueológicas. El único representante de la familia Noctilionidae, *Noctilio*



leporinus, no fue registrado en este trabajo. Pensamos que al alimentarse de peces pequeños, esta especie se encuentra asociada a cuerpos de agua como estuarios, bahías y lagunas costeras y cuevas cercanas al mar (Hood y Knox 1984; Arita 1997).

Tabla 9. Comparación de especies encontradas en el estudio de Pech-Canche y colaboradores en Dzibilchaltún con los resultados del presente trabajo realizado en Dzibilchaltún, Chichén Itzá (Chi), Ek'Balam (EkB) y Uxmal (Ux). Red de niebla (RN), trampa de arpa (TA), detector ultrasónico (DU), observación en refugio (R) (Pech-Canche et al. 2010). En color verde las especies que Pech-Canche y colaboradores registraron únicamente gracias a los detectores ultrasónicos y que en este estudio no se registraron por ningún método. En color morado, especies que Pech-Canche y colaboradores registraron únicamente gracias a detectores ultrasónicos pero que en este estudio se registraron gracias a la búsqueda de refugios y la exploración de lugares para colocar las redes.

FAMILIA	ESPECIE	Pech-Canché et al. 2010			Dzibilchaltún		Chi, EkB, Ux	
		RN	TA	DU	RN	R	RN	R
EMBALLONURIDAE	<i>Peropteryx macrotis</i>			X				X
MORMOOPIDAE	<i>Mormoops megalophylla</i>		X	X			X	
	<i>Pteronotus parnellii</i>		X				X	
	<i>Pteronotus davyi</i>		X	X				
PHYLLOSTOMIDAE	<i>Micronycteris microtis</i>	X			X	X	X	X
	<i>Micronycteris schmidtorum</i>						X	
	<i>Desmodus rotundus</i>	X			X	X	X	
	<i>Diphylla ecaudata</i>	X			X		X	X
	<i>Mimon cozumelae</i>				X	X	X	X
	<i>Glossophaga soricina</i>	X	X		X		X	X
	<i>Artibeus jamaicensis</i>	X			X	X	X	X
	<i>Artibeus lituratus</i>	X			X	X	X	X
	<i>Artibeus phaeotis</i>	X					X	X
	<i>Carollia perspicillata</i>						X	
	<i>Carollia sowelli</i> Baker	X					X	X
	<i>Chiroderma villosum</i>						X	
	<i>Sturnira parvidens</i>	X			X		X	
	<i>Centurio senex</i>	X	X					
NATALIDAE	<i>Natalus mexicanus</i>		X				X	X
	<i>Eptesicus furinalis</i>			X				
	<i>Myotis elegans</i>	X	X					
VESPERTILIONIDAE	<i>Myotis keaysi</i>			X			X	X
	<i>Lasiurus ega</i>			X	X			
	<i>Lasiurus intermedius</i>			X				
	<i>Rhogeessa aeneus</i>		X	X	X		X	
MOLOSSIDAE	<i>Molossus rufus</i>			X			X	X
	<i>Molossus sinaloae</i>			X	X			
	<i>Nyctinomops laticaudatus</i>			X		X	X	X
	<i>Promops centralis</i>			X				
	<i>Eumops sp.1</i>			X				
	<i>Eumops sp.2</i>			X				

Respecto al recambio de especies, el análisis de la diversidad beta mostró que la comunidad de murciélagos fue muy similar entre las cuatro zonas arqueológicas. Una explicación a este resultado es que la península de Yucatán, comparada con otras regiones de México, tiene una baja diversidad beta (Arita y Rodríguez 2002; Sosa-Escalante et al. 2013), que es consecuencia del patrón de distribución “todos están en todas partes”, resultado de la topografía homogénea, la falta de barreras geográficas y la baja heterogeneidad de hábitats que existe en la zona (Vázquez-Domínguez y Arita 2010).

Así mismo, el análisis de la diversidad beta mostró que las especies dominantes fueron prácticamente las mismas en las cuatro zonas arqueológicas: *Artibeus jamaicensis*, *Sturnira parvidens* y *Glossophaga soricina*. Únicamente en Uxmal *Carollia perspicillata* se agrega a las especies dominantes. Sin embargo, sabemos que en este sitio también existe una alta abundancia de la especie *Nyctinomops laticaudatus* debido a la colonia que habita en el Palacio del Gobernador en Uxmal (Ortega y Castro-Arellano 2001; Avila-Flores et al. 2002). A pesar de que no existen censos que contabilicen a la colonia que reside en las estructuras, estimamos que son varios miles de individuos, pero, debido a que el análisis se llevó a cabo únicamente con las especies que cayeron en redes, *N. laticaudatus* no aparece como especie dominante en Uxmal. Por otro lado, la zona más equitativa fue la de Ek'Balam, mientras que Chichén Itzá, Dzibilchaltún y Uxmal, no tuvieron diferencias significativas en cuanto al número de especies dominantes (Figura 7b). Aún así, Uxmal fue el sitio que presentó mayor dominancia.

En este estudio las especies que se encontraron presentes en todos o casi todos los sitios y con las más altas abundancias fueron de la familia Phyllostomidae: *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Artibeus phaeotis*, *Glossophaga soricina* y *Sturnira parvidens*. La presencia y dominancia estas especies se ha reportado en otros estudios en el neotrópico (Montiel et al. 2006; García-García y Santos-Moreno 2014; de la Peña-Cuéllar et al. 2015; Ramírez et al. 2017). Se sugiere que esto se debe a su carácter de especies generalistas. Se ha observado que, además de su resistencia a los disturbios y a la transformación del ambiente (Medellín et al. 2000; Galindo-González 2004; Cunto y Bernard 2012), es posible que estas especies se beneficien de la fragmentación, ya que utilizan tanto selvas como ambientes transformados remanentes (e.g. árboles y arbustos aislados en los pastizales, vegetación riparia y vegetación secundaria), los cuales se encuentran en gran porcentaje en todos nuestros sitios de muestreo (Galindo-González 2004;



de la Peña-Cuéllar et al. 2015). Por otro lado, estas especies estuvieron entre las más asociadas a las zonas arqueológicas, pues se encontraron en refugios diurnos y nocturnos dentro de las estructuras, así como en las redes colocadas dentro del espacio entre las construcciones. Esto último, lo relacionamos con la presencia de árboles frutales plantados en la zona núcleo o turística como ceibas (*Ceiba pentandra*), ramones u osh (*Brosimum alicastrum*), ciruelos o *jub-jub* (*Spondias purpurea*), hierba santa (*Piper auritum*), guásimos o pixoy (*Guazuma ulmifolia*), robles rosas o *Ya'ax nik* (*Tabebuia rosea*), coditos de fraile o *akitiz* (*Thevetia gaumeri*), el saramullo (*Annona squamosa*), el zapote (*Manilkara sapota*), la huaya cubana (*Melicococus bijugatus*) entre otras (Ancona 2012), que cuales les sirven de alimento y se encuentran en gran proporción dentro de las zonas arqueológicas, especialmente cerca de las estructuras.

Por otro lado, dentro de los filostómidos, las especies hematófagas *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* también fueron capturadas frecuentemente. A pesar de que son murciélagos con un tipo de alimentación muy especializada, son considerablemente adaptables a las transformaciones antropogénicas, pues su alimento lo proporciona principalmente el ganado (Galindo-González 2004). Este último aspecto explica su presencia en las zonas de Dzibilchaltún, Ek'Balam y Chichén Itzá, donde es común que la gente de los pueblos cercanos tenga vacas, cerdos y otros animales de granja. Además, MacSwiney y colaboradores (2007) mencionan que los vampiros se sienten atraídos por los árboles que rodean los cenotes, ya que de esta manera se acercan a los animales que van a beber, y posteriormente los utilizan como lugares de digestión (MacSwiney et al. 2007). Especialmente en Dzibilchaltún se capturaron a las dos especies de murciélagos hematófagos *D. rotundus* y *D. ecaudata* en un camino que colinda con el pueblo y los espacios dedicados a ganadería. Al hablar con los habitantes, casi todos mencionaron haber tenido problemas con estos murciélagos debido a que constantemente se alimentan del ganado y las gallinas. Cerca de esta zona arqueológica, en la cueva de Xconcopochéh, encontramos un refugio con ambas especies.

Si bien las especies de filostómidos frugívoros y hematófagos son más adaptables a las perturbaciones humanas, otras especies son más sensibles y la vegetación perturbada puede afectarles considerablemente, lo que explica la ausencia de especies de otros niveles tróficos dentro de la familia Phyllostomidae (Castro-Luna et al. 2007). Especialmente las especies de las subfamilias Phyllostominae y Micronycterinae como *Micronycteris microtis* y *Mimon cozumelae*



suelen ser raras y sensibles a disturbios (Estrada y Coates-Estrada 2001; Galindo-González 2004). Estas dos especies se encontraron en todos los sitios y en tres de cuatro sitios respectivamente, sin embargo, en todas las zonas ambas especies fueron raras, pues son murciélagos especialistas en el tipo de alimentación y en requerimientos de hábitat (Medellín et al. 2000; Galindo-González 2004; Morales et al. 2013). Galindo González (2004) reporta que no toleran espacios abiertos, ni volar fuera de la cobertura vegetal, lo cual coincide con nuestras observaciones, pues los animales fueron capturados únicamente en redes colocadas entre caminos de vegetación densa (Galindo-González 2004). Sin embargo, es importante destacar su presencia en este tipo de lugares con alta visita turística, ruido, luces y olores que podrían significar disturbios importantes (Mann et al. 2002).

Temporalidad

Las comunidades de murciélagos pueden variar de forma anual o por temporada dependiendo de la disponibilidad de recursos (Mello 2009). Durante la temporada de lluvias la fructificación y la abundancia de insectos aumenta (Heithaus et al. 1975; Bonaccorso 1979; Klingbeil y Willig 2010; Rothenwöhler et al. 2011), dando lugar a una mayor cantidad y calidad de recursos alimentarios para los murciélagos, lo que lleva a poblaciones más grandes y más estables que en otras épocas del año (Medellín 1993; Mello 2009; Pech-Canche et al. 2011). Sin embargo, en este estudio no se encontró un patrón en las diferencias de abundancia de murciélagos respecto a la temporalidad.

Los análisis de diversidad beta mostraron que para cada sitio la comunidad de murciélagos en lluvias y en secas fue muy similar. Otros trabajos tampoco han encontrado diferencias en la riqueza y abundancia de especies entre temporadas (Montiel et al. 2006; Klingbeil y Willig 2010; Pech-Canche et al. 2011; García-García y Santos-Moreno 2014). Algunos autores mencionan que la fragmentación de los ecosistemas derivada de las actividades humanas como el cambio de usos de suelo hacia agricultura y ganadería, ambas presentes en el estado de Yucatán y cerca de las zonas arqueológicas (Ellis et al. 2015; INEGI 2017), puede modificar los patrones estacionales de composición de los ensambles de murciélagos. Esto debido a que genera una proliferación de plantas típicas de estados sucesionales primarios como *Cecropia*, *Piper* y *Solanum* (Estrada y



Coates-Estrada 2002; Willig et al. 2007), con floración y fructificación continuas, lo que promueve la presencia de especies de murciélagos frugívoros y nectarívoros durante todo el año (Marinho-Filho 1991; Fenton et al. 1992; Willig et al. 2007; García-García y Santos-Moreno 2014). Por otro lado, estos resultados también pueden atribuirse a la alta movilidad de estas especies (Tabla 10) y a la relativamente corta distancia entre islas de bosques en Yucatán (Montiel et al. 2006).

Tabla 10. Área mínima de desplazamiento de las especies de murciélagos más abundantes en las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek´Balam y Uxmal. *La columna “otros” hace referencia a los datos del área de movimiento que se obtuvieron de especies emparentadas o con una historia natural similar a la encontrada en la zona arqueológica.

Especie	Otros*	Radio de movimiento estimado	Variable ecológica	Referencia
<i>N. laticaudatus</i>	<i>T. brasiliensis</i>	10000 ha	Área de forrajeo	(McCracken et al. 2008)
<i>A. phaeotis</i>		65 ha	Rango de forrajeo	(Montiel et al. 2006)
<i>A. jamaicensis</i>		1000 ha	Rango de forrajeo	(Arnone et al. 2016)
<i>A. lituratus</i>	<i>A. jamaicensis</i>	1000 ha	Rango de forrajeo	(Arnone et al. 2016)
<i>S. parvidens</i>		36.5 ha	Ámbito hogareño	(Loayza y Loiselle 2008)
<i>C. perspicillata</i>		155 ha	Ámbito hogareño	(Bernard y Fenton 2003)
<i>G. soricina</i>		430ha	Ámbito hogareño	(Aguiar et al. 2014)

Una especie que resalta en cuanto a la temporalidad es *C. perspicillata* debido a que sólo se encontró un individuo en la temporada de secas en Ek´Balam, mientras que en la temporada de lluvias se sólo se encontró en Uxmal, representando la segunda especie más dominante en el sitio con 58 capturas. Esta especie se considera especialista (pero no exclusiva) en frutos del género *Piper*, plantas que, a pesar de que existen especies que producen frutos en diferentes épocas del año, dependen en gran medida de la disponibilidad de agua (Bonaccorso 1979; Estrada et al. 1993; Mello et al. 2004; MacSwiney et al. 2007). Se sabe que este murciélago experimenta cambios estacionales en la dieta y que realiza grandes desplazamientos en búsqueda de alimento, cambiando constantemente de lugares de forrajeo en la temporada de secas cuando existe poca disponibilidad (Heithaus et al. 1975; Fleming y Heithaus 1986; Mello et al. 2004), lo que podría explicar su ausencia en los registros de la temporada de secas. Además, es probable que Uxmal sea la zona que tenga cambios más drásticos en la fructificación y floración al llegar la temporada de lluvias debido a la falta de agua que existe en la estación de secas. Esto, porque es la zona



arqueológica con menor precipitación y porque se encuentra en la única área montañosa del estado (Cordón Puuc, 100 m.s.n.m en su punto más alto y 25 m es su área basal) (Ancona 2012; INEGI 2016b), pues tiene una capa freática profunda y carece de aguas superficiales permanentes.

En la temporada de secas *A. jamaicensis*, *A. phaeotis* y *G. soricina* fueron más abundantes en Chichén Itzá y Ek'Balam. Esto lo atribuimos en parte a la presencia de múltiples árboles de *Ceiba pentandra*, los cuales estaban en floración (producción masiva de flores “big bang”; (Gentry 1974) en esa temporada, pues durante el muestreo observamos una gran cantidad de murciélagos volando entre las flores. Al colocar nuestras redes cerca de los árboles, observamos a estas especies tan llenas de polen que parecían ser de color amarillo (Figura 9). Este cambio aparente en la coloración coincide con la floración de la ceiba y ya había sido reportado antes (Tschapka y Dressler 2002; MacSwiney et al. 2012, 2017). Aunque estas especies son frugívoras, se sabe que complementan su dieta con polen y néctar en la estación de secas como fuente de agua, calcio y energía (Tschapka y Dressler 2002; Dumont 2003; VonHelvesen y Winter 2003; MacSwiney et al. 2017). Debido a esto, se ha propuesto a la ceiba (*C. pentandra*) como uno de los recursos alimenticios más importantes durante la temporada (Heithaus et al. 1975; Fleming y Heithaus 1986; MacSwiney et al. 2012). Si bien se ha reportado que *C. perspicillata* también se alimenta del néctar y pólen este árbol (Heithaus et al. 1975; Fleming y Heithaus 1986; Sánchez-Casas y Álvarez 2000), el único registro de la temporada de secas no fue cerca de las ceibas.



Figura 9. *Artibeus jamaicensis* cubierto de polen de ceiba, dando una tonalidad amarilla. Especie capturada en Chichén Itzá durante la temporada de secas (invierno). Fotografía: Alejandro Marín.



Otras diferencias que observamos entre las temporadas fueron las diferencias en las identidades de las especies, las cuales ocurrieron principalmente en especies de murciélagos insectívoros, con excepción de *A. lituratus* y *C. perspicillata*, de las cuales se ha hablado anteriormente, y *Chiroderma villosum*, que solo tuvo un registro en Ek'Balam. La presencia *C. villosum* en Yucatán tiene poco de ser reportada (Sosa-Escalante et al. 2001), y dentro de los frugívoros de la zona no es una especie común de observar (Estrada y Coates-Estrada 2001; Montiel et al. 2006; MacSwiney et al. 2007; Pech-Canche et al. 2011).

Debido a la baja representatividad de las especies que estuvieron presentes en sólo una temporada, atribuimos los cambios en la identidad de especies a la localización particular de las redes de niebla. Por ejemplo, en Chichén Itzá *Molossus rufus* no tuvo ningún registro en la temporada de secas, mientras que en la temporada de lluvias capturamos 20 individuos, todos al mismo tiempo en una sola red que colocamos por primera vez a un costado del Observatorio cerca de la línea de vegetación. Esta especie a menudo se refugia en construcciones humanas y árboles huecos (Peters et al. 2012; Breviglieri y Uieda 2014; Smithsonian Institution 2018), por lo que pensamos que el refugio de esta colonia podría haber estado muy cerca. En Dzibilchaltún *Molossus sinaloae* y *Lasiurus ega* también se encontraron únicamente en la temporada de lluvias, pero esto se debió a que colocamos una red atravesando el cenote, lo que no hicimos en la primera temporada de muestreo. Así mismo la abundancia de algunas especies también la atribuimos a la localización de las redes. Por ejemplo, en Ek'Balam *M. megalophylla* fue capturado constantemente en la misma red colocada en un sitio que, según nuestras observaciones, usaban comúnmente para bajar al cenote a alimentarse o beber agua. En Uxmal, a pesar de saber que existe una alta abundancia de la especie *Nyctinomops laticaudatus*, en el análisis no aparece como especie dominante debido a que éste se llevó a cabo únicamente con las especies que cayeron en redes. Estos casos particulares de captura enfatizan el sesgo que puede tener el uso de redes de niebla para especies que utilizan estratos diferentes al sotobosque, principalmente insectívoros, y la importancia de conocer tanto la biología de las especies como de identificar sus refugios, pues esto puede influir en la ausencia o dominancia de especies en la comunidad estudiada.

Un factor que también podría haber afectado nuestros resultados respecto a la temporalidad es la fase lunar, pues la intensidad de la luz de la luna tiene un efecto negativo en la actividad de los murciélagos (Morrison 1978; Hecker y Brigham 1999; Lang et al. 2006) como



adaptación para reducir el riesgo de depredación y el efecto en la disponibilidad de presas (Lang et al. 2006). Si bien se sugiere evitar las noches de luna llena al trabajar con murciélagos, en este estudio se trabajó durante 26 días consecutivos por temporada (6 días en cada zona más 2 días de descanso) por lo que no fue posible evadir dichas noches. Además, ya que el objetivo principal de este estudio era registrar la mayor cantidad de especies, decidimos muestrear cada zona en fases lunares diferentes aun si esto no permitiera detectar si los cambios en la diversidad fueron debidos a la estacionalidad o al efecto de la fobia lunar. Sin embargo, el método empleado sí nos permitió completar el listado lo mejor posible, dado que si hubiéramos muestreado la misma zona en luna llena durante ambas temporadas, es probable que no obtuviéramos el registro de muchas especies debido a que el efecto de la fobia lunar en murciélagos tropicales es mayor que en otras regiones (Karlsson et al. 2006; Saldaña-Vázquez y Munguía-Rosas 2013).

Refugios

Durante este estudio encontramos en total 52 refugios, pertenecientes a 12 especies identificadas, dos especies identificadas únicamente hasta género y dos especies no identificadas. La mayoría de las especies y de los refugios fueron encontrados dentro de las estructuras de las zonas arqueológicas. Esto puede deberse a: 1) Si bien la búsqueda de refugios puede aportar mucho en evaluaciones de periodos cortos, muchas veces es difícil registrar aquellas especies cuyos refugios son crípticos o se encuentran en el sub-dosel o dosel (Kunz et al. 1996; Simmons y Voss 1998; Bat Course Perú 2012), por lo que es probable que existieran más refugios naturales que no observamos debido a que nos enfocamos principalmente a las estructuras. 2) Según la literatura, muchas de las especies encontradas en las estructuras pueden refugiarse en sitios naturales (Kunz 1982; Nowak 1994; Ceballos y Oliva 2005; Rodriguez-Herrera et al. 2007), sin embargo, es probable que los murciélagos usen frecuentemente las estructuras ya que les brindan una mayor protección contra la intemperie. Esto lo observamos directamente varias noches cuando, al comenzar la lluvia o tormentas eléctricas, los murciélagos (y otros animales) comenzaban a refugiarse dentro de las estructuras. También es sabido que las construcciones mayas son buenas aislantes térmicas (Díaz 2000; Covián 2005; Sánchez 2006), por lo que al permanecer dentro, los murciélagos pueden mantenerse frescos en una zona tropical que puede llegar a superar los 42° centígrados. Otro beneficio de permanecer en las estructuras es la reducción de riesgo frente a



depredadores como serpientes, aves rapaces, tlacuaches entre otros, ya sea por el miedo a acercarse a lugares con humanos, o porque son retirados o ahuyentados por la seguridad y comodidad de los turistas. Por último, algunos estudios mencionan que el permanecer en refugios artificiales puede ayudar a reducir la cargas parasitarias (Kunz 1982; Hofstede y Fenton 2005; Lausen y Barclay 2006).

En este trabajo, a pesar de que la búsqueda de refugios arrojó un menor número de especies, fue únicamente gracias a este método que logramos registrar a las especies *Peropteryx macrotis* en Chichén Itzá y Uxmal, *Mimon cozumelae* en Dzibilchaltún y Uxmal, *Micronycteris microtis* en Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal, *Diphylla ecaudata* y *Natalus mexicanus* en Uxmal y *Nyctinomops laticaudatus* en Dzibilchaltún. Algunas de estas especies también fueron capturadas en las redes, pero se mencionan aquí debido a que fueron encontradas en primera instancia gracias a la búsqueda de refugios, y posteriormente, en donde se observaron a los animales o sus rastros (e.g. heces o restos de alimento) se colocaron las redes. Aunado a esto, otra ventaja de implementar este método para incrementar los inventarios de especies es que los datos obtenidos sobre el uso de dichos refugios, especialmente en sitios modificados por los humanos, ayudan a lograr una mejor comprensión de cómo las especies de murciélagos responden y se adaptan a estos entornos. Y hay que resaltar que la identificación y protección de los sitios de descanso es un componente esencial de cualquier estrategia para la conservación de murciélagos (Díaz y Linares 2012; Paksuz y Özkan 2012; Voss et al. 2016).

Las especies que encontramos con mayor frecuencia dentro de las estructuras fueron *Micronycteris microtis*, *Artibeus jamaicensis*, *Nyctinomops laticaudatus*, *Glossophaga soricina* y *Peropteryx macrotis*, las cuales, a excepción de *M. microtis*, se consideran generalistas respecto a sus requerimientos de refugio (Graham 1988; Yee 2000; Ortega y Castro-Arellano 2001; Avila-Flores et al. 2002; Evelyn y Stiles 2003; Voss et al. 2016). Según nuestras observaciones *A. jamaicensis*, *A. lituratus* y *N. laticaudatus* son más tolerantes a los disturbios y parecen verse menos afectados por el ruido y movimiento generado por los turistas. Mientras que, *G. soricina*, *P. macrotis* y *M. microtis* parecen buscar sitios con menos disturbio. Por ejemplo, el único refugio de *G. soricina* que localizamos con más de dos individuos fue en una de las estructuras de la Serie Principal o Chichén Viejo, un lugar cuyas estructuras están cubiertas de vegetación al que los turistas no tienen acceso. Los refugios de *P. macrotis* principalmente los encontramos en



lugares altos, también con acceso restringido al turismo como la cúpula del Observatorio en Chichén Itzá y el último nivel de la pirámide del Adivino en Uxmal. Por otro lado, uno de los refugios más importantes dentro de las zonas arqueológicas es el de *N. laticaudatus* en el Palacio del Gobernador (Villa 1966; Avila-Flores et al. 2002), sin embargo, hasta ahora no se había reportado la presencia de la especie *M. rufus* también dentro de las estructuras. Ambas especies son molósidos y son habitantes comunes en construcciones hechas por el hombre (Jung y Kalko 2010; Bastiani et al. 2012; Peters et al. 2012; Souza et al. 2016). Inclusive se les ha descrito como "exploradores urbanos" pues dependen hasta cierto punto de refugios artificiales como casas y puentes, los cuales proporcionan sitios de descanso adecuados y sostienen grandes colonias (Gaisler et al. 1998; Keeley y Keeley 2004; Avila-Flores y Fenton 2005; Jung y Kalko 2010). A pesar de que otros estudios reportan que los vespertiliónidos también aprovechan refugios creados por el hombre (Gaisler et al. 1998; Keeley y Keeley 2004; Jung y Kalko 2010; Voigt y Kingston 2015), no encontramos su presencia dentro de las estructuras.

Otro aspecto que registramos fueron las diferentes funciones que los murciélagos dan a los refugios (Paksuz y Özkan 2012). En este estudio identificamos una mayor cantidad de refugios diurnos, los cuales son usados para el descanso, acicalamiento y apareamiento (Kunz 1982), mientras que los refugios nocturnos, encontrados en menor medida, son utilizados principalmente para el consumo y digestión de los alimentos y en el caso de los murciélagos acechadores, como lugares de espera para cazar (Kunz y Lumsden 2003). Por lo general, los murciélagos son más oportunistas en la selección de refugios nocturnos, y el factor principal para su elección suele ser la cercanía a sus áreas de alimentación porque reduce el costo energético de desplazamiento y la posibilidad de ser depredados (Kunz 1982). En este estudio encontramos en numerosas estructuras (principalmente en Chichén Itzá y Ek'Balam) sitios de alimentación en donde observamos grandes cantidades de semillas mordisqueadas, pero en la mayoría de los casos se trataba de refugios viejos a considerar por el grado de desecación de las semillas. Estos bancos de semillas son generados por los murciélagos fruteros, principalmente *A. jamaicensis*, *A. lituratus* y *C. perspicillata*, que transportan los frutos desde el árbol hasta un lugar de alimentación donde pueden consumirlos.



En general, la mayoría de los refugios encontrados dentro de las estructuras fueron diurnos a pesar de que hay mayor disturbio durante el día. Las únicas dos especies cuyos refugios fueron mayormente nocturnos fueron *M. microtis* y *N. mexicanus*. Respecto a *M. microtis*, la mayoría de los refugios encontrados en la primera temporada fueron observados de nuevo en la segunda. Se sabe que esta especie muestra una alta fidelidad sus dormideros, regresando constantemente con alimento a un refugio permanente donde descartan partes de su presa (Kalka y Kalko 2006; Mendes et al. 2011).

Algunos de los refugios encontrados han sido utilizados por los murciélagos durante años. Por ejemplo, la colonia de *P. macrotis* en el Observatorio de Chichén Itzá fue descrita por Robert T. Hatt en 1938, siendo probablemente uno de los primeros registros de embalonúridos del estado (Hatt 1938). Allen y Chapman en 1897 hacen mención de *Artibeus perspicillatus*, hoy *A. jamaicensis* (Villa 1953), dentro de los templos de Chichén Itzá (Allen y Chapman 1897). Por último Málaga y Villa hablan de la colonia de *N. laticaudatus* que se encuentra en el Palacio de Gobernador en Uxmal desde 1995 (Málaga y Villa 1956).

Resaltamos que, además de la importancia que tiene la búsqueda de refugios como método complementario al realizar un inventario de las especies, los datos obtenidos sobre el uso de dichos refugios, especialmente en sitios modificados por los humanos, ayudan a lograr una mejor comprensión de cómo las especies de murciélagos responden y se adaptan a estos entornos. Además de que la identificación y protección de los sitios de descanso es un componente esencial de cualquier estrategia para la conservación de murciélagos (Díaz y Linares 2012; Paksuz y Özkan 2012; Voss et al. 2016).

Por último, además de las especies de murciélagos, también registramos ocasionalmente algunas otras especies de animales dentro de las zonas arqueológicas, principalmente durante la noche. Entre estos animales se encontraron siete reptiles, tres anfibios, ocho aves y otros cinco mamíferos (Anexo 2). Algunas de estas especies utilizaban las estructuras como refugio, por ejemplo, en el último cuarto de la pirámide del Adivino en Uxmal encontramos un nido con dos polluelos de zopilote (*Coragyps atratus*) y también a los padres. En la Acrópolis de Ek'Balam encontramos un puercoespín (*Coendou mexicanus*) y en Uxmal observamos iguanas (*Ctenosaura similis*) sobre las piedras.



En Chichén Itzá, Dzibilchaltún y Ek'Balam encontramos dentro de varias estructuras al pájaro toh (*Momotus momota*). En los tres sitios, pero especialmente en Chichén Itzá, desde la primera vez que inspeccionamos la zona en la visita de prospección, al trabajo realizado en la primera y segunda temporada, encontramos varios pájaros toh o sus plumas en los cuartos donde anteriormente habíamos documentado grupos de murciélagos (*Artibeus sp.*). Esto lo confirmamos con testimonios de algunos trabajadores de las zonas que también habían observado el fenómeno. A pesar de que no hay trabajos que hablen sobre competencia o desplazamiento por parte del ave hacia los murciélagos, sí se ha observado depredación. Chacón Madrigal y Barrantes reportaron a esta ave alimentándose de un murciélago nectarívoro (Glossophaginae) en Costa Rica (Chacón y Barrantes 2004). Dentro de la dieta del pájaro toh también se encuentran frutas, insectos, moluscos y otros vertebrados como colibrís (García y Zahawi 2006), polluelos y ratas (Reid y Sánchez-Gutiérrez 2010), musarañas (Sandoval et al. 2008) y ratones (Delgado y Brooks 2003). Sin embargo, por el tamaño y peso de *A. jamaicensis* y *A. lituratus* tienen, podría ser que, más que depredación, las aves los estén desplazando de sus refugios.

Cenotes

Diversos trabajos resaltan la importancia que tienen los cuerpos de agua para los murciélagos como sitios de forrajeo o sitios para beber (Rydell et al. 1999; Ciechanowski 2002; MacSwiney et al. 2007). En nuestro estudio, su presencia es interesante ya que tanto la zona más diversa como la zona menos diversa cuentan con cenotes dentro del sitio. Esto podría indicar que las características propias de cada sitio como la complejidad de sus cenotes y la vegetación asociada a ellos puede ser más importante que el cuerpo de agua per sé. Por ejemplo, el estudio realizado por MacSwiney y colaboradores (2007) comprobó que la vegetación asociada a los cenotes tiene efectos importantes no solo en la abundancia de murciélagos, sino también en la riqueza de especies independientemente de las diferencias en la abundancia (MacSwiney et al. 2007; Pech-Canche et al. 2010). Otros trabajos mencionan que los murciélagos frugívoros, nectarívoros y acechadores dependen de la vegetación heterogénea madura asociada a los cuerpos de agua (Ciechanowski 2002; MacSwiney et al. 2007).



Es importante mencionar que las únicas cuatro especies que fueron encontradas en un solo sitio fueron especies que se capturaron sobre o dentro de los cenotes: *Chiroderma villosum* (frugívoro), *Myotis keaysi*, *Molossus sinaloae* y *Lasiurus ega* (insectívoros). Se sabe que los cuerpos de agua son importantes los murciélagos con este tipo de alimentación, ya que son abundantes en insectos. Algunos estudios han reportado que en cuerpos de agua con superficies tranquilas como los cenotes, los murciélagos pueden detectar a los animales que están sobre la superficie del agua lisa más fácilmente que en la vegetación o cuando están en el aire (Rydell et al. 1999; Ciechanowski 2002; Greif y Siemers 2010). Esto podría explicar la captura de especies de vuelo alto como *M. keaysi*, *M. sinaloae* y *L. ega* en redes de niebla colocadas sobre los cenotes.

En este estudio fue logísticamente complicado evaluar los cenotes ya que tres de los cuatro cuerpos de agua (Chichén Itzá, Ek'Balam y Dzibilchaltún) son demasiado largos para colocar redes, y los cenotes de Chichén Itzá, Ek'Balam son bastante profundos, por lo que únicamente logramos montar redes de niebla a su alrededor. En los dos cenotes de Chichén Itzá, las redes se colocaron en los miradores turísticos y logramos capturar principalmente a *A. jamaicensis*, *A. lituratus* y *S. parvidens* (murciélagos comunes en las cuatro zonas), sin embargo, también en esas redes capturamos a los insectívoros *Nyctinomops laticaudatus*, *Molossus rufus* y *Pteronotus parnellii*, los cuales fueron raros en los demás sitios de muestreo dentro de Chichén Itzá.

El cenote de Ek'Balam es tipo cántaro o semicerrado, es decir, sólo una parte de la bóveda se encuentra abierta (Villagrán Gutierrez 2016). Aquí las redes se colocaron en los miradores, en la entrada de la tirolesa turística y dentro del cenote en los puentes por donde los turistas bajan a nadar. Estos puentes se encuentran poco más arriba de la altura del agua y están completamente pegados a las paredes. Aunque en las noches que pasamos ahí observamos una gran cantidad de murciélagos que salían al atardecer de las grietas en la bóveda, capturamos muy pocos animales en redes. Entre las especies encontradas estuvieron *A. jamaicensis*, *S. parvidens* y *G. soricina*, pero por sus hábitos de refugio sabemos que estos no eran los murciélagos que vivían en la roca y que probablemente acudían al cenote a beber o a complementar su dieta de frutos con los insectos del cenote. La única especie capturada en estas redes durante el tiempo de salida de los murciélagos fue *N. laticaudatus*, y dado que es un animal que vive entre grietas y en colonias muy grandes (Avila-Flores et al. 2002), pensamos que es probable que sea la especie que habita ahí. En las redes que se colocaron alrededor del cenote encontramos especies como *A. jamaicensis*, *A. lituratus*, *G.*



soricina, *C. villosum*, *N. laticaudatus*, *M. keaysi*, *M. rufus*, *A. phaeotis* y *M. megalophylla*. Respecto a este último, cada noche durante ambas temporadas varios individuos fueron capturados únicamente en la red que colocamos en una de las entradas al cenote que consistía en una abertura en el dosel creada para abrir camino a la tirolesa. Probablemente estos animales iban a tomar agua o a alimentarse, pues se ha reportado que tienen preferencia por cuerpos de agua tranquila (Rezsutek, Michael; Cameron 1993).

Particularmente la zona del cenote en Ek'Balam fue el sitio con mayor riqueza de especies. Estudios mencionan que el factor más influyente en la riqueza asociada a un cuerpo de aguas es la estructura de la vegetación que lo rodea, encontrando que los sitios con mayor riqueza de murciélagos son aquellos que están delineados por árboles densos que protegen contra el viento, lluvia y depredadores y brindan una mayor disponibilidad de refugios (Rydell et al. 1996; Ciechanowski 2002; MacSwiney et al. 2007). En este lugar encontramos pocos refugios, entre ellos las grietas en la bóveda del cenote y aun agujero en la roca en donde encontramos a *M. keaysi*. Sin embargo, es un sitio con mucha vegetación alrededor, con árboles, chozas con techos de palma, y sascaberas que pudieran servir de refugio a muchos murciélagos.

Respecto a Dzibilchaltún, igualmente colocamos las redes alrededor del cenote y algunas veces cruzando un poco en su extremo más angosto. Aquí también registramos a las especies *A. jamaicensis*, *A. lituratus*, *S. parvidens* y *G. soricina* y *R. aeneus*. Al terminar el muestreo regresamos una noche más con una red más grande (18 m) con la cual logramos atravesar el cenote de extremo a extremo por la mitad. Esa noche capturamos en esta única red dos especies que no habíamos registrado en las dos temporadas pasadas: un individuo de *Lasiurus ega* y cuatro de *Molossus sinaloae*. Existen estudios que describen especies de murciélagos que concentran su actividad de forrajeo sobre los cuerpos de agua (Rydell et al. 1999; MacSwiney et al. 2007; Winhold y Kurta 2008). En nuestro caso observamos en los tres sitios que, con excepción de *Mormoops megalophylla* que bajaban por la entrada antes descrita, los murciélagos vuelan sobre el dosel y bajan al agua justo cuando están arriba de ella, evitando perder altura en las orillas. Por lo que, aunque teníamos redes rodeando el cenote, pocas veces capturamos a los animales que iban a beber o alimentarse en estos lugares.



Turismo

Las zonas arqueológicas se encuentran entre los destinos turísticos más importantes del país (SECTUR 2018), especialmente en el estado de Yucatán. Cada año miles de personas visitan las estructuras construidas por pueblo Maya, de las cuales, las cuatro zonas aquí estudiadas se encuentran entre las más visitadas anualmente (Tabla 1). Algunos trabajos han descrito casos en los que el turismo en lugares habitados por murciélagos puede representar una amenaza, especialmente en refugios de murciélagos hibernantes, refugios de maternidad o en temporadas de nacimiento y reproducción (Donald 1995; Mann et al. 2002; Pennisi et al. 2004; Paksuz y Özkan 2012). En este estudio no encontramos refugios para ninguno de los casos anteriores, pero no podemos descartar que las estructuras arqueológicas puedan servir como sitios de apareamiento o que haya crías en épocas del año en las que no muestreamos.

La mayoría de los refugios encontrados en este trabajo se localizaron dentro de las estructuras arqueológicas durante el día, y en algunos casos, en estructuras abiertas al público, lo que podría generar un factor de estrés para los animales que habitan dentro. En un experimento realizado en una cueva abierta al público como atracción turística se detectó que entre los factores que afectan más a los murciélagos está el ruido provocado por las voces y en mayor grado la distancia entre los animales y las personas (Mann et al. 2002). Sin embargo, aunque existen especies vulnerables a disturbios en o cerca de sus refugios, también existen otras especies que son más tolerantes y que prosperan en entornos urbanos al ser capaces de adaptarse explotando el alimento o las construcciones humanas como refugios (McKinney 2002; Pennisi et al. 2004; Williams et al. 2006; Voigt y Kingston 2015). Por ejemplo, en todas las zonas arqueológicas observamos que *Artibeus jamaicensis* y *Artibeus lituratus* parecen ser poco afectadas por el turismo, pues tienen como refugio diurno estructuras en las que las personas entran y salen constantemente, hablando y tomando fotografías, y muchas veces caminando justo debajo de donde se encuentran perchados.

También observamos que los murciélagos (*Nyctinomops laticaudatus*) que habitan en el complejo del Palacio del Gobernador en Uxmal, son capaces de detectar cuando la gente entra a los cuartos, pues notamos que la cantidad y volumen de las vocalizaciones aumentaba, especialmente al acercarnos a los huecos en donde ellos se encontraban. A pesar de que esta estructura se encuentra abierta al público y que tiene cerca grandes lámparas de colores que la



iluminan durante los espectáculos nocturnos, los murciélagos han permanecido ahí por varias décadas (Málaga y Villa 1956). Por otro lado, resaltamos la presencia de *Mimon cozumelae* y *Micronycteris microtis*, pues a pesar de que numerosos trabajos mencionan que estas especies son sensibles a disturbios (Medellín et al. 2000; Galindo-González 2004; Morales et al. 2013), encontramos un refugio diurno justo debajo de una de las zonas más transitadas de Dzibilchaltún y otro en la cueva “Los Aluxes” cerca de Uxmal, justo arriba de donde pasan los visitantes, por lo que pensamos que pueden acostumbrarse a la presencia humana.

Otro efecto asociado al turismo son los espectáculos de luz y sonido que se realizan por la noche en algunas zonas arqueológicas. De las cuatro zonas estudiadas, únicamente Chichén Itzá y Uxmal cuentan con este tipo de espectáculo, en donde las pirámides se iluminan con luces de distintos colores mientras se cuentan las historias sobre los antiguos pobladores a través de altavoces. Algunas personas aseguran que este tipo de espectáculos nocturnos podrían tener efectos negativos en los murciélagos (Shirley et al. 2001; Boldogh et al. 2007). Por ejemplo, en el norte de Inglaterra se evaluó el impacto que el Festival de música de verano Brinkburn tenía en una colonia de murciélagos *Myotis daubentonii* (Shirley et al. 2001). En este festival había luces y sonido al atardecer y durante algunas horas de la noche (al igual que el espectáculo nocturno de las zonas arqueológicas). Se observó que el festival tenía impacto en el tiempo de salida de los murciélagos, el cual se retrasaba considerablemente en las fechas del evento (Shirley et al. 2001).

Además, el alto volumen de los altavoces, como otros tipos de ruidos antropogénicos, puede afectar el comportamiento y uso de hábitat de los murciélagos, especialmente de los murciélagos acechadores (Schaub et al. 2009; Siemers y Schaub 2011; Bunkley et al. 2015). Estas especies detectan a sus presas por el sonido que generan, por lo que el ruido antropogénico puede enmascarar los sonidos de las presas, y al mismo tiempo distraer la atención de los murciélagos (Schaub et al. 2009; Siemers y Schaub 2011). A pesar de esto, encontramos refugios nocturnos de *M. microtis* en ambas zonas y capturamos en redes a *M. cozumelae* en Chichén Itzá, aunque tanto las observaciones como las capturas se realizaron en sitios alejados de la zona del espectáculo y por lo general horas después de que éste terminara.

Por otro lado, se ha considerado que las luces artificiales pueden tener efectos negativos en el comportamiento de algunos murciélagos (Shirley et al. 2001; Kuijper et al. 2008; Stone et al. 2009; Lewanzik y Stone 2015), sin embargo, observamos que, en ambas zonas, justo arriba de las



grandes lámparas del espectáculo, había gran cantidad de murciélagos forrajeando. Este fenómeno ha sido observado antes en especies de los géneros *Chalinolobus*, *Cormura*, *Cynomops*, *Diclidurus*, *Eumops*, *Eptesicus*, *Lasiurus*, *Mormopterus*, *Molossus*, *Myotis*, *Nyctalus*, *Nyctinomops*, *Pipistrellus*, *Tadarida*, *Saccopteryx* y *Vespertilio* (Jung y Kalko 2010; Lewanzik y Stone 2015; Stone et al. 2015). Por otro lado, se ha propuesto que puede ser beneficioso para algunos murciélagos ya que la iluminación atrae e incrementa la abundancia de insectos, generando un importante recurso alimenticio y reduciendo el tiempo de forrajeo (Rydell 1992; Blake et al. 1994; Acharya y Fenton 1999; Jung y Kalko 2010; Stone et al. 2015). No obstante, otros estudios muestran que la abundancia de insectos observada bajo las luces ofrece sitios de alimentación únicamente para un grupo restringido de murciélagos, especialmente los de vuelo rápido que cazan en espacios abiertos como *Nyctalus noctula*, *Vespertilio murinus*, *Eptesicus nilssonii* y *Pipistrellus pipistrellus* (Rydell 1992; Blake et al. 1994; Jung y Kalko 2010). En contraste, murciélagos de vuelo lento como *Myotis spp.* y *Plecotus auritus* evaden estas áreas porque las vuelven susceptibles a ataques de depredadores (Rydell et al. 1996).

En este trabajo no fue posible registrar la actividad e identidad de los murciélagos que forrajearon cerca de las lámparas durante las noches que había espectáculo contra las noches (principalmente los lunes) sin espectáculo. Sin embargo, debido a cuestiones administrativas no se nos permitió trabajar en las zonas visibles a los turistas. Por último, a pesar de que el turismo no parece ser un factor importante en la diversidad de especies, ambos muestreos se realizaron en los meses más visitados del año (julio 333,330 personas, y diciembre 295,645 personas (INEGI 2017), por lo que es importante realizar muestreos futuros en las temporadas de poca visita y así evaluar si existen diferencias.

Servicios ecosistémicos en las zonas arqueológicas

Control de plagas

En este estudio encontramos 13 de las 34 especies de murciélagos insectívoros reportados para el estado de Yucatán (Tabla 2) (Ceballos y Oliva 2005; Sosa-Escalante et al. 2013). Sin embargo, con las especies reportadas por en 2010 para la zona de Dzibilchaltún (Tabla 9), se



agregan siete especies más de insectívoros (Pech-Canche et al. 2010), sumando en total 20 especies de insectívoros obligados registradas para las zonas arqueológicas.

Los murciélagos insectívoros son importantes sitios como Yucatán en donde más del 11% de la población se dedica a la agricultura (INEGI 2016a). Tan solo entre los años de 2015 y 2016 se cultivaron más de 100 mil ha y se generaron 128,730,000 pesos de ingreso (INEGI 2017). En cuanto a los municipios en donde se encuentran las zonas arqueológicas evaluadas, según el INEGI, en el municipio de Tinum (Chichén Itzá) existen 1859 ha destinadas a la agricultura, en el municipio de Mérida (Dzibilchaltún) 115 ha, en el municipio de Tzucacab 2968 ha y en el de Santa Elena (Uxmal) 720 ha (INEGI 2017). Además, en Yucatán el maíz blanco es uno de los principales productos sembrados; tan solo en 2015 se obtuvieron 83400 toneladas, siendo uno de los productos más importantes económicamente para las familias yucatecas.

Cada noche, al salir a alimentarse, los murciélagos pueden estar consumiendo insectos de importancia económica para los cultivos, especialmente para el maíz (Tabla 11). Por ejemplo, el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) y el gusano elotero de la cápsula del algodón (*Helicoverpa zea*), los cuales se encuentran entre las plagas agrícolas más destructivas en América (Cleveland et al. 2006a).

Tabla 11. Ejemplos de géneros de insectos-plaga que se encuentran en la dieta de los murciélagos presentes en el estado de Yucatán (Ramírez 1993; Castorena et al. 2014).

Orden	Género	Nombre común	Cultivo afectado
Lepidóptera	<i>Helicoverpa</i> ^{1,3}	Polilla del maíz o gusano del fruto	Maíz, tomate, algodón, tabaco
Lepidóptera	<i>Spodoptera</i> ^{1,3}	Gusano cogollero	Maíz, chile habanero
Coleóptera	<i>Diabrotica</i> ^{1,2}	Gusano alfilerillo o doradillas	Maíz, leguminosas
Coleóptera	<i>Phyllophaga</i> ²	Gallina ciega o mayate de junio	Maíz

1 (Kunz et al. 2011); 2(Long et al. 2013); 3 (McCracken et al. 2008)

A continuación se muestran ejemplos que reflejan la importancia que tienen algunos de los murciélagos insectívoros encontrados en las zonas arqueológicas como depredadores de insectos herbívoros:

Especies acechadoras como *Mimon cozumelae*, *Micronycteris microtis* y *Micronycteris schmidtorum* se alimentan principalmente de polillas y escarabajos grandes, orugas, saltamontes, cucarachas, cigarras y libélulas (Kalka y Kalko 2006). Un estudio realizado en Panamá con la dieta de *M. microtis* muestra que cada noche, cada murciélago consume 4.6 gramos de artrópodos, de los cuales más de la mitad (69%) son herbívoros, por lo que las autoras predicen que la presencia de estos murciélagos acechadores tiene un efecto en la disminución de tasas de herbivoría, especialmente en zonas tropicales (Kalka y Kalko 2006). Albrecht y colaboradores observaron que, a pesar de que estas especies tienen ámbitos hogareños (1.6 a 7.5 ha) y de forrajeo (1 a 5 ha) medianos, evitan atravesar espacios abiertos, por lo que en bosques fragmentados están restringidos a los parches en donde habitan (Albrecht et al. 2007). Esto significa que las poblaciones de murciélagos acechadores encontradas en las zonas arqueológicas muy probablemente están restringidas a estos sitios, por lo que, al conservarlas dentro de estos espacios, también se están conservando servicios ecosistémicos.

Por otro lado, en el estudio realizado por Pech Canché (2010) registró la presencia de la especie *Eptesicus furinalis* en la zona arqueológica de Dzibilchaltún (Pech-Canche et al. 2010). Esta especie vive en colonias que van de pocos individuos hasta miles de ejemplares. Un estudio en Indiana menciona que una sola colonia de 150 murciélagos de la especie *Eptesicus fuscus*, un pariente de mayor tamaño que *E. furinalis*, puede consumir cerca de 1.3 millones de insectos plaga cada año (Whitaker 1995), comiendo aproximadamente 800,000 escarabajos, 158,000 saltamontes y 335,000 chinches (Kunz et al. 2011), y evitar la producción millones de larvas como las del escarabajo *Diabrotica*, plaga del maíz (Boyles et al. 2011). De esta manera, si la especie encontrada en Dzibilchaltún vive en alguna colonia grande, también estaría ayudando a el control de insectos plaga de los cultivos cercanos a la zona arqueológica.

En la zona arqueológica de Uxmal muchas de las estructuras se encuentran habitadas por la especie *Nyctinomops laticaudatus*. Este murciélago forma colonias de 150 a varios miles de individuos (Avila-Flores et al. 2002). Ya que la información sobre la dieta, el consumo de biomasa y el área de forrajeo de esta especie es escasa, algunos estudios han hecho comparaciones con los hábitos de otros molósididos como *Tadarida brasiliensis* debido a que son morfológicamente similares, ocurren simpátricamente en algunas partes de su rango de distribución y tienen sistemas de apareamiento y dietas similares (Whitaker et al. 1996; Debelica et al. 2006; Matthews



et al. 2010; Ortega y Matrínez-Rodríguez 2011). Por lo anterior podemos hacer una comparación del potencial que tiene la colonia que habita en las estructuras de Uxmal. Dentro de la dieta del murciélago guanero *T. brasiliensis* se han descrito aproximadamente 12 órdenes y 35 familias de insectos (Kunz et al. 2011) entre los cuales se encuentran importantes insectos plaga como *Helicoverpa zea* y *Spodopterus exigua* (ambos géneros presentes en Yucatán). Este murciélago puede llegar a ascender hasta 3000 m sobre el nivel del suelo, alcanzar una velocidad de 160 km/h, volar más de 100 km cada noche buscando alimento (McCracken et al. 2008, 2016) y consumir más de dos terceras partes de su masa corporal en insectos diariamente (Kunz et al. 2011; Russell et al. 2011). Suponiendo que *N. laticaudatus* consumiera el mismo porcentaje de alimento, cada individuo consumiría entre 6 y 7 g de insectos cada noche. Hasta el momento no existen estudios que hayan documentado el número de murciélagos que habitan entre las estructuras de Uxmal, sin embargo, nosotros estimamos algunos cuantos miles, por lo que, pensar en la cantidad de insectos que consumen diariamente nos permite darnos cuenta del valor del servicio que brindan.

Por último, además de *N. laticaudatus*, durante el muestreo encontramos dos especies más de molósidos: *Molossus rufus* y *M. sinaloae*. Además, en 2010 Pech Canche y colaboradores registraron otras tres especies de molósidos en la zona de Dzibilchaltún: *Promops centralis* y dos especies de *Eumops* (Pech-Canche et al. 2010). Entre estos, destacamos algunas colonias de *M. rufus* encontradas dentro de las zonas arqueológicas: la primera en el edificio del Palacio del Gobernador en Uxmal, otra cerca del Observatorio de Chichén Itzá y por lo menos tres en la explanada del Castillo de Kukulcán también en Chichén Itzá. En general las especies de molósidos del género *Molossus* se refugian en colonias de 30 a más de 500 individuos. A pesar de que tienen tiempos cortos de forrajeo, cada individuo puede consumir entre 4 y 5 g de insectos cada noche, pues tienen un gran éxito en la obtención de presas en un tiempo relativamente corto (Fenton et al. 1998; Esbérard 2002; Holland et al. 2011).

Dispersión de semillas

En este estudio encontramos siete de las nueve especies de murciélagos frugívoros obligados reportados para el estado de Yucatán (Ceballos y Oliva 2005; Sosa-Escalante et al. 2013): *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Artibeus phaeotis*, *Carollia perspicillata*, *Carollia sowelli*,



Chiroderma villosum y *Sturnira parvidens*. Además se agrega la especie *Centurio senex* a la zona arqueológica de Dzibilchaltún gracias a un registro previo (Pech-Canche et al. 2010), teniendo un total de ocho especies frugívoras. Todas estas especies, con excepción de *C. villosum*, se han identificado como buenas dispersoras de semillas (Wagner et al. 2015).

Diversos estudios han demostrado que algunas especies de los géneros presentes con mayor abundancia en las zonas arqueológicas de Yucatán como *Sturnira*, *Artibeus* y *Carollia* se encuentran entre los dispersores de semillas más importantes (Albrecht et al. 2007; Muscarella y Fleming 2007; Loayza y Loiselle 2009; Aguilar-Garavito et al. 2014; Ripperger et al. 2015; Arnone et al. 2016). Esto se debe a la gran variedad de especies vegetales que consumen, su abundancia y persistencia en paisajes antropológicamente modificados y sobre todo, su capacidad para moverse entre sitios degradados y naturales (fragmentos) por largas distancias (Estrada y Coates-Estrada 2001; Muscarella y Fleming 2007; Loayza y Loiselle 2009; Trevelin et al. 2013; Ripperger et al. 2015). Por ejemplo, se encontró que *Sturnira parvidens* y *Artibeus lituratus* son las especies dispersoras más importantes para ayudar al establecimiento y la regeneración de la vegetación durante las etapas iniciales de la sucesión en hábitats con diferentes estados sucesionales (Aguilar-Garavito et al. 2014; Ripperger et al. 2015). Otros autores describen que frugívoros como *Sturnira parvidens*, *Carollia perspicillata* y especies del género *Artibeus* pueden cruzar áreas fragmentadas volando distancias mayores a 13 km, promoviendo la regeneración del bosque por dispersión de semillas (Albrecht et al. 2007; Muscarella y Fleming 2007; Loayza y Loiselle 2009; Arnone et al. 2016).

Para el estado de Yucatán tener esta riqueza y abundancia de especies frugívoras es de suma importancia ya que, como en muchos otros sitios tropicales, el desarrollo de las actividades humanas durante las últimas décadas ha provocado importantes cambios en la cubierta vegetal (Durán y García 2011). En Yucatán se ha reportado que en tan solo 24 años (de 1976 a 2000), las comunidades vegetales nativas disminuyeron considerablemente, en especial la selva mediana subcaducifolia, siendo sustituida por pastizal inducido en la zona ganadera y por terrenos para agricultura de temporal. Así, más de 80% de la vegetación original del estado ha sido perturbada (Durán y García 2011). La deforestación y cambio de uso de suelo están llevando a la fragmentación severa de los bosques, creando parches forestales aislados que difícilmente son cruzados por dispersores de semillas como pecarís y primates (Stoner et al. 2007; Abedi-Lartey



et al. 2016). Esto genera que las comunidades de fauna y flora no puedan mantenerse debido a la falta de intercambio regular, lo que también puede llevar a la endogamia o pérdida de variabilidad genética (Sala et al. 2000; Aguilar-Garavito et al. 2014; Ripperger et al. 2015).

Por otro lado, además de ayudar a la regeneración de los bosques del estado, los murciélagos frugívoros también están ayudando a la dispersión de especies de plantas de importancia económica o medicinal como el guarumbo (*Cecropia peltata*) (Centro de Investigación Científica de Yucatán 2010), el ya'axnik o carrete (*Vitex gaumeri*), el tomatillo (*Solanum hirtum*) (UNAM 2009), el ciricote (*Cordia dodecandra*) (SEDUMA 2012a), el roble (*Erhetia tiniifolia*) (SEDUMA 2012b), la guaya (*Melicoccus bijugatus*) (Jacq y Francis 1992), el jobo o ciruela amarilla (*Spondias mombin*), la ciruela roja (*Spondias purpurea*) (Del Rocío Ruenes-Morales et al. 2010), el chicozapote (*Manilkara zapota*), el cual también usa como materia prima para fabricar goma para mascar (Gilman y Watson 1953), una gran variedad de higos silvestres (*Ficus spp.*), la guayaba (*Psidium guajava*), el saramullo (*Annona squamosa*), la guanábana (*Annona muricata*), el capulín (*Prunus serotina*), el pixoy (*Luehea speciosa*), el nance (*Byrsonima crassifolia*), el ramón (*Brosimum alicastrum*), el plátano (*Musa paradisiaca*), entre otros (Flores-Martinez et al. 2000).

Polinización

En encontramos a *Glossophaga soricina*, la única especie nectarívora reportada para el estado de Yucatán (Ceballos y Oliva 2005), siendo una de las especies con más altas abundancias en todas las zonas arqueológicas. Además, también registramos a las *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus*, *Artibeus phaeotis*, *Carollia perspicillata* y *Sturnira lilium*, las cuales a pesar de ser murciélagos frugívoros también consumen polen y/o néctar (Fleming y Heithaus 1986; Ceballos y Oliva 2005; Kunz et al. 2011; MacSwiney et al. 2017).

Todas estas especies desplazan material genético contenido en el polen o las semillas en paisajes fragmentados ayudando a reducir los efectos negativos de la fragmentación de los bosques (Young et al. 1996). Por ejemplo, un estudio realizado en Yucatán mostró que *A. jamaicensis*, la especie más abundante en todas las zonas arqueológicas, puede volar varios kilómetros visitando más de cuatro plantas por noche, y dispersando grandes cantidades de polen



de los árboles que crecen cerca de los cenotes y de aquellos que se encuentran en fragmentos forestales (MacSwiney et al. 2017). Por lo que los autores consideran a este murciélagos como un importante vector de polen entre los fragmentos de bosques deforestados de la Península de Yucatán (MacSwiney et al. 2017). Además, estos mismos autores lo proponen como el principal polinizador del árbol sagrado de la ceiba (*Ceiba pentandra*).

Las especies encontradas en las zonas arqueológicas también ayudan a la polinización de plantas de importancia médica, económica o cultural como el palo mulato o *chaká* (*Bursera simaruba*), el cual tiene muchos usos medicinales entre los cuales se encuentra ser el remedio contra la inflamación provocada por el árbol del *chechén* (*Metopium brownei*) (Lizama 2015), la pitahaya (*Hylocereus undatus*), el colorín (*Erythrina standleyana*), el laurel blanco (*Cordia alliodora*), el chicozapote (*Manilkara zapota*), el *tsalam* (*Lysiloma latisiliquum*), importante planta pinera que ocupa sitios que han sido incendiados (Negreros-Castillo y Martínez 2011), el palo moral (*Maclura tinctorial*) el cual se utiliza como tinte (Benth 2003), la ceiba (*Ceiba aesculifolia* y *Ceiba pentandra*) y el henequén (*Agave fourcroydes*) (Alvarez y Sánchez-Casas 1999; Sánchez-Casas y Álvarez 2000; MacSwiney et al. 2017).

Estas dos últimas especies tienen una importancia destacable en la región. El agave del henequén (*Agave fourcroydes*), también llamado “oro verde”, es polinizado por murciélagos nectarívoros como *G. soricina* (Sánchez-Casas y Álvarez 2000; VonHelvesen y Winter 2003). Este producto de gran importancia económica y cultural para el estado fue cultivado por los mayas, quienes lo llamaban “*Ki*”, desde épocas prehispánicas. La especie fue domesticada debido a la utilidad de sus fibras, especialmente para la fabricación de sogas y cordeles (Fideicomiso de Riesgo Compartido 2017). Sin embargo, como sucede con otras especies de agaves, la práctica agrícola involucra su reproducción por medio de la propagación vegetativa, lo que generó una pérdida de diversidad genética para la especie (Colunga et al. 1999) haciéndola más vulnerable al ataque de enfermedades e infecciones bacterianas (Eguiarte et al. 2013). Los murciélagos nectarívoros, al alimentarse, ayudan a la reproducción cruzada de *A. fourcroydes* y contribuyen en el aumento de la diversidad genética del henequén (Trejo-Salazar et al. 2016; MacSwiney et al. 2017).



La ceiba o *ya'ax che'* (*C. pentandra*) sigue siendo uno de los árboles culturalmente más importantes en la cosmogonía maya, pues se considera un árbol sagrado que representa la conexión entre los mundos, así como el sostén de las cuatro esquinas del universo (Morales 2006). Además, la ceiba tiene múltiples usos como: combustible, alimentación, medicinal, para construcción, fabricación de fibras (kapok), maderable, entre otros (CONAFOR 2012). Para esta planta la visita de polinizadores es tan importante que su sistema de reproducción está altamente condicionado a la presencia de estos, es decir, en regiones con alta visita de polinizadores la ceiba tiene un sistema autoincompatible de reproducción, mientras que en sitios con bajas tasas de visita tiene un sistema de autopolinización (Lobo et al. 2005). Aunque aún no se ha estudiado si hay diferencias en la mortalidad embrionaria o en el vigor de las plantas, el hecho de que la presencia o ausencia de los polinizadores pueda generar cambios de esta magnitud resalta la importancia que pueden tener estas interacciones para los ecosistemas.

Los resultados de este estudio demuestran que, si bien es importante mencionar la diversidad de especies que existe dentro de las zonas arqueológicas, es más importante destacar la diversidad funcional que hay dentro de ellas, pues encontramos representantes de cuatro de las cinco formas de alimentación existentes en los murciélagos, las cuales son vitales para el mantenimiento de los ecosistemas, y, por tanto, para la obtención de sus beneficios. A menudo, a estos bienes o servicios se les presta poca atención por ser "gratuitos" y porque muchas veces resultan intangibles e incluso invisibles a nuestros ojos. Esto ocurre especialmente en las personas que residen en las ciudades debido a que nos es difícil comprender los vínculos tan estrechos que existen en los ecosistemas y la dependencia que tenemos hacia ellos. Resaltamos que la asignación de valores a los diferentes servicios proporcionados por los murciélagos es una excelente forma de influir positivamente en la percepción del público hacia estos mamíferos, sobre todo porque en la actualidad aún existen muchas ideas erróneas sobre ellos.



Las zonas arqueológicas en la conservación de los murciélagos

A pesar de que las zonas arqueológicas han sido poco exploradas como instrumentos para conservar la biodiversidad (Estrella et al. 2014), existen trabajos que han demostrado que, gracias a la vegetación asociada que mantienen muchas zonas arqueológicas, estos lugares tienen potencial para el mantenimiento y conservación de muchas especies de plantas y animales (MacKinnon 2005; Scott y Martin 2009; Ortega et al. 2010; Arroyo et al. 2011; Ancona 2012; Estrella et al. 2014).

Confirmando lo anterior, en este estudio se destaca la gran riqueza de especies que hacen uso de zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal al registrar la presencia de seis de las siete familias registradas en el estado y 23 especies de murciélagos, las cuales representan más de la mitad de las especies reportadas en el estado de Yucatán. Así como representantes de cuatro de las cinco formas de alimentación existentes en los murciélagos, brindando importantes servicios para el mantenimiento de los ecosistemas. A nivel regional este número de especies es mayor o similar que el de algunas áreas naturales protegidas como Ría Celestún (7 especies; Cime et al. 2006), San Juan Bautista Tabi y Anexa Sacnité (10 especies; SEDUMA 1994), Dzilam (13 especies; SEDUMA 2005) y Kabah (15 especies; Estrella et al. 2014). Además, se registraron especies de otros grupos de animales haciendo uso de los espacios, principalmente durante la noche. Entre los animales observados se encontraron siete reptiles, tres anfibios, ocho aves y otros cinco mamíferos (Anexo 2), de los cuales 10 de las 23 especies se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT 2010). La anterior es evidencia de la importancia que tienen las zonas arqueológicas y su vegetación asociada como sitios para conservar la diversidad, y refuerza la idea de que, para tener una protección efectiva, es necesario realizar investigaciones que vayan más allá de la evaluación de especies dentro de las áreas naturales protegidas, para de esta manera complementar las políticas de conservación (Estrella et al. 2014).

Respecto al estado de conservación y la vulnerabilidad de las especies de murciélagos, según la clasificación de Galindo-Gonzales en 2004, en las zonas arqueológicas encontramos tres especies consideradas vulnerables a los disturbios ambientales y cinco especies dependientes de hábitat (Tabla 12), dos de las cuales se encuentran bajo la categoría de Amenazado según la Norma Oficial Mexicana de Especies en Riesgo (SEMARNAT 2010). En esta clasificación, las especies vulnerables son aquellas que habitan en los fragmentos de selva, pero pueden utilizar la



vegetación riparia y corredores que atraviesan los pastizales, pero sin salir de su protección hacia campo abierto (Galindo-González 2004). Mientras que las especies dependientes del hábitat son aquellas que únicamente pueden habitar en selvas continuas o en grandes fragmentos de selva, aunque también pueden forrajear en la vegetación secundaria. Estas especies, debido a su alta especialización en alimentos y requerimientos de hábitat, no toleran espacios abiertos ni volar fuera de la cobertura vegetal, por lo que quedan aisladas en los fragmentos (Galindo-González 2004).

Curiosamente, dentro de las estructuras de las zonas arqueológicas encontramos refugios de cuatro de las cinco especies catalogadas como dependientes de hábitat. Esto, aunado a la gran diversidad encontrada, nos dice que, aunque las zonas arqueológicas son áreas manejadas por el humano que han generado cambios en el paisaje, podrían estar actuando como islas permitiendo la conectividad entre los bosques de Yucatán (Morales 2009). Además, pueden fungir como refugios de especies vulnerables debido a los beneficios que las estructuras les proveen, como la protección contra la intemperie, microclimas estables, la reducción de riesgo frente a depredadores y posiblemente la reducción de cargas parasitarias (Lausen y Barclay 2006; Fagan et al. 2017). Destacamos al murciélago lanza o murciélago dorado de Cozumel (*Mimon cozumelae*, Amenazado) del cual, a pesar de que sus refugios se reportan únicamente en lugares muy bien conservados, localizamos un refugio en uno de los lugares más transitados y ruidosos de la zona de Dzibilchaltún.



Tabla 12. Listado de especies encontradas en las cuatro zonas arqueológicas: Chichén Itzá (Chi), Dzibilchaltún (Dzi), Ek Balam (EkB) y Uxmal (Ux), y su estado en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de protección ambiental de especies en categorías de riesgo, y en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN: (LC) Preocupación menor; (A) amenazado. Así como su clasificación de acuerdo con su respuesta ante los cambios ambientales. Clasificación basada en la realizada por Galindo García (Galindo-González 2004).

Especie	IUCN	Nom-059	Zonas	Clasificación
<i>Peropteryx macrotis</i>	LC		Chi, Ux	Dependiente de hábitat
<i>Mormoops megalophylla</i>	LC		Chi, EkB, Ux	Adaptable
<i>Pteronotus parnellii</i>	LC		Chi, EkB, Ux	Adaptable
<i>Micronycteris microtis</i>	LC		Dzi, Chi, EkB, Ux	Dependiente de hábitat
<i>Micronycteris schmidtorum</i>	LC	A	Chi, Ux	Dependiente de hábitat
<i>Desmodus rotundus</i>	LC		Dzi, Chi, EkB	Adaptable
<i>Diphylla ecaudata</i>	LC		Dzi, Chi, EkB, Ux	Adaptable
<i>Mimon cozumelae</i>	LC	A	Dzi, Chi, Ux	Dependiente de hábitat
<i>Glossophaga soricina</i>	LC		Dzi, Chi, EkB, Ux	Adaptable
<i>Carollia perspicillata</i>	LC		EkB, Ux	Adaptable
<i>Carollia sowelli</i>	LC		Chi, EkB	Adaptable
<i>Artibeus jamaicensis</i>	LC		Dzi, Chi, EkB, Ux	Adaptable
<i>Artibeus lituratus</i>	LC		Dzi, Chi, EkB, Ux	Adaptable
<i>Artibeus phaeotis</i>	LC		Chi, EkB, Ux	Vulnerable
<i>Chiroderma villosum</i>	LC		EkB	Adaptable
<i>Sturnira parvidens</i>	LC		Dzi, Chi, EkB, Ux	Adaptable
<i>Natalus mexicanus</i>	LC		EkB, Ux	Dependiente de hábitat
<i>Myotis keaysi</i>	LC		EkB	Vulnerable
<i>Lasiurus ega</i>	LC		Dzi	sin información
<i>Rhogeessa aeneus</i>	LC		Dzi, EkB, Ux	Vulnerable
<i>Molossus rufus</i>	LC		Chi, EkB, Ux	Adaptable
<i>Molossus sinaloae</i>	LC		Dzi	Adaptable
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	LC		Dzi, Chi, EkB, Ux	Adaptable

De las 23 especies encontradas dentro de las zonas arqueológicas, 14 son consideradas como adaptables, pues son especies resistentes que toleran las transformaciones del ambiente (Galindo-González 2004). Dentro de estas, *A. jamaicensis*, *A. lituratus*, *S. parvidens*, *G. soricina* y *N. laticaudatus* fueron especies abundantes y dominantes en todas las zonas arqueológicas.

Hablar de la conservación de especies abundantes es un tema difícil debido a que su importancia es tan evidente que puede llegar a pasarse por alto (Gaston 2010). Hoy en día muchos estudios y estrategias, incluido el grupo de los murciélagos, se han centrado en la



conservación de especies en riesgo o raras (Gaston 2010). Sin embargo, las especies dominantes, además de formar parte de una minoría diferente, contribuyen en gran parte a la estructura, biomasa y recambio energético de la mayoría de los ecosistemas (Smith y Knapp 2003; Solan et al. 2004; Gaston 2010). Además, estas especies sustentan la provisión de muchos servicios ecosistémicos, los cuales no se restringen únicamente a provisión y regulación, sino también a los espirituales, estéticos y de educación. Esto debido a que existe una mayor probabilidad de que las personas experimenten encuentros físicos y visuales con estas especies, lo cual puede influir positivamente en su bienestar (Mitchell y Popham 2008). Como ejemplo, en todos los sitios la especie más abundante fue *A. jamaicensis* y en la zona de Uxmal *Nyctinomops laticaudatus*. Debido a la importancia que tienen ambas especies en la provisión de servicios en la región, la facilidad de su observación y la gran tolerancia que presenta hacia los disturbios ocasionados por los turistas, estas especies pueden representar una excelente oportunidad para realizar actividades de educación y difusión ambiental. Según Bixler y colaboradores, los encuentros de vida silvestre a través del turismo de vida silvestre tienen el potencial de cambiar actitudes y percepciones, lo que puede conducir a la conservación de especies a largo plazo (Bixler et al. 2002).

Por lo anterior pensamos que las zonas arqueológicas aquí estudiadas son espacios únicos debido a que no solamente están contribuyendo a la conservación de nuestros bienes culturales, sino que, además, son sitios privilegiados debido a la gran diversidad de especies animales y vegetales que hacen uso de los espacios. Respecto a los murciélagos, dentro de ellas encontramos tanto especies catalogadas como amenazadas (SEMARNAT 2010), como especies altamente abundantes, las cuales es importante conservar para asegurar el buen funcionamiento del ecosistema. Además, debido a la alta tasa de visita y el alcance nacional e internacional, así como la presencia de murciélagos tolerantes al turismo que tienen las cuatro zonas aquí estudiadas, pensamos que son sitios excelentes para realizar actividades de difusión y educación ambiental.



RECOMENDACIONES

- Para los futuros estudios en estas u otras zonas arqueológicas se recomienda la utilización de métodos complementarios a las redes de niebla como lo son la búsqueda de refugios y los detectores ultrasónicos debido a que de esta manera se pueden incrementar los inventarios de murciélagos y obtener información importante sobre la biología de las especies.
- Se recomienda realizar estudios que evalúen los factores que influyan en la elección de las zonas arqueológicas como refugios de murciélagos, así como el uso que se les da a lo largo del año, por ejemplo, si alguno de ellos es utilizado como refugios de reproducción o crianza.
- Se recomienda realizar estudios que evalúen el impacto que tienen los espectáculos de luz y sonido en los murciélagos.
- Así mismo, es necesario realizar estudios especializados enfocados a describir los servicios ecosistémicos que prestan los murciélagos que habitan en las zonas arqueológicas, en los cuales se asigne un valor económico al servicio, pues es una manera efectiva de influir positivamente en la percepción del público hacia estos mamíferos.
- Debido a que la conservación de quirópteros debe realizarse paralelamente a la protección de sus hábitats, recomendamos enfocar esfuerzos para la conservación de la vegetación existente dentro de las zonas arqueológicas y los fragmentos de bosque que las rodean, así como a los cenotes y a su vegetación asociada.



- Debido a la alta tasa de visita y el alcance nacional e internacional que tienen las cuatro zonas arqueológicas aquí estudiadas, se recomienda desarrollar programas de difusión ambiental que permitan informar a los visitantes sobre la fauna asociada a las zonas arqueológicas. Respecto a los murciélagos es importante resaltar los roles y servicios ecológicos que proveen, así como la importancia que tuvieron en la cultura maya, para de esta manera, ayudar a generar una percepción positiva acerca de estos animales.
- También es necesario desarrollar programas de educación ambiental dirigidos a los trabajadores de las zonas arqueológicas como arqueólogos y personal del INAH, guías de turismo, personal de limpieza entre otros.
- Ampliar este tipo de estudios a otros grupos taxonómicos como plantas, aves, reptiles, anfibios, insectos y otros mamíferos para tener inventarios completos de la fauna y flora habitante en las zonas arqueológicas. Existe un gran potencial que se puede explotar al realizar trabajos interdisciplinarios que combinen, por ejemplo, el conocimiento de las plantas o animales medicinales con los presentes en las zonas, o la cultura que existió alrededor de otros animales recurrentes como el colibrí o las serpientes.
- Por último, se recomienda ampliamente la cooperación entre las dependencias gubernamentales encargadas de la protección de los bienes naturales y de aquellas a las que concierne la protección de los bienes culturales.



CONCLUSIONES

En las zonas arqueológicas confirmamos la presencia 23 especies de murciélagos, las cuales representan el 53% de las especies registradas para el estado de Yucatán, así como 6 de las 7 familias reportadas. Dos de estas especies (*Micronycteris schmidtorum* y *Mimon cozumelae*) se encuentran como amenazadas a nivel nacional (SEMARNAT 2010). Además, encontramos especies representantes de cuatro de las cinco formas de alimentación existentes en los murciélagos, por lo que es importante resaltar también la diversidad funcional que existe dentro de las zonas.

En todas las zonas los murciélagos filostómidos frugívoros fueron los más abundantes, lo cual asociamos a presencia de árboles frutales ornamentales plantados en la zona turística de las zonas arqueológicas. Es probable que la diversidad de especies de las demás familias estuviera subestimada debido al método de muestreo (redes de niebla), por lo que recomendamos el uso de métodos complementarios como detectores ultrasónicos y búsqueda de refugios para tener inventarios de murciélagos más completos.

No encontramos diferencias significativas entre las temporadas de lluvias y secas ni entre las comunidades de murciélagos de las zonas arqueológicas. Esto probablemente se debe a la topografía homogénea y la baja heterogeneidad de hábitats que existe en Yucatán, así como a la presencia de vegetación primaria y secundaria con fructificación a lo largo del todo el año. Algunos de los cambios en las comunidades de murciélagos entre temporadas las atribuimos a la ubicación de las redes más que a la estacionalidad, lo que resalta la importancia de conocer la biología de las especies e identificar sus refugios, pues esto puede influir en la ausencia o dominancia de especies en la comunidad estudiada.

No encontramos relación entre la diversidad y el turismo o la presencia *per se* de los cenotes. Es probable que la diversidad de especies se relacione más con la complejidad de la vegetación dentro y a las afueras de la zona, así como la complejidad en la estructura de los cenotes. Por esto resaltamos la importancia de conservar la vegetación existente dentro de las zonas arqueológicas y los fragmentos de bosque que las rodean, así como a los cenotes y su vegetación asociada. Respecto a los cenotes, las únicas cuatro especies que fueron encontradas



solamente en una zona arqueológica se capturaron sobre o dentro de estos lugares, por lo que pensamos que es importante su evaluación al realizar inventarios de especies.

La mayoría de los refugios descritos se encontraron dentro de las estructuras arqueológicas. Los grupos más asociados fueron los filostómidos y los molósidos. Durante los periodos de muestreo observamos que el uso de las estructuras arqueológicas como refugio tiene algunas ventajas frente a los refugios naturales. La identificación de los refugios es un componente esencial y uno de los primeros pasos hacia cualquier estrategia para la conservación de murciélagos, especialmente en sitios con acceso humano.

Las zonas arqueológicas aquí estudiadas son espacios únicos que, además de contribuir a la conservación de nuestros bienes históricos y culturales, también son sitios privilegiados debido a la gran diversidad de especies animales y vegetales que hacen uso de los espacios. La riqueza encontrada en cada zona arqueológica fue igual o mayor que la de algunas áreas naturales protegidas en la región. Nuestros resultados enfatizan la necesidad de asegurar, reconocer e incluir las zonas arqueológicas en los planes de conservación dado su papel como reservorios de importantes poblaciones y especies de murciélagos. Además, debido a la alta tasa de visita, el alcance nacional e internacional, y la presencia de murciélagos tolerantes al turismo como *Artibeus jamaicensis* y *Nyctinomops laticaudatus*, pensamos que son sitios excelentes para realizar actividades de difusión y educación ambiental.



REFERENCIAS

A

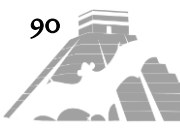
- ABEDI-LARTEY, M., D. K. N. DECHMANN, M. WIKELSKI, A. K. SCHARF, Y J. FAHR. 2016. Long-distance seed dispersal by straw-coloured fruit bats varies by season and landscape. *Global Ecology and Conservation* 7:12–24.
- ACHARYA, L., Y M. B. FENTON. 1999. Bat attacks and moth defensive behaviour around street lights. *Canadian Journal of Zoology* 77:27–33.
- AGUIAR, L. M. S., E. BERNARD, Y R. B. MACHADO. 2014. Habitat use and movements of *Glossophaga soricina* and *Lonchophylla dekeyseri* (Chiroptera: Phyllostomidae) in a Neotropical savannah. *Zoologia (Curitiba)* 31:223–229.
- AGUILAR-GARAVITO, M., L. M. RENJIFO, Y J. PÉREZ-TORRES. 2014. Seed dispersal by bats across four successional stages of a subandean landscape. *Biota Colombiana* 15:87–101.
- AGUIRRE, L. F., L. LENS, Y E. MATTHYSEN. 2003. Patterns of roost use by bats in a neotropical savanna: Implications for conservation. *Biological Conservation* 113:435–443.
- ALBRECHT, L., C. F. J. MEYER, Y E. K. V. KALKO. 2007. Differential mobility in two small phyllostomid bats, *Artibeus watsoni* and *Micronycteris microtis*, in a fragmented neotropical landscape. *Acta Theriologica* 52:141–149.
- ALLEN, J. A., Y F. M. CHAPMAN. 1897. On mammals from Yucatán, with description of new species. *Bulletin American Museum of Natural History* 9:1–12.
- ÁLVAREZ, T. 1976. Restos óseos rescatados del Cenote Sagrado de Chichén Itzá, Yucatán. *Apuntes para la arqueología*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- ALVAREZ, T., Y N. SÁNCHEZ-CASAS. 1999. Diferenciación alimentaria entre los sexos de *Glossophaga soricina* (Chiroptera: Phyllostomidae) en México. *Revista de Biología Tropical* 47:1129–1136.
- ANCONA, J. J. 2012. Caracterización de la vegetación de la zona arqueológica de Uxmal, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán.
- ARITA, H. T. 1996. The conservation of cave-roosting bats in Yucatan, Mexico. *Biological Conservation* 76:177–185.
- ARITA, H. T. 1997. Species Composition and Morphological Structure of the Bat Fauna of Yucatan, Mexico. *The Journal of Animal Ecology* 66:83.
- ARITA, H. T., Y P. RODRÍGUEZ. 2002. Geographic range, turnover rate and the scaling of species diversity. *Ecography* 25:541–550.
- ARNONE, I. S., E. TRAJANO, A. PULCHÉRIO-LEITE, Y F. DE C. PASSOS. 2016. Long-distance movement by a great fruit-eating bat, *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818), in southeastern Brazil (Chiroptera, Phyllostomidae): evidence for migration in Neotropical bats? *Biota Neotropica* 16:1–6.
- ARROYO-CABRALES, J., Y T. ALVAREZ. 1990. Restos óseos de murciélagos procedentes de las excavaciones de las grutas de Loltún. *Serie Prehistoria*. Guzmán, An. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- ARROYO-CABRALES, J., Y G. CEBALLOS. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2:27–80.



- ARROYO, J. ET AL. 2011. Los murciélagos de Calakmul: guía ilustrada. Mexico.
- AVILA-FLORES, R., Y M. B. FENTON. 2005. Use of Spatial Features By Foraging Insectivorous Bats in a Large Urban Landscape. *Journal of Mammalogy* 86:1193–1204.
- AVILA-FLORES, R., J. FLORES-MARTINEZ, Y J. ORTEGA. 2002. *Nyctinomops laticaudatus*. *Mammalian Species*:1–6.
- AVILA-TORRESAGATÓN, L. G., M. HIDALGO-MIHART, Y J. A. GUERRERO. 2012. La importancia de Palenque, Chiapas, para la conservación de los murciélagos de México. *Revista Lasallista de Investigacion*:184–193.

B

- BAIRD, A., M. MARCHÁN-RIVADENEIRA, S. PÉREZ, Y R. BAKER. 2012. Morphological analysis and description of two new species of *Rhogeessa* (Chiroptera: Vespertilionidae) from the Neotropics. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University* 307:1–25.
- BAKER, H. . 1961. The Adaptation of Flowering Plants to Nocturnal and Crepuscular Pollinators. *The Quarterly Review of Biology* 36:64–73.
- BASTIANI, C. E., N. N. RAMÍREZ, E. A. ALEGRE, Y R. M. RUIZ. 2012. Identificación y caracterización de refugios de quirópteros en la Ciudad de Corrientes, Argentina. *Revista Veterinaria* 23:104–109.
- BAT CONSERVATION INTERNATIONAL. 2018. Why bats?? <<http://www.batcon.org/why-bats/93-our-work/regions>> (7 agosto 2018).
- BAT COURSE PERÚ. 2012. Composición de Especies de Quirópteros en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera, Loreto-Perú, registrados mediante distintas metodologías de muestreo.
- BENTH, E. 2003. Maclura tinctoria. Guía de arboles de centroamerica:689–692.
- BERNARD, E., Y M. B. FENTON. 2003. Bat Mobility and Roosts in a Fragmented Landscape in Central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 35:262–277.
- BIXLER, R. D., M. F. FLOYD, Y W. E. HAMMITT. 2002. Environmental socialization: Quantitative tests of the childhood play hypothesis. *Environment and Behavior* 34:795–818.
- BLAKE, D., A. M. HUTSON, P. A. RACEY, J. RYDELL, Y J. R. SPEAKMAN. 1994. Use of lamplit roads by foraging bats in southern England. *Journal of Zoology* 234:453–462.
- BOLDOGH, S., D. DOBROSI, Y P. SAMU. 2007. The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica* 9:527–534.
- BONACCORSO, F. J. 1979. Foraging and Reproductive Ecology in a Panamanian Bat Community. *Florida State Museum. Biological Sciences* 24:360–408.
- BOYLES, J. G., P. M. CRYAN, G. F. MCCracken, Y T. K. KUNZ. 2011. Economic importance of bats in agriculture. *Science* 332:41–42.
- BREVIGLIERI, C. P. B., Y W. UIEDA. 2014. Tree cavities used as diurnal roosts by Neotropical bats. *Folia Zoologica* 63:206–215.
- BRIGHAM, R. M., Y G. JONES. 2004. *Bat Echolocation Research. Tools, Techniques, and Analysis*. Bat Conservation International, Austin, Texas.



- BUCCI, M., Y. PETRYSZYN, Y P. R. KRAUSMAN. 2011. Bat Occurrence and use of Archaeological Sites at Three National Monuments in Central Arizona. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 43:1–5.
- BUMRUNGSRI, S., E. SRIPAORAYA, T. CHONGSIRI, K. SRIDITH, Y P. A. RACEY. 2009. The pollination ecology of durian (*Durio zibethinus*, *Bombacaceae*) in southern Thailand. *Journal of Tropical Ecology* 25:85–92.
- BUNKLEY, J. P., C. J. W. MCCLURE, N. J. KLEIST, C. D. FRANCIS, Y J. R. BARBER. 2015. Anthropogenic noise alters bat activity levels and echolocation calls. *Global Ecology and Conservation* 3:62–71.
- BURGIN, C. J., J. P. COLELLA, P. L. KAHN, Y N. S. UPHAM. 2018. How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy* 99:1–14.

C

- CASTORENA, M. V. ET AL. 2014. Producción hidropónica de chile habanero en invernadero. Primera ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Torreón, Coahuila.
- CASTRO-LUNA, A. A., V. J. SOSA, Y G. CASTILLO-CAMPOS. 2007. Bat diversity and abundance associated with the degree of secondary succession in a tropical forest mosaic in south-eastern Mexico. *Animal Conservation* 10:219–228.
- CEBALLOS, G., Y G. OLIVA. 2005. Los Mamíferos Silvestres de México. Primera ed. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económico, México.
- CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN. 2010. Flora de la Península de Yucatán. *Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturale*. <http://www.cicy.mx/sitios/flora_digital/ficha_virtual.php?especie=1154> (1 junio 2018).
- CHACÓN, E., Y G. BARRANTES. 2004. Blue-crowned Motmot (*Momotus momota*) Predation on a Long-tongued Bat (*Glossophaginae*). *The Wilson Ornithological Society* 116:108–110.
- CHAO, A. ET AL. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84:45–67.
- CHARLES-DOMINIQUE, P. 1991. Feeding Strategy and Activity Budget of the Frugivorous Bat *Carollia perspicillata* (*Chiroptera* : *Phyllostomidae*) in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 2:243–256.
- CIECHANOWSKI, M. 2002. Original investigation Community structure and activity of bats (*Chiroptera*) over different water bodies. *Mammalian Biology* 67:276–285.
- CIME, J. P., J. CHABLÉ-SANTOS, J. SOSA-ESCALANTE, Y S. HERNÁNDEZ-BETANCOURT. 2006. Nota Científica: Quirópteros y pequeños roedores de la reserva de la Biósfera Ría Celestún. *Acta Zoológica Mexicana* 22:135–139.
- CIRRANELLO, A., N. B. SIMMONS, S. SOLARI, Y R. J. BAKER. 2016. Morphological Diagnoses of Higher-Level Phyllostomid Taxa (*Chiroptera*: *Phyllostomidae*). *Acta Chiropterologica* 18:39–71.
- CLEVELAND, C. J. ET AL. 2006a. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:238–243.
- CLEVELAND, C. J. ET AL. 2006b. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment*.



- COBOS, R. 2008. Diálogos con el pasado. *Instituto Nacional de ...* <http://hool.inah.gob.mx:1147/zonas-arqueologicas/zonas/publicaciones/13324-dialogos-con-el-pasado-chichén-itzá.html?lugar_id=1884&lugar_id=1884>.
- COFEMER. 2015. Diagnóstico Regulatorio para Zonas de Monumentos Arqueológicos. México.
- COLUNGA, P. G., J. COELLO-COELLO, L. E. EGUIARTE, Y D. PIÑERO. 1999. Isozymatic variation and phylogenetic relationships between henequen (*Agave fourcroydes*) and its wild ancestor *A. angustifolia* (Agavaceae). *American Journal of Botany* 86:115–123.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. 1997. Diagnóstico de la región XII, Península de Yucatán. Subdirección General de Programación, Gerencia de Planeación Hidráulica. Gerencia Regional de la Península de Yucatán., México.
- CONAFOR. 2012. Ceiba pentandra (L.) Gaertn. Sistema Nacional de Información Forestal 700:1–6.
- CONAMP. 2018a. Mapa Interactivo. Areas Naturales Protegidas. <<http://sig.conanp.gob.mx/website/interactivo/anps/>> (10 noviembre 2018).
- CONAMP. 2018b. Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano. <<https://www.gob.mx/conanp/documentos/region-peninsula-de-yucatan-y-caribe-mexicano?state=published>> (17 noviembre 2018).
- COVIÁN, O. N. C. 2005. El papel del conocimiento matemático en la construcción de la vivienda tradicional : El caso de la Cultura Maya. Centro de Investigaciones y De Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.
- CUNTO, G. C., Y E. BERNARD. 2012. Neotropical Bats as Indicators of Environmental Disturbance: What is the Emerging Message? *Acta Chiropterologica* 14:143–151.

D

- DAVIS, R. B., C. F. HERREID, Y H. L. SHORT. 1962. Mexican free-tailed bats in Texas. *Ecological Monographs* 32(4):311–346.
- DEBELICA, A., A. K. MATTHEWS, L. K. AMMERMAN, Y C. W. EDWARDS. 2006. Dietary Study of Big Free-Tailed Bats (*Nyctinomops macrotis*) in Big Bend National Park, Texas. *The Southwestern Naturalist* 51:414–418.
- DELGADO, C., Y D. M. BROOKS. 2003. Unusual Vertebrate Prey Taken by Neotropical Birds. *Ornitología Colombiana* 1:63–65.
- DÍAZ, H. C. 2000. Estudio del Concreto Maya. Universidad Autónoma del Estado de México.
- DÍAZ, M. M., Y G. V. H. LINARES. 2012. Refugios naturales y artificiales de Murciélagos (Mammalia : Chiroptera) en la selva baja en el Noroeste de Perú. *Gayana* 76:117–130.
- DONALD, T. W. 1995. American Society of Mammalogists Hibernating Bats Are Sensitive to Nontactile Human Disturbance. *American Society of Mammalogists* 76:940–946.
- DUMONT, E. R. 2003. Bats and Fruits: An Ecomorphological Approach. Pp. 398–429 en *Bat Ecology* (K. Thomas H & M. B. Fenton, eds.). The University of Chicago Press, Chicago and London.
- DURÁN, R. G., Y G. C. GARCÍA. 2011. Distribución espacial de la vegetación. Pp. 131–135 en *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (R. Durán & M. Méndez, eds.). Primera ed. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, Mexico, Yucatán.



E

- EGUIARTE, L. E. ET AL. 2013. From Isozymes to Genomics: Population Genetics and Conservation of Agave in México. *Botanical Review* 79:483–506.
- ELLIS, E. A., U. HERNANDEZ GOMEZ, Y J. A. ROMERO-MONTERO. 2017. Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México. *Ecosistemas* 26:101–111.
- ELLIS, E. A., M. J. A. ROMERO, Y G. I. U. HERNÁNDEZ. 2015. Evaluación y mapeo de los determinantes de la deforestación en la Península Yucatán. Reporte Técnico. México.
- ESBÉRARD, C. E. L. 2002. Composição de colônia e reprodução de *Molossus rufus* (E. Geoffroy) (Chiroptera, Molossidae) em um refúgio no sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 19:1153–1160.
- ESCALONA-SEGURA, G., J. A. VARGAS-CONTRERAS, G. PUC-CABRERA, JOSÉ; CASTILLO-VELA, G. I. BALÁN-MEDINA, Y R. A. MEDELLÍN. sin fecha. Catch me if you can: Bird predation on bats at the Bat Volcano Cave, Campeche, Mexico.
- ESCOBEDO, E. C., Á. S. RAMÍREZ, Y. P. ESQUIVEL, Y C. DE LA T. POZO. 2002. Mamíferos terrestres del Santuario del Manatí: Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México, y su área de influencia. Pp. 107–114 en *Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia* (F. Rosado-May, M. R. Romero & A. de J. Navarrete, eds.). Serie de C. Universidad de Quintana Roo, Chetumal, Quintana Roo.
- ESTRADA-VILLEGAS, S., C. F. J. MEYER, Y E. K. V. KALKO. 2010. Effects of tropical forest fragmentation on aerial insectivorous bats in a land-bridge island system. *Biological Conservation* 143:597–608.
- ESTRADA, A., Y R. COATES-ESTRADA. 2001. Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 24:94–102.
- ESTRADA, A., Y R. COATES-ESTRADA. 2002. Bats in continuous forest, forest fragments and in an agricultural mosaic habitat island at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 103:237–245.
- ESTRADA, A., R. COATES-ESTRADA, Y D. MERITT. 1993. Nordic Society Oikos Bat Species Richness and Abundance in Tropical Rain Forest Fragments and in Agricultural Habitats at Los Tuxtlas, Mexico Published by : Wiley on behalf of Nordic Society Oikos Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/3683115> Bat spec. Wiley on behalf of Nordic Society Oikos 16:309–318.
- ESTRELLA, E., J. M. PECH-CANCHÉ, S. HERNÁNDEZ-BETANCOURT, D. LÓPEZ-CASTILLO, Y C. MORENO. 2014. Diversidad de murciélagos (Chiroptera : Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán , México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. 30:188–200.
- EVELYN, M. J., Y D. A. STILES. 2003. Roosting Requirements of Two Frugivorous Bats (*Sturnira lilium* and *Arbiteus intermedius*) in Fragmented Neotropical Forest. *Biotropica* 35:405.
- EVELYN, M. J., D. A. STILES, Y R. A. YOUNG. 2004. Conservation of bats in suburban landscapes: Roost selection by *Myotis yumanensis* in a residential area in California. *Biological Conservation* 115:463–473.

F

- FAGAN, K. E., E. V. WILLCOX, L. T. TRAN, R. F. BERNARD, Y W. H. STIVER. 2017. Roost selection by bats in buildings, Great Smoky Mountains National Park. *The Journal of Wildlife Management* 82:424–434.



- FENTON. 1970. Population studies of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Ontario.
- FENTON, A. M. B. ET AL. 1992. Phyllostomid Bats (Chiroptera : Phyllostomidae) as Indicators of Habitat Disruption in the Neotropics Published by : Association for Tropical Biology and Conservation Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2388615> Accessed : 06-04-2016 01 : 48 UTC You 24:440-446.
- FENTON, M. B. ET AL. 1998. Emergence, Echolocation, Diet and Foraging Behavior of *Molossus ater* (Chiroptera: Molossidae). *Biotropica* 30:314-320.
- FIDEICOMISO DE RIESGO COMPARTIDO. 2017. Henequén, oro verde en la época prehispánica. *SAGARPA*. <<https://www.gob.mx/firco/articulos/henequen-oro-verde-en-epoca-prehispanica?idiom=es>> (25 febrero 2018).
- FLEMING, T. H., C. GEISELMAN, Y W. J. KRESS. 2009. The evolution of bat pollination: A phylogenetic perspective. *Annals of Botany* 104:1017-1043.
- FLEMING, T. H., Y E. R. HEITHAUS. 1986. Seasonal Foraging Behavior of the Frugivorous Bat *Carollia perspicillata*. *American Society of Mammalogists* 67:660-671.
- FLEMING, T. H., N. MUCHHALA, Y J. F. ORNELAS. 2005. New World nectar-feeding vertebrates: community patterns and processes. *Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa*:163-186.
- FLORES-GUIDO, J. S. 1994. Vegetación de cenotes, rejolladas, haltunes y cavernas. P. 80 en *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán* (R. Durán & M. Méndez, eds.). Primera ed. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, Mexico, Yucatán.
- FLORES-MARTINEZ, J. J., J. ORTEGA, Y G. IBARRA-MANRIQUEZ. 2000. El hábito alimentario del murciélago zapotero (*Artibeus jamaicensis*) en Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología*:23-40.
- FLORES, J., Y I. ESPEJEL. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. P. 135 en *Etnoflora yucatanense*. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán.

G

- GAISLER, J. 1963. The ecology of lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros hipposideros* Bechstein, 1800) in Czechoslovakia, part I. *Vestn. Cesk. Spol. Zool*, 27:211-233.
- GAISLER, J., J. ZUKAL, Z. REHAK, Y M. HOMOLKA. 1998. Habitat preference and flight activity of bats in a city. *Journal of Zoology* 244:439-445.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J. 2004. Clasificación de los murciélagos de la región de los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. *Acta Zoologica Mexicana Annu. Rev. Ecol. Syst. Nature* 20:239-243.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J., S. GUEVARA, Y V. J. SOSA. 2000. Bat- and Bird-Generated Seed Rains at Isolated Trees in Pastures in a Tropical Rainforest. *Conservation Biology* 14:1693-1703.
- GARCÍA-GARCÍA, J. L., Y A. SANTOS-MORENO. 2014. Variación estacional en la diversidad y composición de ensamblajes de murciélagos filostómidos en bosques continuos y fragmentados en Los Chimalapas, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:228-241.
- GARCÍA-MORALES, R. ET AL. 2016. Deforestation impacts on bat functional diversity in tropical landscapes. *PLoS ONE* 11:1-16.



- GARCIA, J. M., Y R. A. ZAHAWI. 2006. Predation by a Blue-crowned Motmot (*Momotus momota*) on a Hummingbird. *The Wilson Journal of Ornithology* 118:261–263.
- GASTON, K. J. 2010. Ecology. Valuing common species. *Science (New York, N.Y.)* 327:154–155.
- GENTRY, A. H. 1974. Flowering Phenology and Diversity in Tropical Bignoniaceae Author (s): Alwyn H . Gentry
Published by: The Association for Tropical Biology and Conservation Stable URL :
<http://www.jstor.org/stable/2989698>. *Biotropica* 6:64–68.
- GILMAN, E. F., Y D. G. WATSON. 1953. Manilkara zapota. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)* 7:2–4.
- GNASPINI, P., & TRAJANO, E. 2000. Guano communities in tropical caves. *Ecosystems of the World*:251–268.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE YUCATÁN. sin fecha. Mapa turístico del estado de Yucatán.
<<http://www.yucatan.gob.mx/estado/mapa.php>> (2 marzo 2018).
- GODOY BERGALLO, H. ET AL. 2003. Bat Species Richness in Atlantic Forest : What Is the Minimum Sampling Effort ? Bat Species Richness in Atlantic Forest : What Is the Minimum Sampling Effort ?. *Biotropica* 35:278–288.
- GONZÁLEZ-RUIZ, N., J. RAMÍREZ-PULIDO, Y J. ARROYO-CABRALES. 2011. A new species of mastiff bat (Chiroptera: Molossidae: *Molossus*) from Mexico. *Mammalian Biology - Zeitschrift für Säugetierkunde* 76:461–469.
- GRAHAM, G. L. 1988. Interspecific Associations among Peruvian Bats at Diurnal Roosts and Roost Sites. *Journal of mammalogy* 69:711–720.
- GRANIEL, E., Y G. GARCÍA. 2010. Geología. Pp. 4–6 en *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. (M. Duran, R. y Méndez, ed.). Centro de. Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán, México.
- GRAS, P., T. TSCHARNTKE, B. MAAS, A. TJOA, A. HAFSAH, Y Y. CLOUGH. 2016. How ants, birds and bats affect crop yield along shade gradients in tropical cacao agroforestry. *Journal of Applied Ecology* 53:953–963.
- GREIF, S., Y B. M. SIEMERS. 2010. Innate recognition of water bodies in echolocating bats. *Nature Communications* 1:1–5.

H

- HATT, R. T. 1938. Notes concerning Mammals Collected in Yucatan. *Journal of Mammalogy* 19:333–337.
- HAWKE, C. 1966. Plasminogen Activator in Saliva of the Vampire Bat *Desmodus rotundus*. *Nature*:434–435.
- HECKER, K. R., Y R. M. BRIGHAM. 1999. Does Moonlight Change Vertical Stratification of Activity by Forest-Dwelling Insectivorous Bats? *American Society of Mammalogists* 80:1196–1201.
- HEITHAUS, R., T. FLEMING, Y P. OPLER. 1975. Foraging Patterns and Resource Utilization in Seven Species of Bats in a Seasonal Tropical Forest. Wiley on behalf of the Ecological Society of America 56:841–854.
- HENRY, M., J. M. PONS, Y J. F. COSSON. 2007. Foraging behaviour of a frugivorous bat helps bridge landscape connectivity and ecological processes in a fragmented rainforest. *Journal of Animal Ecology* 76:801–813.
- HILL, M. O. 1973. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. *Ecology* 54:427–432.



- HOFSTEDE, H. M., Y M. B. FENTON. 2005. Relationships between roost preferences, ectoparasite density, and grooming behaviour of neotropical bats. *Journal of Zoology* 266:333–340.
- HOLLAND, R. A., C. F. J. MEYER, E. K. V. KALKO, R. KAYS, Y M. WIKELSKI. 2011. Emergence Time and Foraging Activity in Pallas' Mastiff Bat, *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae) in Relation to Sunset/Sunrise and Phase of the Moon. *Acta Chiropterologica* 13:399–404.
- HOOD, C. S., Y J. KNOX. 1984. *Noctilio leporinus*. *Mammalian Species*:1–7.
- HSIEH, T. C., K. H. MA, Y A. CHAO. 2016. iNEXT: interpolation and extrapolation for species diversity. R package version 2.0.8. *R-project*. <<http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download>>.
- HUTCHINSON, G. E. 1950. Survey of Contemporary Knowledge of Biogeochemistry 3. The biogeochemistry of vertebrate excretion. *American Museum of Natural History, New York*.

I

- INAH. 2012. Hacia un plan de conservación de Sitios Mayas del Patrimonio Mundial. México.
- INAH. 2018. Red de Zonas Arqueológicas. *Red de Zonas Arqueológicas*. <<http://www.inah.gob.mx/images/zonas/lista/pagina.html>> (10 febrero 2018).
- INEGI. 2016a. Conociendo Yucatán. sexta. México.
- INEGI. 2016b. Anuario estadístico y geográfico de Yucatán 2016. Instituto. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Mexico.
- INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Yucatán 2017. Mexico, Yucatán.

J

- JACQ, M., Y J. K. FRANCIS. 1992. *Melicoccus bijugatus*. *Genetica*:354–357.
- JANZEN, D. H. 1973. Sweep Samples of Tropical Foliage Insects : Effects of Seasons , Vegetation Types , Elevation , Time of Day , and Insularity. *Ecology* 54:687–708.
- JOST, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113:363–375.
- JOST, L., Y J. A. GONZÁLEZ- OREJA. 2012. Midiendo la diversidad biológica : más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica Lilloana* 56:3–14.
- JUNG, K., Y E. K. V. KALKO. 2010. Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. *Journal of Mammalogy* 91:144–153.
- JUNG, K., Y E. K. V. KALKO. 2011. Adaptability and vulnerability of high flying Neotropical aerial insectivorous bats to urbanization. *Diversity and Distributions* 17:262–274.

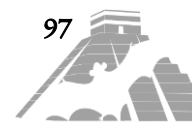
K

- KALKA, M. B., A. R. SMITH, Y E. K. V. KALKO. 2008. Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest. *Science* 320:71.

- KALKA, M., Y E. K. V KALKO. 2006. Gleaning bats as underestimated predators of herbivorous insects: Diet of *Micronycteris microtis* (Phyllostomidae) in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 22:1–10.
- KARLSSON, B.-L., J. EKLÖF, Y J. RYDELL. 2006. No lunar phobia in swarming insectivorous bats (family Vespertilionidae). *Journal of Zoology* 256:473–477.
- KASSO, M., Y M. BALAKRISHNAN. 2013. Ecological and Economic Importance of Bats (Order Chiroptera). *ISRN Biodiversity* 2013:1–9.
- KEELEY, A. T. H., Y B. W. KEELEY. 2004. The Mating System of *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) in a Large Highway Bridge Colony. *Journal of Mammalogy* 85:113–119.
- KLINGBEIL, B. T., Y M. R. WILLIG. 2010. Seasonal differences in population-, ensemble- and community-level responses of bats to landscape structure in Amazonia. *Oikos* 119:1654–1664.
- KUIJPER, D. P. J. ET AL. 2008. Experimental evidence of light disturbance along the commuting routes of pond bats (*Myotis dasycneme*). *Lutra* 51:37–49.
- KUNZ, T. ., Y K. A. INGALLS. 1994. Folivory in Bats : An Adaptation Derived from Frugivory. *Brithish Ecological Society* 8:665–668.
- KUNZ, T. H. 1982. Roosting Ecology of Bats. Pp. 1–55 en *Ecology of Bats*.
- KUNZ, T. H. 1984. Halloween Treat: Bat Facts and Folklore. *The American Biology Teacher* 46:394–399.
- KUNZ, T. H., Y L. F. LUMSDEN. 2003. Ecology of Cavity and Foliage Roosting Bats. P. 778 en *Bat Ecology* (M. Kunz, Thomas H; Brock Fenton, ed.). The University of Chicago Press, Chicago and London.
- KUNZ, T. H., Y P. STUART. 2009. *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland.
- KUNZ, T. H., D. W. THOMAS, G. C. RICHARDS, C. R. TIDEMANN, E. D. PIERSON, Y P. A. RACEY. 1996. Observational techniques for bats. Pp. 105–114 en *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals* (Wilson, Russell, Nichols & Foster, eds.). Smithsonian Press.
- KUNZ, T. H., E. B. DE TORREZ, D. BAUER, T. LOBOVA, Y T. H. FLEMING. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223:1–38.

L

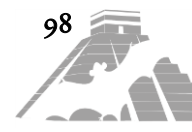
- DE LA PEÑA-CUÉLLAR, E., J. BENÍTEZ-MALVIDO, L. D. AVILA-CABADILLA, M. MARTÍNEZ-RAMOS, Y A. ESTRADA. 2015. Structure and diversity of phyllostomid bat assemblages on riparian corridors in a human-dominated tropical landscape. *Ecology and Evolution* 5:903–913.
- DE LA TIJERA, C. P., Y J. E. E. CABRERA. 1999. Mamíferos terrestres de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Revista de Biología Tropical* 47:251–262.
- LACKI, M. J., J. S. JOHNSON, L. E. DODD, Y M. D. BAKER. 2007. Prey Consumption of Insectivorous Bats in Coniferous Forests of North-Central Idaho. *Northwest Science* 81:199–205.
- LANG, A., E. KALKO, H. RÖMER, C. BOCKHOLDT, Y D. DECHMANN. 2006. Activity levels of bats and katydids in relation to the lunar cycle. *Oecologia* 146:659–666.



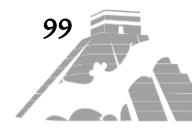
- LAUSEN, C. L., Y R. M. R. BARCLAY. 2003. Thermoregulation and roost selection by reproductive female big brown bats (*Eptesicus fuscus*) roosting in rock crevices. *Journal of Zoology* 260:235–244.
- LAUSEN, C. L., Y R. M. R. BARCLAY. 2006. Benefits of living in a building: Big Brown Bats (*Eptesicus fuscus*) in rocks versus buildings. *Journal of Mammalogy* 87:362–370.
- LEIGH, E. ., Y D. . WINDSOR. 1982. Forest production and regulation of primary consumers on Barro Colorado Island. Pp. 111–122 en *The ecology of a tropical forest*. (D. M. E. G., Rand, A. S & Windsor, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- LEROY, E. M. ET AL. 2005. Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. *Nature* 438:575–576.
- LEWANZIK, R., Y S. H. STONE. 2015. Dark Matters: The Effects of Artificial Lighting on Bats. *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*.
- LIZAMA, V. H. 2015. Chacá. <<https://sipse.com/milenio/plantas-medicinales-yucatan-chaca-bursera-simaruba-152245.html>> (19 junio 2018).
- LOAYZA, A. P., Y B. A. LOISELLE. 2008. Preliminary information on the home range and movement patterns of *Sturnira lilium* (Phyllostomidae) in a naturally fragmented landscape in Bolivia. *Biotropica* 40:630–635.
- LOAYZA, A. P., Y B. A. LOISELLE. 2009. Composition and Distribution of a Bat Assemblage during the Dry Season in a Naturally Fragmented Landscape in Bolivia. *Journal of Mammalogy* 90:732–742.
- LOBO, J. A., M. QUESADA, Y K. E. STONER. 2005. Effects of pollination by bats on the mating system of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) populations in two tropical life zones in Costa Rica. *American Journal of Botany* 92:370–376.
- LOBOVA, T. A., Y S. A. MORI. 2004. Epizoochorous dispersal by bats in French Guiana. *Journal of Tropical Ecology* 20:581–582.
- LONG, B., A. KURTA, Y D. L. CLEMANS. 2013. Analysis of DNA from Feces to Identify Prey of Big Brown Bats (*Eptesicus fuscus*) Caught in Apple Orchards. *The American Midland Naturalist* 170:287–297.
- LÓPEZ-WILCHIS, R., L. M. GUEVARA-CHUMACERO, N. A. PÉREZ, J. JUSTE, C. IBÁÑEZ, Y I. D. L. A. BARRIGA-SOSA. 2012. Taxonomic Status Assessment of the Mexican Populations of Funnel-Eared Bats, Genus *Natalus* (Chiroptera: Natalidae). *Acta Chiropterologica* 14:305–316.
- LÓPEZ, J. A., C. LORENZO, F. BARRAGAN, Y J. BOLANOS. 2009. Terrestrial mammals of the lagoon area from the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca, Mexico. *Revista Mexicana De Biodiversidad* 80:491–505.

M

- MA, D. ET AL. 2013. Desmolaris, a novel factor XIa anticoagulant from the salivary gland of the vampire bat (*Desmodus rotundus*) inhibits inflammation and thrombosis in vivo. *Blood* 122:4094–4106.
- MACKINNON, B. 2005. Bird Checklist of Chichén Itzá.
- MACSWINEY, M. C., B. BOLÍVAR-CIMÉ, R. ALFARO-BATES, J. J. ORTÍZ-DÍAZ, F. M. CLARKE, Y P. A. RACEY. 2017. Pollen movement by the bat *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera) in an agricultural landscape in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Mammal Research* 62:189–193.



- MACSWINEY, M. C., B. BOLÍVAR-CIMÉ, F. M. CLARKE, Y P. A. RACEY. 2012. Transient yellow colouration of the bat *Artibeus jamaicensis* coincides with pollen consumption. *Mammalian Biology* 77:221–223.
- MACSWINEY, M. C., P. VILCHIS, F. M. CLARKE, Y P. A. RACEY. 2007. The importance of cenotes in conserving bat assemblages in the Yucatan, Mexico. *Biological Conservation*.
- MÁLAGA, A., Y B. VILLA. 1956. Algunas notas acerca de la distribución de los murciélagos de América del Norte relacionados con el problema de la rabia. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*:27:529–569.
- MANN, S. L., R. J. STEIDL, Y V. DALTON. 2002. Effects of Cave Tours on Breeding *Myotis velifer*. *The Journal of Wildlife Management* 46:130–134.
- MARCON, E. 2018. Package ‘entropart’. Version 1.5-3. <<https://ericmarcon.github.io/entropart%0ABugReports>>.
- MARINHO-FILHO, J. S. 1991. The coexistence of two frugivorous bat species and the phenology of their food plants in Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7:59–67.
- MATTHEWS, A. K., S. A. NEISWENTER, Y L. K. AMMERMAN. 2010. Trophic Ecology of the Free-tailed Bats *Nyctinomops femorosaccus* and *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) in Big Bend National Park, Texas. *The Southwestern Naturalist* 55:340–346.
- MCCAIN, C. M. 2007. Could temperature and water availability drive elevational species richness patterns? A global case study for bats. *Global Ecology and Biogeography* 16:1–13.
- MCCRACKEN, G. F., E. H. GILLAM, J. K. WESTBROOK, Y. F. LEE, M. L. JENSEN, Y B. B. BALSLEY. 2008. Brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*: Molossidae, Chiroptera) at high altitude: Links to migratory insect populations. *Integrative and Comparative Biology* 48:107–118.
- MCCRACKEN, G. F., K. SAFI, T. H. KUNZ, D. K. N. DECHMANN, S. M. SWARTZ, Y M. WIKELSKI. 2016. Airplane tracking documents the fastest flight speeds recorded for bats. *Royal Society Open Science* 3:160398.
- MCKINNEY, M. 2002. Urbanization, Biodiversity and Conservation. *BioScience* 52.
- MEDELLÍN, R. 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo Mexicano. *Avances en el Estudio de los Mamíferos de México* 1:333–350.
- MEDELLÍN, R. A., M. EQUIHUA, Y M. A. AMIN. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforest. *Conservation Biology* 14:1666–1675.
- MEDELLIN, R. A., Y O. GAONA. 1999. Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats of Chiapas, Mexico. *Biotropica* 31:478–485.
- MEDELLIN, R. A., R. WIEDERHOLT, Y L. LOPEZ-HOFFMAN. 2017. Conservation relevance of bat caves for biodiversity and ecosystem services. *Biological Conservation* 211:45–50.
- MEDELLÍN, R., H. ARITA, Y O. SÁNCHEZ. 2008. Identificación de los Murciélagos de México. Clave de campo. Segunda Ed. Instituto de Ecología UNAM, Mexico.
- MEEHAN-HERMANSON, P., Y A. ALONSO-OLVERA. sin fecha. El sitio arqueológico de EkBalam: El proyecto de conservación, sus objetivos y el registro como herramienta para la conservación. *CNCPC – INAH*. <http://conservacion.inah.gob.mx/publicaciones/wp-content/uploads/2015/10/CorreoRestrio_Art3.pdf> (1 marzo 2018).



- MELLO, M. A. R., G. M. SCHITTINI, P. SELIG, Y H. G. BERGALLO. 2004. Seasonal variation in the diet of the bat *Carollia perspicillata* (Chiroptera: Phyllostomidae) in an Atlantic Forest area in southeastern Brazil. *Mammalia* 68.
- MELLO, R. M. A. 2009. Temporal variation in the organization of a Neotropical assemblage of leaf-nosed bats (Chiroptera: Phyllostomidae). *Acta Oecologica* 35:280–286.
- MELO, F. P., B. RODRIGUEZ-HERRERA, R. L. CHAZDON, R. A. MEDELLIN, Y G. G. CEBALLOS. 2009. Small Tent-Roosting Bats Promote Dispersal of Large-Seeded Plants in a Neotropical Forest. *Biotropica* 41:737–743.
- MENDES, P., T. B. VIEIRA, M. OPREA, D. BRITO, Y A. D. DITCHFIELD. 2011. Roost use by bats in Espírito Santo, Brazil: comparison of a protected area, a rural landscape, and an urban landscape Poliana. *Cuadernos de Investigacion UNED* 3:151–157.
- MENDOZA-VEGA, J., Y D. O. MOLINA-ROSALES. 2012. Estrategia Regional de la Península de Yucatán para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal. México.
- MESSENGER, S. L., J. S. SMITH, Y C. E. RUPPRECHT. 2002. Emerging Epidemiology of Bat-Associated Cryptic Cases of Rabies in Humans in the United States. *Clinical Infectious Diseases* 35:738–747.
- MEZQUITA, M. 2011. Yucatán Arqueológico. 4° Edición. Editorial Dante, Mexico, Yucatán.
- MILLER, G. S. J. 1902. Twenty New American Bats. *Academy of Natural Sciences* 66:294–341.
- MITCHELL, R., Y F. POPHAM. 2008. Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *The Lancet* 372:1655–1660.
- MONTIEL, S., A. ESTRADA, Y P. LÉON. 2006. Bat assemblages in a naturally fragmented ecosystem in the Yucatan Peninsula, Mexico: Species richness, diversity and spatio-temporal dynamics. *Journal of Tropical Ecology* 22:267–276.
- MORALES, A. 2009. Estructura y diversidad genética de *Nyctinomops laticaudatus* (Chiroptera: Molossidae) en el Estado de Yucatán, México. Universidad Autónoma del Estado de México.
- MORALES, M. A. D. 2006. Arbol Sagrado: origen y estructura del universo en el pensamiento maya. primera. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca, Hidalgo.
- MORALES, R. G., E. I. BADANO, Y C. E. MORENO. 2013. Response of Neotropical Bat Assemblages to Human Land Use. *Conservation Biology* 27:1096–1106.
- MORENO, C. E., F. BARRAGÁN, E. PINEDA, Y N. P. PAVÓN. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1249–1261.
- MORRISON, D. W. 1978. Lunar phobia in a neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behaviour* 26:852–855.
- MUCHHALA, N. 2006. Nectar bat stows huge tongue in its rib cage. *Nature* 444:701–702.
- MUÑOZ, M. E. 2006. El culto al dios Murciélago en Mesoamérica. *Arqueología Mexicana* 14:17–23.
- MUSCARELLA, R., Y T. H. FLEMING. 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82:573–590.



N

- NAVARRO, L. N. 2015. La representaciones sociales de los murciélagos en México. Universidad Autónoma de Madrid Facultad de Ciencias.
- NEGREROS-CASTILLO, P., Y I. S. MARTINEZ. 2011. Crecimiento y regeneración avanzada de *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth. en una selva de Quintana Roo. *Revista Mexicana de ciencias forestales* 2:1–14.
- NOGUEIRA, M. R., I. P. DE LIMA, R. MORATELLI, V. DA C. TAVARES, R. GREGORIN, Y A. L. PERACCHI. 2014. Checklist of Brazilian bats, with comments on original records. *Check List* 10:808–821.
- NOWAK, R. M. 1994. Walker's bats of the world. The Johns Hopkins University Press Baltimore and London. The Johns Hopkins University Press, United States of America.

O

- OLIVEIRA, A. K. M., F. T. DE F. LEMES, Y A. P. LEITE. 2018. Are the germination and vigor of *Ficus* and *Cecropia* seeds affected by the digestion process of a frugivorous bat? *Neotropical Biology and Conservation* 13:2–9.
- ORTEGA, J., Y I. CASTRO-ARELLANO. 2001. *Artibeus jamaicensis*. *Mammalian Species* 662:1–9.
- ORTEGA, J., B. HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, A. RIZO-AGUILAR, Y J. A. GUERRERO. 2010. Estructura social y composición temporal en una colonia de *Nyctinomops laticaudatus* (Chiroptera: Molossidae). *Revista Lasallista de Investigacion*.
- ORTEGA, J., Y J. L. MATRÍNEZ-RODRIGUEZ. 2011. Conductas de apareamiento y agresión entre machos en una colonia de *Nyctinomops laticaudatus* (Chiroptera: Molossidae) en México. *Maztozoología Neotropical*.

P

- PACHECO, V., R. CADENILLAS, E. SALAS, C. TELLO, Y H. ZEBALLOS. 2011. Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú. *Revista Peruana de Biología* 16:5–32.
- PAKSUZ, S., Y B. ÖZKAN. 2012. The protection of the bat community in the Dupnisa Cave System, Turkey, following opening for tourism. *Oryx* 46:130–136.
- PATTERSON, B., M. WILLING, Y R. STEVENS. 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. P. 536–579. en *Bat Ecology* (M. . Kunz, T. H; Fenton, ed.). The University of Chicago Press, Chicago.
- PECH-CANCHE, J. M. 2010. Riqueza de especies y diversidad funcional en los ensambles de murciélagos de dos tipos de selva en Yucatán, México. Universidad Veracruzana.
- PECH-CANCHE, J. M., C. MACSWINEY, Y E. ESTRELLA. 2010. Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos Neotropicales. *Therya* 1:221–228.
- PECH-CANCHE, J. M., C. E. MORENO, Y G. HALFFTER. 2011. Additive partitioning of Phyllostomid bat richness at fine and coarse spatial and temporal scales in Yucatan, Mexico. *Écoscience* 18:42–51.
- PENNISI, L. A., S. M. HOLLAND, Y T. V. STEIN. 2004. Achieving bat conservation through tourism. *Journal of Ecotourism* 3:195–207.
- PETERS, F. B., P. R. D. O. ROTH, Y A. U. CHRISTOFF. 2012. *Mammalia, Chiroptera, Molossidae, Molossus rufus* É.

Geoffroy, 1805: Distribution extension. Check List Journal of Species Lists and Distribution 8:291–293.

POURRUT, X. ET AL. 2009. Large serological survey showing cocirculation of Ebola and Marburg viruses in Gabonese bat populations, and a high seroprevalence of both viruses in *Rousettus aegyptiacus*. BMC Infectious Diseases 9:159.

POZO, C., Y S. CALMÉ. 2004. Uso y Monitoreo de los Recursos Naturales en el Corredor Biológico Mesoamericano (Áreas Focales Xpujil-Zoh Laguna y Carrillo Puerto). Chetumal, Quintana Roo, México.

R

R CORE TEAM. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

RAMÍREZ-CHAVES., H. E., A. F. . SUÁREZ-CASTRO., Y J. F. GONZÁLEZ-MAYA. 2016. Cambios recientes a la lista de mamíferos de Colombia. Mammalogy Notes 3:1–19.

RAMÍREZ, I., R. COATES, Y A. GONZÁLEZ. 2017. The understory bat community in a fragmented landscape in the lowlands of the Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. *Therya* 8:99–107.

RAMIREZ, J. L. 1993. Control de Plagas Agrícolas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Centro de Investigacion Regional del Sueste, Mexico, Yucatán.

RAMÍREZ, S. V. 2005. Estructura de la comunidad de quirópteros en cavernas y cenotes de la antropogénica en la reserva ecológica Cuxtal, Yucatán, México. Universidad Autónoma de Yucatán.

RAMOS, M. J. P., J. T. MARQUES, Y J. M. PALMEIRIM. 2010. Ecological responses of frugivorous bats to seasonal fluctuation in fruit availability in amazonian forests. *Biotropica* 42:680–687.

REICHARD, J. D. 2010. Seasonal activity and energetics of brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*) in south-central Texas. Boston University.

REID, J. L., Y A. SÁNCHEZ-GUTIÉRREZ. 2010. Observaciones de dos presas nuevas de vertebrados para el momoto común (*Momotus momota*). *Zeledonia* 14:68–72.

REZSUTEK, MICHAEL; CAMERON, G. 1993. *Mormoops megalophylla*. *Mammalian Species*:1–5.

RIPPERGER, S. P., E. K. V KALKO, B. RODRÍGUEZ-HERRERA, F. MAYER, Y M. TSCHAPKA. 2015. Frugivorous bats maintain functional habitat connectivity in agricultural landscapes but rely strongly on natural forest fragments. *PLoS ONE* 10:1–15.

RIVIERO, M. H. 2016. Los murciélagos tienderos como dispersores de semillas grandes en la selva Lacandona, Chiapas, México. Universidad Nacional Autónoma de México.

DEL ROCÍO RUENES-MORALES, M., A. CASAS, J. J. JIM ÉNEZ-OSORNIO, Y J. CABALLERO. 2010. Etnobotánica de *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) en la península de Yucatán. *Interciencia* 35:247–254.

RODRIGUEZ-DURAN, A., Y R. VAZQUEZ. 2001. The bat *Artibeus jamaicensis* in Puerto Rico (West Indies): seasonality of diet, activity, and effect of a hurricane. *Acta Chiropterologica* 3:53–61.

RODRIGUEZ-HERRERA, B., R. A. MEDELLÍN, Y R. M. TIMM. 2007. Neotropical tent-roosting bats. Instituto Nacional de Biodiversidad.

ROTHENWÖHRER, C., N. I. BECKER, Y M. TSCHAPKA. 2011. Resource landscape and spatio-temporal activity patterns



- of a plant-visiting bat in a Costa Rican lowland rainforest. *Journal of Zoology* 283:108–116.
- RUIZ, H., Y J. ARRELLANO. 2016. Estrategias para la conservación. Áreas Naturales Protegidas. Pp. 414–419 en *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*.
- RUSSELL, A. L., M. P. COX, V. A. BROWN, Y G. F. MCCRACKEN. 2011. Population growth of Mexican free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis mexicana*) predates human agricultural activity. *BMC Evolutionary Biology* 11.
- RUSSO, D., L. CISTRONE, Y G. JONES. 2007. Emergence time in forest bats: the influence of canopy closure. *Acta Oecologica* 31:119–126.
- RUSSO, S. E., S. PORTNOY, Y C. K. AUGSPURGER. 2006. Incorporating animal behavior into seed dispersal models: Implications for seed shadows. *Ecology* 87:3160–3174.
- RYDELL, J. 1992. Exploitation of Insects around Streetlamps by Bats in Sweden. *British Ecological Society* 6:744–750.
- RYDELL, J., H. T. ARITA, M. SANTOS, Y J. GRANADOS. 2002. Acoustic identification of insectivorous bats (order chiroptera) of Yucatan, Mexico. *Journal of Zoology* 257:27–36.
- RYDELL, J., A. ENTWISTLE, Y P. A. RACEY. 1996. Timing of Foraging Flights of Three Species of Bats in Relation to Insect Activity and Predation Risk. *Nordic Society Oikos* 76:243–252.
- RYDELL, J., L. A. MILLER, Y M. E. JENSEN. 1999. Echolocation constraints of Daubenton's Bat foraging over water. *Functional Ecology* 13:247–255.
- RYDELL, J., Y P. A. RACEY. 1995. Streetlamps and the feeding ecology of insectivorous bats. *Functional Ecology* 67:291–307.

S

- SALA, O. E. ET AL. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770–1774.
- SALDAÑA-VÁZQUEZ, R. A., Y M. A. MUNGUÍA-ROSAS. 2013. Lunar phobia in bats and its ecological correlates: A meta-analysis. *Mammalian Biology* 78:216–219.
- SAMPAIO, E. M., E. K. V. KALKO, E. BERNARD, B. RODRÍGUEZ-HERRERA, Y C. O. HANDLEY. 2003. A biodiversity assessment of bats (Chiroptera) in a tropical lowland rainforest of central amazonia, including methodological and conservation considerations. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 38:17–31.
- SÁNCHEZ-CASAS, N., Y T. ÁLVAREZ. 2000. Palinofagia de los murciélagos del género *Glossophaga* (Mammalia: Chiroptera) en México. *Acta Zoológica Mexicana* 81:23–62.
- SÁNCHEZ, A. S. 2006. La casa maya contemporánea. Usos, costumbres y configuración espacial. *Península* 1:81–105.
- SÁNCHEZ, J., Y D. LEW. 2012. Lista actualizada y comentada de los mamíferos de Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 173–174:173–238.
- SANDOVAL, L., E. BIAMONTE, Y A. SOLANO-UGALDE. 2008. Previously unknown food items in the diet of six Neotropical bird species. *The Wilson Journal of Ornithology* 120:214–217.
- SAZIMA, M. S. AND I. 2008. Bat Pollination of the Passion Flower , *Passiflora mucronata* , in Southeastern Brazil
Author (s): Marlies Sazima and Ivan Sazima Published by : The Association for Tropical Biology and Conservation Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2388012> 10:100–109.

- SCHAUB, A., J. OSTWALD, Y B. M. SIEMERS. 2009. Foraging bats avoid noise. *Journal of Experimental Biology* 212:3036–3036.
- SCHLEUNING, W. D. 2001. Vampire bat plasminogen activator DSPA- α -1 (desmoteplase): a thrombolytic drug optimized by natural selection. *Haemostasis* 31:118–22.
- SCOTT, P. E., Y R. F. MARTIN. 2009. Reproduction of the Turquoise-Browed Motmot at Archaeological Ruins in Yucatan Published by: The Association for Tropical Biology and Conservation Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2387991> 15:8–14.
- SECRETARÍA DE SERVICIOS PARLAMENTARIOS. 2018. Ley Federal sobre monumentos y zonas arqueológicas artísticas e históricos. México.
- SECTUR. 2018. Llegadas a Museos y Zonas Arqueológicas. *Secretaría de turismo*. <<http://www.datatur.sectur.gob.mx/SitePages/ActividadesCulturales.aspx>> (9 marzo 2018).
- SEDUMA. 1994. Ficha Técnica. Área Natural Protegida de valor escénico histórico y cultural. San Juan Bautista Tabi y Anexa Sacnité.
- SEDUMA. 2005. Ficha Técnica: Reserva estatal de Dzilam. Mexico, Yucatán.
- SEDUMA. 2011. Parque Nacional Dzibilchaltún. Ficha Técnica. Mexico.
- SEDUMA. 2012a. Ciricote. México, Yucatán.
- SEDUMA. 2012b. Roble. Mexico, Yucatán.
- SEGOB. 1988. Decreto de la zona de monumentos arqueológicos de Chichen-itzá, municipio de Tinúm, Estado de Yucatán. <http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4793340&fecha=30/11/1988> (13 noviembre 2018).
- SEMARNAT. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. de especies en riesgo. <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf>.
- SHIRLEY, M. D. F. ET AL. 2001. Assessing the impact of a music festival on the emergence behaviour of a breeding colony of Daubenton ' s bats (*Myotis daubentonii*). *Journal of Zoology* 254:367–373.
- SIEMERS, B. M., Y A. SCHAUB. 2011. Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 278:1646–1652.
- SILVA, C. R., Y E. BERNARD. 2017. Bioacoustics as an Important Complementary Tool in Bat Inventories in the Caatinga Drylands of Brazil. *Acta Chiropterologica* 19:409–418.
- SIMMONS, N. B. 2005. Mammal Species of the World: A taxonomic and geographic reference. P. 312–529. en *Mammal Species of the World: A taxonomic and geographic reference*. (D. . Wilson, D.E; Reeder, ed.). Third Edit. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- SIMMONS, N. B., K. L. SEYMOUR, J. HABERSETZER, Y G. F. GUNNELL. 2008. Primitive Early Eocene bat from Wyoming and the evolution of flight and echolocation. *Nature* 451:818–821.
- SIMMONS, N. B., Y R. S. VOSS. 1998. The mammals of Paracou, French Guiana, a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 1, Bats. *Bulletin of the American Museum of Natural History*.

- SMITH, M. D., Y A. K. KNAPP. 2003. Dominant species maintain ecosystem function with non-random species loss. *Ecology Letters* 6:509–517.
- SMITHSONIAN INSTITUTION. 2018. Molossus rufus: Murciélago Mastín Negro. *Mamíferos de América del Norte*. <https://naturalhistory.si.edu/mna/image_info.cfm?species_id=480&lang=_sp> (6 abril 2018).
- SOLAN, M., B. J. CARDINALE, A. L. DOWNING, K. A. M. ENGELHARDT, J. L. RUESINK, Y D. S. SRIVASTAVA. 2004. Extinction and Ecosystem Function in the Marine Benthos. *Science* 306:1177–1180.
- SOSA-ESCALANTE, J. E., S. HERNÁNDEZ, Y A. SEGOVIA. 2001. Chiroderma villosum (Chiroptera: Phyllostomidae) en el estado de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5:68–71.
- SOSA-ESCALANTE, J., S. HERNÁNDEZ-BETANCOURT, J. M. PECH-CANCHÉ, C. MACSWINEY, Y R. DÍAZ-GAMBOA. 2014. Los Mamíferos del Estado de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época*.
- SOSA-ESCALANTE, J., J. M. PECH-CANCHÉ, C. M. MACSWINEY, Y S. HERNÁNDEZ-BETANCOURT. 2013. Mamíferos terrestres de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*:21.
- SOUZA, J. C. S. ET AL. 2016. Molossus rufus: distribuição geográfica e primeiro registro para Sergipe, nordeste do Brasil. *Neotropical Biology and Conservation* 11:184–191.
- STONE, E. L., S. HARRIS, Y G. JONES. 2015. Impacts of artificial lighting on bats: A review of challenges and solutions. *Mammalian Biology* 80:213–219.
- STONE, E. L., G. JONES, Y S. HARRIS. 2009. Street Lighting Disturbs Commuting Bats. *Current Biology* 19:1123–1127.
- STONER, K. E., Y M. HENRY. 2011. Seed Dispersal and Frugivory in Tropical Ecosystems. *Sc Ls Sc Ls. International Commission on Tropical Biology and Natural Resources* 360:163–166.
- STONER, K. E., P. RIBA-HERNANDEZ, K. VULINEC, Y J. E. LAMBERT. 2007. The role of mammals in creating and modifying seed shadows in tropical forests and some consequences of their elimination. *Biotropica* 39:316–327.

T

- TEIXEIRA, R. C., C. E. CORRÊA, Y E. FISCHER. 2009. Frugivory by Artibeus jamaicensis (Phyllostomidae) bats in the Pantanal, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 44:7–15.
- TIRIRA, D. 2018. Lista actualizadas de especies de mamíferos del Ecuador. <<http://mamiferosdeecuador.com/diversidad-menu/listas-de-especies.html>> (8 agosto 2018).
- TOTH, C. A., Y S. PARSONS. 2013. Is lek breeding rare in bats? *Journal of Zoology* 291:3–11.
- TREJO-SALAZAR, R.-E., L. E. EGUIARTE, D. SURO-PIÑERA, Y R. A. MEDELLIN. 2016. Save Our Bats, Save Our Tequila: Industry and Science Join Forces to Help Bats and *Agaves*. *Natural Areas Journal* 36:523–530.
- TREVELIN, L. C., M. SILVEIRA, M. PORT-CARVALHO, D. H. HOMEM, Y A. P. CRUZ-NETO. 2013. Use of space by frugivorous bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in a restored Atlantic forest fragment in Brazil. *Forest Ecology and Management* 291:136–143.
- TSCHAPKA, M., Y S. DRESSLER. 2002. Chiropterophily: On bat-flowers and flower bats. *Royal Botanic Gardens*:114–125.

U

UNAM. 2009. Biobiblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. *Universidad Nacional Autónoma de México*. <<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/index.php>> (1 junio 2018).

V

VARGAS-CONTERAS, J. A., G. ESCALONA-SEGURA, J. D. CÚ-VIZCARRA, J. ARROYO-CABRALES, Y R. A. MEDELLÍN. 2008. Estructura y diversidad de los ensambles de murciélagos en el centro y sur de Campeche, México. Pp. 551–577 en *Avances en el estudio de los mamíferos de México II* (C. Lorenzo, E. Espinoza & J. Ortega, eds.). primera ed. Asociación Mexicana de Mastozoología, México.

VARGAS-CONTRERAS, J. A., G. ESCALONA-SEGURA, J. ARROYO-CABRALES, J. RENDON VON OSTEN, Y L. NAVARRO. 2012. Conservación de Murciélagos en Campeche. *Therya* 3:53–66.

VÁZQUEZ-DOMÍNGUEZ, E., Y H. T. ARITA. 2010. The Yucatan peninsula: Biogeographical history 65 million years in the making. *Ecography* 33:212–219.

VELAZCO, P. M., Y B. D. PATTERSON. 2013. Diversification of the Yellow-shouldered bats, Genus *Sturnira* (Chiroptera, Phyllostomidae), in the New World tropics. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 68:683–698.

VILLA, B. 1953. Nota acerca de los murciélagos del museo Alfredo Duges.

VILLA, B. 1966. Los murciélagos de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología, México.

VILLAGRÁN GUTIERREZ, A. 2016. Tipología Turística De Los Cenotes En Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México.

VOIGT, C. C., Y T. KINGSTON. 2015. Bats in the anthropocene: Conservation of bats in a changing world. *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*.

VONHELVERSEN, O., Y Y. WINTER. 2003. Glossophagine Bats and Their Flowers: Costs and Benefits for Plants and Pollinators. Pp. 346–397 en *Bat ecology* (Kunz H. Thomas and M. Brock Fenton, ed.). The University of Chicago Press.

VOSS, R. S., D. W. FLECK, R. E. STRAUSS, P. M. VELAZCO, Y N. B. SIMMONS. 2016. Roosting Ecology of Amazonian Bats: Evidence for Guild Structure in Hyperdiverse Mammalian Communities. *American Museum Novitates* 3870:1–43.

W

WAGNER, I., J. U. GANZHORN, E. K. V. KALKO, Y M. TSCHAPKA. 2015. Cheating on the mutualistic contract: nutritional gain through seed predation in the frugivorous bat *Chiroderma villosum* (Phyllostomidae). *Journal of Experimental Biology* 218:1016–1021.

WHITAKER, J. O. 1995. Food of the big brown bat *Eptesicus fuscus* from maternity colonies in Indiana and Illinois. *American Midland Naturalist* 134:346–360.

WHITAKER, J. O., C. NEEFUS, Y T. H. KUNZ. 1996. Dietary Variation in the Mexican Free-Tailed Bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*). *Journal of Mammalogy* 77:716.



- WHITE, D. A., C. S. HOOD, Y P. HARCOTBE. 2004. Vegetation patterns and environmental gradients in tropical dry forests of the northern Yucatan Peninsula. *Journal of Vegetation Science* 15:151–161.
- WIEDERHOLT, R. ET AL. 2014. Optimizing conservation strategies for Mexican free-tailed bats: a population viability and ecosystem services approach. *Biodiversity and Conservation* 24:63–82.
- WILLIAMS, N. S. G., M. J. MCDONNELL, G. K. PHELAN, L. D. KEIM, Y R. VAN DER REE. 2006. Range expansion due to urbanization: Increased food resources attract Grey-headed Flying-foxes (*Pteropus poliocephalus*) to Melbourne. *Austral Ecology* 31:190–198.
- WILLIG, M. R. ET AL. 2007. Phyllostomid bats of lowland Amazonian: effects of habitat alteration on abundance. *Biotropica* 39:737–746.
- WINDSOR, D. . 1978. The feeding activities of tropical insect herbivores on some deciduous forest legumes. Pp. 101–113 en *The ecology of arboreal folivores*. (G. G. Montgomery, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- WINHOLD, L., Y A. KURTA. 2008. Netting Surveys for Bats in the Northeast : Differences Associated with Habitat , Duration of Netting , and Use of Consecutive Nights. *Northeastern Naturalist* 15:263–274.

Y





- YEE, D. A. 2000. *Peropteryx macrotis*. *Mammalian Species* 1410:1–4.

ANEXOS

Anexo 1

Catálogo de fotografías de los murciélagos encontrados en las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal. Nombre científico, nombre común, nombre traducido al maya, tipo de alimentación. Todas las fotos fueron tomadas por el Biol. Alejandro Ganesh Marín Méndez. Traducciones realizadas por la Biol. Ginni Ku Kinil.

Simbología

FAMILIA EMBALLONURIDAE	FAMILIA MORMOOPIDAE	FAMILIA NATALIDAE	FAMILIA VESPERTILIONIDAE	FAMILIA MOLOSSIDAE	FAMILIA PHYLLOSTOMIDAE
 NECTARÍVORO	 INSECTÍVORO	 HEMATÓGAFO	 FRUGÍVORO		

 <p>PEROPTERYX MACROTIS Murciélago cara de perro Yich peek' soots'</p> 	 <p>MOLOSSUS RUFUS Murciélago mastín negro Yich peek' boox soots'</p> 
 <p>MORMOOPS MEGALOPHYLLA Murciélago de cara arrugada Yuyúuch ich soots'</p> 	 <p>MOLOSSUS SINALOAE Murciélago mastín de Sinaloa Yich peek' Sinaloail soots'</p> 
 <p>PTERONOTUS PARNELLII Murciélago bigotudo mayor Nuxi' me'ex soots'</p> 	 <p>NYCTINOMOPS LATICAUDATUS Murciélago de cola libre y orejas grandes Nojoch xikin chaak'al neej soots</p> 





NATALUS MEXICANUS

Murciélago orejas de embudo mexicano

Tuts'úul (beebech) xikin Mexikoil soots'



LASIURUS EGA

Murciélago amarillo cola peluda del sur

Tso'ts'o'ots neej nojoli k'an soots'



MYOTIS KEAYSI

Murciélago ratón pata peluda

Tso'ts'o'ots ook ch'o' soots'



CAROLLIA PERSPICILLATA

Murciélago de cola corta

Kóom neej soots'



RHOGESSA AENEUS

Murciélago yucateco amarillo

Yukatanil k'an soots'



CAROLLIA SOWELLI

Murciélago de cola corta pardo

Kóom neej chukwa' soots'



ARTIBEUS JAMAICENSIS

Murciélago zapotero

Jaanal ya' soots'



CHIRODERMA VILLOSUM

Murciélago güero de ojos grandes

Nukuch ich sak soots'



ARTIBEUS LITURATUS

Murciélago frutero gigante

Jaanal ich nuxi' soots'



STURNIRA PARVIDENS

Murciélago de charreteras menor

Chan éek' pose'en keléembaal soots'





ARTIBEUS PHAEOTIS

Murciélago frutero pigmeo
Jaanal ich chan soots'



MIMON COZUMELAE

Murciélago dorado de Cozumel
Kosumelil k'an soots'



GLOSSOPHAGA SORICINA

Murciélago de lengua larga
Chowak aak' soots'



DIPHYLLA ECAUDATA

Murciélago vampiro de patas peludas
Íikim soots'



MICRONYCTERIS SCHMIDTORUM

Murciélago orejón centroamericano
Sentroamerikail nuxi' xikin soots'



DESMODUS ROTUNDUS

Murciélago vampiro común
tso'otsil ook íikim soots'



MICRONYCTERIS MICROTIS










Murciélago orejón pequeño
Chan nuxi' xikin soots'





Anexo 2

Listado de especies encontradas en las cuatro zonas arqueológicas (ZA), y su estado en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de protección ambiental de especies en categorías de riesgo, y en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN.

ANFIBIOS Y REPTILES

	<p><i>Thecadactylus rapicauda</i> Geco cola de nabo Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059) ZA: Dzibilchaltún</p>		<p><i>Triprion petasatus</i> Rana de árbol yucateca Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059) ZA: Ek'Balam</p>
	<p><i>Basiliscus vittatus</i> Toloque rayado Categoría de riesgo: Ninguna ZA: Dzibilchaltún</p>		<p><i>Sibon sanniolus</i> Culebra caracolera pigmea Categoría de riesgo: Ninguna ZA: Dzibilchaltún</p>
	<p><i>Bolitoglossa yucateana</i> Salamandra lengua de hongo yucateca Especie endémica Categoría de riesgo: Sujeta a</p>		<p><i>Coleonyx elegans</i> Cuija yucateca Categoría de riesgo: Amenazada (Nom-059) ZA: Dzibilchaltún</p>
	<p><i>Crotalus tzabcan</i> Víbora de cascabel yucateca Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059) ZA: Dzibilchaltún</p>		<p><i>Boa imperator</i> Boa Categoría de riesgo: Ninguna ZA: Chichén Itzá y Dzibilchaltún</p>
	<p><i>Rhinophrynus dorsalis</i> Sapo excavador mexicano Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059) ZA: Chichén Itzá, Uxmal</p>		

AVES

	<p><i>Rupornis magnirostris</i> Gavilán pollero Categoría de riesgo: Ninguna ZA: Ek'Balam</p>		<p><i>Geranospiza caerulescens</i> Gavilán zancón Categoría de riesgo: Amenazado (Nom-059) ZA: Uxmal</p>
---	---	--	--





Coragyps atratus
Zopilote común
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Uxmal



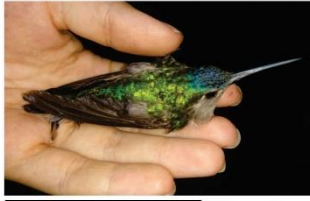
Crías de zopilote
Coragyps atratus



Melanerpes aurifrons
Carpintero chejé
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Uxmal, Chichén Itzá



Momotus superciliosa
Momoto cejazul
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Chichén Itzá, Ek'Balam, Dzibilchaltún, Uxmal



Campylopterus curvipennis
Colibrí ruisseñor
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Chichén Itzá



Glaucidium brasilianum
Tecolote llanero
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Dzibilchaltún y Ek'Balam



Ciccaba virgata
Búho café
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Ek'Balam

MAMÍFEROS



Coendou mexicanus
Puerco espín tropical
Categoría de riesgo: Amenazado (Nom-059)
ZA: Ek'Balam



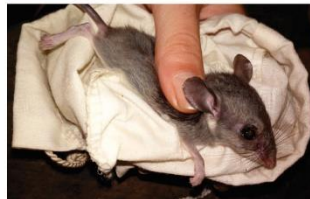
Potos flavus
Mico de noche
Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059)
ZA: Chichén Itzá



Nasua narica
Coatí
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Uxmal



Didelphis marsupialis
Tlacuache
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Uxmal y Chichén Itzá



Peromyscus leucopus
Ratón de patas blancas
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Ek'Balam



Anexo 3

Catálogo de fotografías. Fotografías por el Biol. Alejandro Ganesh Marín Méndez.



Artibeus jamaicensis dentro de una sascabera en Chichén Itzá.



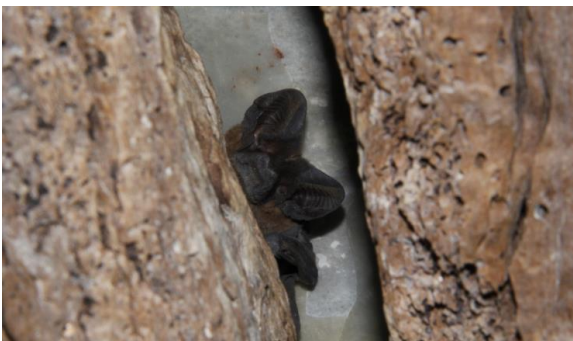
Micronycteris microtis en las Monjas, Chichén Itzá



Mimon cozumelae en sascabera de Dzibilchaltún



Natalus mexicanus en el Adivino, Uxmal



Nyctinomops laticaudatus en el Palacio del Gobernador, Uxmal



Glossophaga soricina en la Serie Inicial, Chichén Itzá





Refugio en la Serie Inicial, Chichén Itzá



Cría de filostómido no identificada en la Acrópolis, Ek'Balam



Carollia en la Acrópolis, Ek'Balam



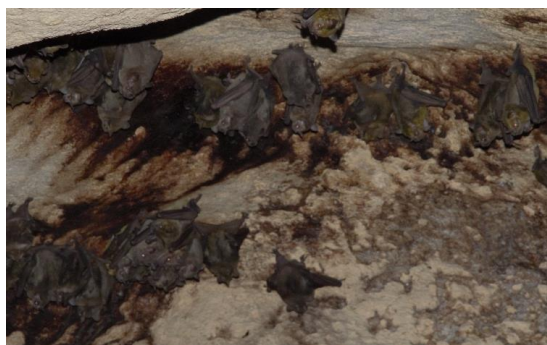
Micronycteris microtis con crías y *Mimon cozumelae* en la cueva de los Aluxes, Uxmal.



Diphylla ecaudata en la cueva de los Aluxes, Uxmal.



Peropteryx macrotis en el Adivino, Uxmal



Cueva Xconcopoché. Refugio natural de *Artibeus lituratus*, *Artibeus jamaicensis* y *Desmodus rotundus*



Banco de semillas transportadas por murciélagos frugívoros. Ek'Balam



Hembra preñada de *Sturnira parvidens*, capturada en Ek'Balam



Madre y cría de *Artibeus jamaicensis* capturadas en Uxmal



Micronycteris microris perchedo en una rama en Dzibilchaltún



Glossophaga soricina siendo alimentado en Ek'Balam



Sturnira parvidens en Ek'Balam



Dos variedades de color de *Molossus rufus* en Uxmal



Equipo de trabajo en Dzibilchaltún, de izquierda a derecha: Daniela Cafaggi, Daniel Ramos y Camila Raven



Equipo de trabajo en Chichén Itzá, de izquierda a derecha: Camila Raven, Daniela Cafaggi, Alejandro Marín y Daniel Ramos



Equipo de trabajo en Uxmal, de izquierda a derecha: Alejandro Marín, Daniela Cafaggi, Enrique Soberanes y Martha Chan



Medición de murciélagos en Ek'Balam



Anexo 4

Este trabajo formó parte del proyecto “Conservación de los murciélagos en las zonas arqueológicas de Yucatán” el cual fue realizado gracias al apoyo la National Geographic Society, y el trabajo conjunto del Instituto de Antropología e Historia (INAH) y el Instituto de Ecología UNAM.

La primera etapa del proyecto consistió en la realización de este estudio, en donde el principal objetivo fue caracterizar la diversidad de especies de murciélagos en las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek’Balam y Uxmal en el estado de Yucatán. A partir de los resultados aquí presentados y tomando en cuenta los criterios de prioridad del INAH, así como las características y necesidades de cada zona arqueológica se desarrollaron las siguientes actividades como parte de un programa piloto de difusión ambiental que consistió en:

- Curso de capacitación al personal.

El curso fue dirigido al personal de las zonas como directivos, arqueólogos, guías de turismo, personal de limpieza y cualquier otro interesado y fue realizado durante la primera semana de octubre de 2018 en las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún y Ek’Balam. El curso fue impartido por los biólogos Daniela Cafaggi y Alejandro Marín, ambos investigadores del Instituto de Ecología UNAM.

Objetivos:

- Informar al personal sobre los resultados obtenidos durante la investigación para el proyecto “Diversidad y conservación de murciélagos en las zonas arqueológicas del estado de Yucatán: Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek’Balam y Uxmal”.
- Informar al personal sobre los mitos y realidades de los murciélagos habitantes de las zonas arqueológicas, así como el papel ecológico, económico y cultural que tienen en la zona.
- En caso de asistir guías de turismo, se espera que en el futuro se pueda incluir lo aprendido en la información que se les brinda a los turistas.
- Recomendar acciones para la conservación de los murciélagos residentes en las zonas arqueológicas.

El curso constó de dos partes, una teórica y una práctica. La parte teórica consistió en charlas diurnas que se enfocaron en brindar los conocimientos generales sobre los murciélagos y explicar los resultados obtenidos en el estudio. La parte práctica se realizó durante la noche. El personal aprendió a colocar redes de niebla para la captura de murciélagos y posteriormente pudieron



observar de cerca a los murciélagos y adquirir las bases necesarias para identificarlos a nivel de gremio (frugívoros, insectívoros, nectarívoros o hematófagos).

- Creación de materiales gráficos

Se realizará una guía ilustrada con las especies encontradas cada zona arqueológica.

Carteles informativos que resalten la importancia cultural, ecológica y económica de los murciélagos que habita las estructuras.

El diseño de manteletas para niños con información, juegos y figuras para colorear sobre los murciélagos, las cuales podrán ser usadas en los restaurantes en convenio con las zonas arqueológicas.

- Piloto: Actividad nocturna “Noches de murciélagos y estrellas”

De igual manera, esta actividad se realizará únicamente en la zona arqueológica de Chichén Itzá y tendrá por objetivo informar y sensibilizar al público visitante sobre los murciélagos habitantes de la zona arqueológica.

La actividad se realizará durante la noche, después del recorrido y espectáculo nocturno que se ofrece en la zona arqueológica. Debido a que estos recorridos se realizan por turnos, se preparará una pequeña charla de 10 a 15 minutos impartida por investigadores del Instituto de Ecología UNAM, la cual será apoyada con material didáctico como animales disecados, esqueletos, carteles entre otros. Durante estas pláticas se hará énfasis en la importancia cultural, ecológica y económica de los murciélagos que habitan en la zona.



Diversidad y Conservación de Murciélagos en las Zonas Arqueológicas de Chichén Itzá Dzibilchaltún Ek Balam y Uxmal



Diversidad y Conservación de Murciélagos en las Zonas Arqueológicas de Chichén Itzá Dzibilchaltún Ek Balam y Uxmal.



Daniela Cafaggi Lemus





Atardecer en Uxmal
Alejandro Marin

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
MURCIÉLAGOS.....	3
MITOS Y REALIDADES DE LOS MURCIÉLAGOS.....	8
EL MURCIÉLAGO EN LA CULTURA.....	10
EL PROYECTO.....	13
OBJETIVOS.....	15
CALENDARIO.....	16
PERSONAL.....	17
ACTIVIDADES.....	18
RESULTADOS.....	20
GUÍA DE MURCIÉLAGOS EN LAS ZONAS ARQUEOLÓGICAS.....	21
REFUGIOS.....	25
CENOTES.....	27
ZONAS.....	28
CAPACITACIÓN.....	38
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES.....	44
ANEXO.....	46

Introducción



Falso vampiro
Ilustración Daniela Cafaggi

México es considerado uno de los cinco países con mayor riqueza cultural. Cuenta con 187 zonas arqueológicas abiertas al público, 17 de las cuales se encuentran en el Estado de Yucatán. De este alto número de sitios sujetos a protección, poco se sabe acerca de la diversidad biológica que mantienen debido a que los objetivos de investigación en ellas han sido mayormente de interés arqueológico. Sin embargo, recientemente algunos autores han trabajado con grupos de flora y fauna dentro de estos sitios y han propuesto que, debido su tamaño, posición geográfica, cercanía a áreas con cobertura forestal y restricción de uso de suelo, algunas zonas arqueológicas tienen potencial para el mantenimiento y conservación de la biodiversidad.

Los murciélagos son uno de los grupos más recurrentes en las zonas arqueológicas debido a que, a menudo, estos sitios cuentan con características físicas adecuadas para ellos. En las zonas arqueológicas del Estado de Yucatán la presencia de estos animales dentro de las estructuras ha sido conocida desde hace tiempo, y se sabe que algunos refugios han sido utilizados por los murciélagos durante décadas. Sin embargo, a pesar de que se han hecho estudios con murciélagos en algunas zonas arqueológicas, el tema sigue siendo poco explorado, por lo que la realización de inventarios adecuados de especies es el primer paso y la base para el conocimiento de la biodiversidad en estos sitios.

En el presente documento se muestran los resultados del proyecto “Diversidad y conservación de murciélagos en las zonas arqueológicas de Estado de Yucatán”, el cual fue realizado por la Blga. Daniela Cafaggi del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México en el Laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados Terrestres, en conjunto con el Instituto Nacional de Antropología e Historia, y con el apoyo de la National Geographic Society.





Murciélagos



Murciélago frutero pigmeo
Ilustración Daniela Cafaggi



Al escuchar la palabra “murciélago” lo primero que viene a la mente de muchas personas son conceptos como noche, sangre, vampiro y enfermedades. A pesar de que todas estas son verídicas, es importante separar la realidad de la fantasía para poder ver a estos animales como en realidad son. Si bien en nuestra vida diaria hacer mención de ellos no es extraño debido a que tenemos referencias bastante populares como lo son Batman y Drácula, pocas personas han tenido un acercamiento real con estas misteriosas creaturas. Esto se debe a que, en primer lugar, ver a detalle un murciélago no es nada sencillo.

Los murciélagos son animales nocturnos que por lo regular viven en lugares altos y con poca luz, lo que dificulta observarlos con el detenimiento necesario para poder apreciar características como el color de su pelaje, la forma de su cara o el tamaño de su cuerpo. En segundo lugar, porque existen muchos mitos nada favorecedores alrededor de ellos, en donde se les asocia con seres oscuros y malvados, con brujas, demonios y por supuesto, los legendarios vampiros de Transilvania. Gracias a estos factores, hoy en día los murciélagos son creaturas olvidadas que, más allá de interesar

poco a las personas, generan repulsión y miedo, lo que ha llevado a que sus poblaciones se encuentren amenazadas por el ser humano.

Debido a esto, es necesaria la participación de diferentes frentes, desde la investigación científica y las acciones en política pública, hasta la educación ambiental para seguir trabajando por la conservación de estos extraordinarios animales.

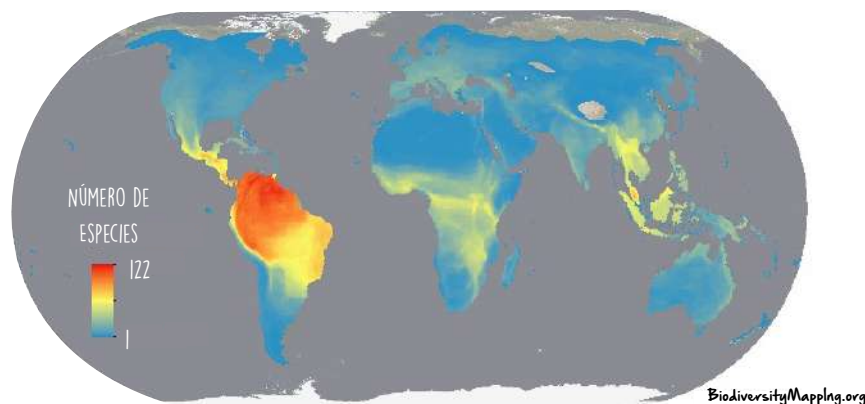


Murciélago de charreteras. Alejandro Marín

Los murciélagos pertenecen al grupo Chiroptera (quiróptera), y, al igual que los seres humanos, son mamíferos, por lo que también tienen pelo y alimentan a sus crías con leche.

Aunque existen muy pocos registros fósiles, se sabe que estos animales han tenido la forma que hoy conocemos desde hace 52 millones de años. El antepasado más antiguo del ser humano (*Australopithecus ramidus*) vivió aproximadamente 6 millones de años atrás, por lo que los murciélagos estuvieron en la Tierra mucho tiempo antes que nosotros. Durante ese periodo, se han diversificado en más de 1300 especies, haciéndolos el segundo grupo de mamíferos con mayor número de especies después de los roedores.

Se encuentran distribuidos en todo el mundo con excepción de las regiones polares, algunas islas oceánicas muy lejanas y las cumbres montañosas más altas, y pueden habitar en diferentes ecosistemas como bosques, pastizales, desiertos e incluso, en zonas urbanas.



EN MÉXICO EXISTEN 140 ESPECIES DE MURCIÉLAGOS, LO QUE NOS COLOCA ENTRE LOS PAÍSES CON MAYOR DIVERSIDAD DE ESPECIES EN EL MUNDO.



LA PALABRA
"CHIROPTERA"
SIGNIFICA
"MANOS ALADAS"
(CHIRO = MANO,
PTERON = ALA)



Murciélago frugívoro. Alejandro Marín



Murciélago hematófago. Alejandro Marín



Murciélago insectívoro. Alejandro Marín



Murciélago nectarívoro. Rodrigo Medellín



diferencia de lo que comúnmente se cree, la mayoría de los murciélagos se alimenta de insectos o algunos otros artrópodos pequeños (insectívoros). También existen murciélagos que se alimentan de frutos (frugívoros) y de polen y néctar (nectarívoros), otros cazan pequeños animales como lagartijas y ratones (carnívoros), e inclusive hay especies que están adaptadas para pescar (piscívoros), como la especie *Noctilio leporinus*, la cual puede encontrarse en el estado de Yucatán. También hay murciélagos hematófagos, erróneamente llamados vampiros, los cuales se alimentan de sangre. De estos sólo existen 3 especies (¡sólo el 0.2% de todos los murciélagos!) que únicamente habitan en Centro y Sudamérica, y todas se pueden encontrar en México.

Gracias a la gran diversidad en hábitos alimenticios que tienen los murciélagos los seres humanos obtenemos múltiples beneficios que ayudan a nuestra economía y bienestar de forma gratuita. Estos beneficios obtenidos a partir del buen funcionamiento de los ecosistemas son llamados “servicios ecosistémicos”. Entre los servicios que brindan los murciélagos se encuentran:

Dispersión de semillas:

A los murciélagos se les ha llamado “arquitectos del bosque” debido a que ayudan a dispersar las semillas de muchas plantas que son importantes para la regeneración de los bosques, y especies de plantas que son importantes para los seres humanos. Por ejemplo: higos, guayabas, guarumbo, ciricote, roble, guayas, ciruelas, zapotes, guanábana, capulín, pixoy, nance, ramón, entre otros.



Murciélago carnívoro. Kathrin Barboza



Murciélago piscívoro. PCMPY MBOPI

Polinización

Muchas de las plantas con flor producen frutos y semillas gracias a los animales que las polinizan. Al igual que las abejas, cuando los murciélagos consumen el néctar de las diferentes flores que visitan transportan el polen por grandes distancias, ayudando a la reproducción de las plantas y favoreciendo el intercambio genético. Entre las plantas polinizadas por los murciélagos de Yucatán se encuentran el palo mulato o chaká, la pitahaya, el colorín, el plátano, el laurel blanco, el chicozapote, el palo moral, la ceiba y el henequén. Además, en el norte de México los murciélagos son los encargados de polinizar los agaves con los cuales se produce el tequila, el mezcal y sus derivados.

Control de plagas de insectos

Cada noche millones de murciélagos salen para alimentarse de toneladas de insectos nocturnos entre los cuales se incluyen algunos que son plagas de cultivos agrícolas como el jitomate, el maíz y el algodón. Por ejemplo, la colonia ubicada en la Cueva Bracken en el centro de Texas, EE. UU., la cual alberga una de las poblaciones de murciélagos de cola libre más grandes del mundo, consume hasta 200 toneladas de insectos...¡cada noche!





DEL MITO AL HECHO...

"TODOS LOS
MURCIÉLAGOS SON
VAMPIROS"

De las más de 1300 especies que existen en el mundo, sólo tres se alimentan de sangre. Los murciélagos hematógafos (hematos = sangre; phagein = comer) no "chupan la sangre", si no que hacen un pequeño corte con los dientes incisivos (dientes de conejo) y lamen la sangre que sale. Su saliva tiene propiedades anticoagulantes, por lo que los científicos han desarrollado medicamentos a partir de los compuestos que contiene. Al contrario de lo que se piensa, muy raramente se alimentan de humanos, ellos prefieren animales silvestres y ganado. Tampoco se alimentan hasta matar a la presa, únicamente toman aproximadamente una cucharadita de sangre por noche.



"LOS MURCIÉLAGOS SON CIEGOS"

Todos los murciélagos son capaces de ver. Algunos tienen los ojos muy pequeños y están poco desarrollados, pero funcionan bien. Además, cuentan con un sistema llamado ecolocalización que les ayuda a orientarse y localizar a sus presas. Por lo general los murciélagos frugívoros y nectarívoros tienen los ojos más grandes y desarrollados porque necesitan poder encontrar frutos y flores durante la noche. Los megaquirópteros, que son diurnos, tienen los ojos aún más desarrollados y pueden ver a color.

"SI ENTRAS A UNA CUEVA
TE ATACAN"

Los murciélagos no atacan personas, no chocan con ellas ni se enredan en el cabello. Al igual que cualquier otro animal silvestre, no les gusta el contacto con los humanos. Además, su sistema de ecolocalización es tan fino que es muy difícil que choquen contigo.



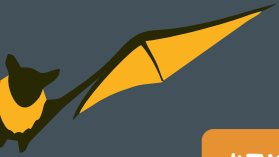
"ATRAEN LA MALA SUERTE"

Muchos animales como los gatos negros, las lechuzas, las mariposas nocturnas y los murciélagos se han relacionado con la brujería y la mala suerte debido a sus hábitos nocturnos. Sin embargo, todas estas creencias son sólo supersticiones y no pueden estar más alejadas de la realidad. De hecho, tener murciélagos cerca puede ser beneficioso, pues muchos de ellos se alimentan de algunos insectos molestos o que son plagas de cultivos.



"SU EXCREMENTO ES DAÑINO"

Por si sólo el excremento no es dañino. Lo que puede provocar la enfermedad de la histoplasmosis son las esporas de *Histoplasma capsulatum*, un hongo microscópico que crece en el excremento de aves y murciélagos, aunque eso no significa que se encuentre en cada lugar con excremento. El hongo necesita condiciones muy específicas como oscuridad, humedad y temperaturas elevadas. Esta enfermedad no es contagiosa, y aunque no suele ser grave, se recomienda visitar a un doctor si tienes tos y fiebre después de visitar algún lugar en donde podría habitar el hongo.



"TIENEN RABIA"

Según el Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades EUA, menos del 5% son positivos para el virus. Debido al poco contacto que tenemos con ellos es más probable que puedas contagiarte por un perro, gato, mapache o rata que por un murciélago. Aun así, como con cualquier animal salvaje, no es recomendable tocarlos.

"SON... RATAS VIEJAS, ROEDORES,
AVES QUE SALEN DE NOCHE."

No tienen nada que ver con las aves, no tienen plumas, pico ni ponen huevos. Los murciélagos son mamíferos al igual que los roedores, sin embargo, no están relacionados. Pertenecen al grupo Chiroptera, mientras que los ratones y las ratas pertenecen al grupo Rodentia.

"SON SUCIOS Y TRAEN ENFERMEDADES"

Al igual que cualquier otro animal silvestre los murciélagos pueden portar enfermedades o parásitos, por lo que lo mejor es no intentar tocarlos. Por otro lado, estos animales no son sucios, pues al igual que los gatos, ellos pasan mucho tiempo acicalándose para tener un pelaje suave y sedoso.



El murciélago en la cultura

Los mitos sobre los murciélagos se encuentran en muchas culturas humanas en donde han tenido diferentes roles. Por ejemplo, en las culturas occidentales, principalmente en la Edad Media, estos animales fueron relacionadas con seres oscuros y malvados como brujas, demonios y el legendario Drácula de Transilvania. Escritos de William Shakespeare, Robert Louis Stevenson entre otros, también contribuyeron a las leyendas que infunden miedo en las personas, pues asocian a los murciélagos con cementerios, muerte, fantasmas y duendes. En contraste, para algunas culturas orientales, especialmente las que prevalecieron durante la dinastía Qing media y tardía en China, los quirópteros se consideraron símbolos de buena fortuna y se relacionaron con la larga vida, la salud, la riqueza, la virtud y la serenidad de la mente. Los antiguos egipcios creían que los murciélagos podían prevenir o curar la mala vista, el dolor de muelas, la fiebre y la calvicie. Inclusive se pensaba que un murciélago colgado sobre la entrada del hogar impedía la entrada de demonios que portaban estos males.

Por otro lado, para muchas civilizaciones precolombinas en América Central los murciélagos eran animales importantes que fueron vinculados con dioses. En México, el culto hacia ellos se remonta al menos 500 años a.C., donde su imagen sirvió para dar nombre periodos calendáricos y poblaciones. Por ejemplo, en náhuatl la palabra para designar a este mamífero es “*tzinacan*”, de donde viene el nombre de los poblados Tzinacantepec (“Cerro de los murciélagos”) en el Valle de Toluca; Tzinacantán en el sureste de Guatemala, y un segundo Tzinacantán en Chiapas donde habitaban los tzotziles (“la gente del murciélago”). En culturas como la olmeca, zapoteca, maya, azteca, chichimeca, entre otras, el murciélago fue relacionado con el inframundo y la obscuridad.



Glifo de la ciudad maya Copán, representando a un murciélago.

Imagen modificada por Daniela Cafaggi, tomada de Navarro & Arroyo-Cabrales 2014.

En el pensamiento maya se aprecian una gran cantidad de seres que poseen fuerzas y poderes sobrehumanos, entre ellos los animales, los cuales fueron considerados manifestaciones de lo sagrado . El murciélago, animal misterioso y enigmático, roba protagonismo por sus hábitos nocturnos, su capacidad para volar y su capacidad de extraer una de las sustancias más sagradas para las culturas prehispánicas: la sangre.

Es por esto que sus representaciones abundan en esculturas de piedra, urnas de cerámica, pinturas y códices. Inclusive, en la cultura maya el murciélago formó parte del calendario de 20 meses, personificando el cuarto mes: “*tzotz*” (murciélago). También, para la ciudad maya de Copán en Honduras el quiróptero fue tomado como emblema o tótem.

En nuestro país el territorio maya estuvo establecido en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Tabasco, Chiapas y Campeche, zonas que

concuerdan con los estados con mayor diversidad de murciélagos. Por esta razón no es de extrañar que la gran capacidad de observación de los antiguos mayas les haya permitido distinguir diferencias tanto morfológicas, como en hábitos alimenticios de estos animales.

Se le relacionó simbólicamente con la sangre, la oscuridad, el inframundo y el sacrificio por decapitación, pero también con la fertilidad y el maíz . A pesar de no encontrar representaciones plásticas, existen códices prehispánicos que muestran escenas en las que se encuentra el quiróptero sosteniendo o cortando la cabeza de alguna víctima.

Plato policromado de murciélagos, personajes del inframundo. Cultura maya. Período Clásico 320 a 987 d. C.). Balankú, Campeche. Museo Fuerte de San Miguel, Campeche.



Imagen tomada de Romero-Sandoval 2009.

El murciélago hace algunas apariciones en el libro sagrado del Popol Vuh. Por ejemplo, el relato de los gemelos míticos cuenta que los dioses mandaron a manera de prueba a los gemelos Hunahpú e Ixbalanqué a pasar una noche dentro de Zotzi-ha, la Casa de los Murciélagos y Casa de Camazotz. Los gemelos logran ocultarse dentro de sus cerbatanas para evitar ser muertos, pero Hunahpú, faltando poco para amanecer, asoma la cabeza para ver afuera de la cerbatana y en ese momento Camazotz le corta la cabeza



El proyecto



Murciélago de orejas anchas
Ilustración Daniela Cafaggi

Atardecer en Chichén Itzá.
Alejandro Marín



Objetivo

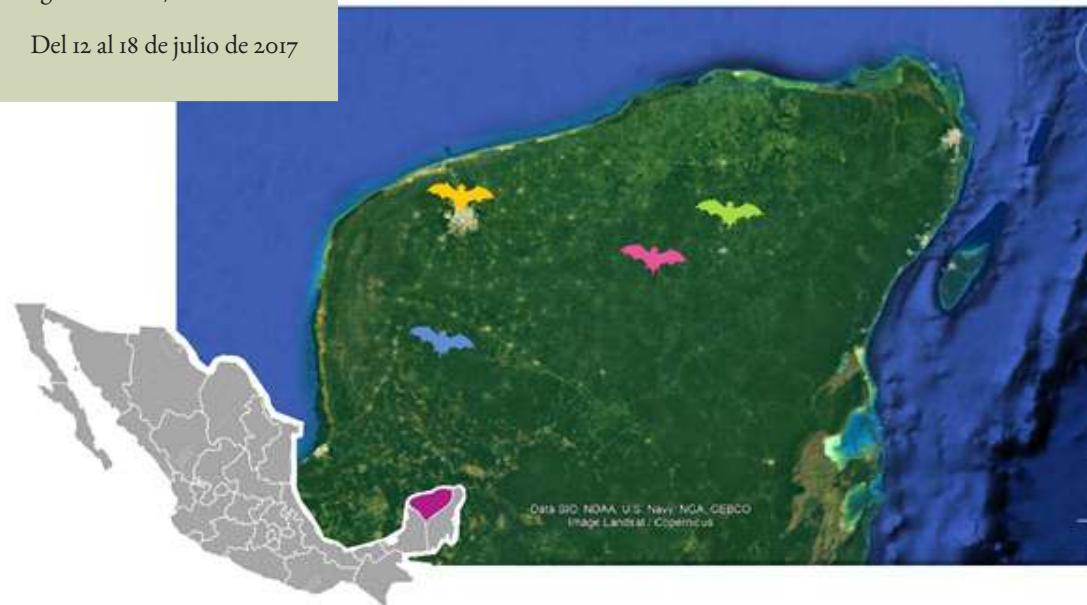
IDENTIFICAR LAS ESPECIES DE MURCIÉLAGOS RESIDENTES EN LAS ZONAS ARQUEOLÓGICAS DE CHICHÉN ITZÁ, DZIBILCHALTÚN, EK'BALAM Y UXMAL EN EL ESTADO DE YUCATÁN, Y GENERAR UNA PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE DIFUSIÓN AMBIENTAL ENFOCADO A MEJORAR LA PERCEPCIÓN SOCIAL DE DICHS ANIMALES.

- Ⓢ GENERAR UN LISTADO DE ESPECIES DE MURCIÉLAGOS ASOCIADA A CADA ZONA ARQUEOLÓGICA.
- Ⓢ IDENTIFICAR LAS ESPECIES QUE SE ENCUENTREN BAJO ALGÚN TIPO DE PROTECCIÓN SEGÚN LA LISTA MEXICANA DE ESPECIES EN RIESGO NOM-059-SEMARNAT.
- Ⓢ IDENTIFICAR LOS REFUGIOS NATURALES Y ARTIFICIALES DE LOS MURCIÉLAGOS DENTRO DE LAS ZONAS ARQUEOLÓGICAS.
- Ⓢ COMPARAR LA DIVERSIDAD DE MURCIÉLAGOS EN LAS 4 ZONAS ARQUEOLÓGICAS Y ENTRE LAS DIFERENTES ESTACIONES DE MUESTREO.
- Ⓢ DOCUMENTAR LOS BENEFICIOS POTENCIALES (SERVICIOS ECOSISTÉMICOS) QUE PUEDEN TENER LOS MURCIÉLAGOS QUE HACEN USO DE LAS ZONAS ARQUEOLÓGICAS A PARTIR DE SU DIETA.
- Ⓢ PROPONER UN PROGRAMA DE DIFUSIÓN AMBIENTAL QUE BUSQUE RESALTAR LA IMPORTANCIA ECONÓMICA QUE REPRESENTAN LOS MURCIÉLAGOS PARA EL SER HUMANO EN LA ACTUALIDAD, SU IMPORTANCIA ECOLÓGICA, ASÍ COMO EL VALOR CULTURAL QUE TUVIERON PARA EL MUNDO MAYA.

Calendario

Con la finalidad de tener representados a la comunidad de murciélagos durante la mayor parte del año se visitaron las cuatro zonas arqueológicas en dos periodos: del 15 de diciembre 2016 al 11 de enero 2017 (secas) y del 12 de julio al 7 de agosto de 2017 (lluvias).

ZONA ARQUEOLÓGICA	TEMPORADA DE SECAS	TEMPORADA DE LLUVIAS
CHICHÉN ITZÁ	Del 22 al 29 de diciembre de 2016	Del 25 al 31 de julio de 2017
DZIBILCHALTÚN	Del 16 al 22 de diciembre de 2016	Del 18 al 24 de julio de 2017
EK'BALAM	Del 29 de diciembre de 2016 al 5 de enero 2017	Del 31 de julio al 7 de agosto de 2017
UXMAL	Del día 5 al 11 de enero de 2017	Del 12 al 18 de julio de 2017



Personal

Durante ambas temporadas el equipo de trabajo estuvo dirigido por la Blga. Daniela Cafaggi del Instituto de Ecología UNAM. Durante la temporada de secas el equipo de trabajo estuvo integrado por el Biol. Alejandro Marín del Instituto de Ecología UNAM, y de manera rotativa por la Blga. Sabine Cudney del Instituto de Biología UNAM, el Blgo. Enrique Soberanes de la Facultad de Ciencias UNAM, y de las Blgas. Elena Uribe, Mónica de los Santos y Martha Chan de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY). Durante la temporada de lluvias el equipo de trabajo fue integrado por el Blgo. Alejandro Marín, el Blgo. Daniel Ramos, estudiante peruano de maestría en el Instituto de Ecología UNAM, y la Blga. Camila Raven de la Universidad de Sídney, Australia.



Equipo en Uxmal.
Fotografías Alejandro Marín

Equipo en Uxmal



Elena en Dzibilchaltán



Equipo en Chichén Itzá



Sabine en Ek'Balam



Actividades

Las actividades se realizaron durante 6 días y 6 noches en cada sitio por temporada y se dividieron en 2 partes, búsqueda de refugios y muestreo nocturno.

El primero consistió en recorridos diarios por las estructuras, sascaberas, cuevas, alcantarillas y cuerpos de agua cercanos, así como otros posibles lugares que pudieran estar siendo usados como refugios diurnos o nocturnos. En cada refugio se contaron, identificaron y fotografiaron los animales. En los refugios en donde se encontraron especies difíciles de identificar por observación se prosiguió a capturar a los animales por medio de redes de golpeo.

Para el muestreo nocturno se emplearon 5 redes de niebla (3 de 12 metros y 2 de 6 metros) dispuestas dentro de la zona arqueológica en corredores de vuelo, zonas cercanas a la vegetación y cuerpos de agua.

Estas redes fueron abiertas durante seis horas cada noche a partir del crepúsculo y revisadas a intervalos de 20 minutos.



Noche de redeo en Dzibilchaltún
Alejandro Marín



Medición de individuos



Toma de datos



Búsqueda de refugios



Murciélagos fruteros

CADA MURCIÉLAGO CAPTURADO SE IDENTIFICÓ A ESPECIE, SE LE TOMARON MEDIDAS MORFOLÓGICAS, DE SEXO, EDAD Y ESTADO DE REPRODUCCIÓN.

TODOS LOS MURCIÉLAGOS FUERON LIBERADOS EN EL MISMO LUGAR QUE FUERON CAPTURADOS.



Noche de trabajo en Ek'Balam
Fotografías Alejandro Marín



LOS MURCIÉLAGOS
RESPONDEN A UN PATRÓN
DE DIVERSIDAD LATITUDINAL,
INCREMENTANDO LA
RIQUEZA DE ESPECIES DESDE
LOS POLOS HACIA LOS
TRÓPICOS

Resultados

México cuenta con 140 especies de murciélagos, lo que lo convierte en uno de los países con mayor diversidad de estos animales. En el Estado de Yucatán se han reportado 43 especies de murciélagos, que representan el 33% de todos los mamíferos del estado, haciendo de los murciélagos el grupo con mayor número de especies. En este trabajo, al evaluar la diversidad de murciélagos en las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal capturamos más de **1800 murciélagos** de 6 familias y **23 especies**.

En este estudio no encontramos diferencias en las comunidades de murciélagos entre la temporada de secas y lluvias, ni entre las zonas arqueológicas. Esto lo asociamos a que la península de Yucatán, comparada con otras regiones de México, tiene poco recambio de especies debido a la topografía homogénea, la falta de barreras geográficas y la baja heterogeneidad de hábitats que existe en la región.



LAS ESPECIES DE
MURCIÉLAGOS
ENCONTRADAS EN LAS
4 ZONAS
ARQUEOLÓGICAS
REPRESENTAN EL 53%
DE TODOS LOS
MURCIÉLAGOS DE
YUCATÁN.

¡Conoce a tus MURCIÉLAGOS!

FAMILIA EMBALLONURIDAE

Los murciélagos de esta familia se caracterizan por tener una cola corta que se encuentra dentro del uropatagio.

Algunas especies presentan sacos alares en el propatagio, donde tienen glándulas que producen olores para atraer a las hembras.

Tienen caras alargadas y lisas, sin pliegues ni verrugas.

FAMILIA MORMOOPIDAE

Los murciélagos de esta familia se caracterizan por tener los labios expandidos en placas ensanchadas. El labio superior tiene un borde de pelos, y el labio inferior verrugas.

Las orejas tienen forma de embudo y tienen ojos pequeños.

FAMILIA NATALIDAE

Los murciélagos de esta familia tienen orejas características en forma de embudo y ojos diminutos.

Los machos cuentan con una estructura sobre el hocico llamada "órgano natárido".

FAMILIA VESPERTILIONIDAE

Es la familia más grande y diversificada en el mundo.

Tienen ojos pequeños, no tienen hoja nasal ni ninguna ornamentación en la cara. Tienen colas largas que llegan al borde del uropatagio.

FAMILIA MOLOSSIDAE

La principal característica de esta familia es la presencia de una cola larga y desnuda que se encuentra libre (va más allá del borde del uropatagio).

Tienen alas largas y muy angostas. Su pelaje es corto y aterciopelado.

Muchas especies de molósidos tienen preferencia por refugios estrechos como grietas, y están asociados a construcciones humanas.

FAMILIA PHYLLOSTOMIDAE

Los murciélagos de esta familia se caracterizan por tener un apéndice carnoso en la nariz llamado "hoja nasal", la cual ayuda a focalizar los sonidos de ecolocalización que emiten.



NECTARÍVOROS: Se alimentan del néctar y polen de las flores.



INSECTÍVOROS: Se alimentan de insectos nocturnos.



HEMATÓFAGOS: Se alimentan de sangre de aves y mamíferos.



FRUGÍVOROS: Se alimentan de frutos.



Especie catalogada como amenazada en la Norma Oficial Mexicana de especies en riesgo.



PEROPTERYX MACROTIS

Murciélago cara de perro

Yich peek' soots'

Chichén Itzá y Uxmal



MOLOSSUS RUFUS

Murciélago mastín negro

Yich peek' boox soots'

Chichén Itzá y Ek' Balam Uxmal



MORMOOPS MEGALOPHYLLA

Murciélago de cara arrugada

Yuuyúuch ich soots'

Chichén Itzá, Ek' Balam y Uxmal



MOLOSSUS SINALOAE

Murciélago mastín de Sinaloa

Yich peek' Sinaloail soots'

Ek' Balam



PTERONOTUS PARNELLII

Murciélago bigotudo mayor

Nuxi' me'ex soots'

Chichén Itzá, Ek' Balam, y Uxmal



NYCTINOMOPS LATICAUDATUS

Murciélago de cola libre y orejas grandes

Nojoch xikin chaak'al neej soots

Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek' Balam y Uxmal



NATALUS MEXICANUS

Murciélago orejas de embudo mexicano

Tuts'úul (beebech) xikin Mexikoil soots'

Ek' Balam y Uxmal



LASIURUS EGA

Murciélago amarillo cola peluda del sur

Tso'ts'o'ots neej nojoli k'an soots'

Dzibilchaltún





MYOTIS KEAYSI

Murciélago ratón pata peluda

Tso'ts'o'ots ook ch'o' soots'

Ek'Balam



CAROLLIA PERSPICILLATA

Murciélago de cola corta

Kóom neej soots'

Ek'Balam y Uxmal



RHOGEESSA AENEUS

Murciélago yucateco amarillo

Yukatanil k'an soots'

Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal



CAROLLIA SOWELLI

Murciélago de cola corta pardo

Kóom neej chukwa' soots'

Chichén Itzá y Ek'Balam



ARTIBEUS JAMAICENSIS

Murciélago zapotero

Jaanal ya' soots'

Chichén Itzá, Dzibilchaltún
Ek'Balam y Uxmal



CHIRODERMA VILLOSUM

Murciélago güero de ojos grandes

Nukuch ich sak soots'

Ek'Balam



ARTIBEUS LITURATUS

Murciélago frutero gigante

Jaanal ich nuxi' soots'

Chichén Itzá, Dzibilchaltún
Ek'Balam y Uxmal



STURNIRA PARVIDENS

Murciélago de charreteras menor

Chan éek' pose'en keléembal soots'

Chichén Itzá, Dzibilchaltún
Ek'Balam y Uxmal





ARTIBEUS PHAEOTIS

Murciélago frutero pigmeo

Jaanal ich chan soots'

Chichén Itzá, Ek'Balam y Uxmal



MIMON COZUMELAE

Murciélago dorado de Cozumel

Kosumelil k'an soots'

Chichén Itzá, Dzibilchaltún y Uxmal



GLOSSOPHAGA SORICINA

Murciélago de lengua larga

Chowak aak' soots'

Chichén Itzá, Dzibilchaltún Ek'Balam, Uxmal



DIPHYLLA ECAUDATA

Murciélago vampiro de patas peludas

Íikim soots'

Chichén Itzá, Dzibilchaltún Ek'Balam y Uxmal



MICRONYCTERIS SCHMIDTORUM

Murciélago orejón centroamericano

Sentroamerikail nuxi' xikin soots'

Chichén Itzá y Uxmal



DESMODUS ROTUNDUS

Murciélago vampiro común

tso'otsil ook íikim soots'

Chichén Itzá, Dzibilchaltún y Ek'Balam



MICRONYCTERIS MICROTIS

Murciélago orejón pequeño

Chan nuxi' xikin soots'

Chichén Itzá, Dzibilchaltún Ek Balam, Uxmal



Fotografías por Alejandro Marin, con excepción de N. laticaudatus tomada por Rodrigo Medellín, A. phaeotis tomada por Yuri Aguirre y C. villosum tomada de <http://naturalista.biodiversidad.co/>

Traducción al maya por la Blga. Ginni Ku Kinil

Refugios

Los refugios son sumamente importantes para los murciélagos debido a que en ellos pasan toda su vida, pues les proveen protección contra el clima y los depredadores, lugar para el descanso, la hibernación, la digestión de la comida y el apareamiento.

Durante este estudio encontramos **52 refugios** de **14 especies** identificadas y otras cuatro no identificadas. La mayoría de los refugios se encontraron dentro de las estructuras de las zonas arqueológicas, principalmente durante el día. Pensamos que los murciélagos usan estos sitios porque les brindan una mayor protección contra la intemperie y tienen microclimas más estables. Además, al permanecer dentro de las estructuras, los murciélagos reducen el riesgo frente a depredadores como serpientes, aves rapaces, tlacuaches entre otros. Estos depredadores evitan acercarse a lugares con humanos, pero si lo hacen, son retirados o ahuyentados por el personal para garantizar la seguridad y comodidad de los turistas.

Las especies que encontramos con mayor frecuencia dentro de las estructuras fueron *Micronycteris microtis*, *Artibeus jamaicensis*, *Nyctinomops laticaudatus*, *Glossophaga soricina* y *Peropteryx macrotis*.

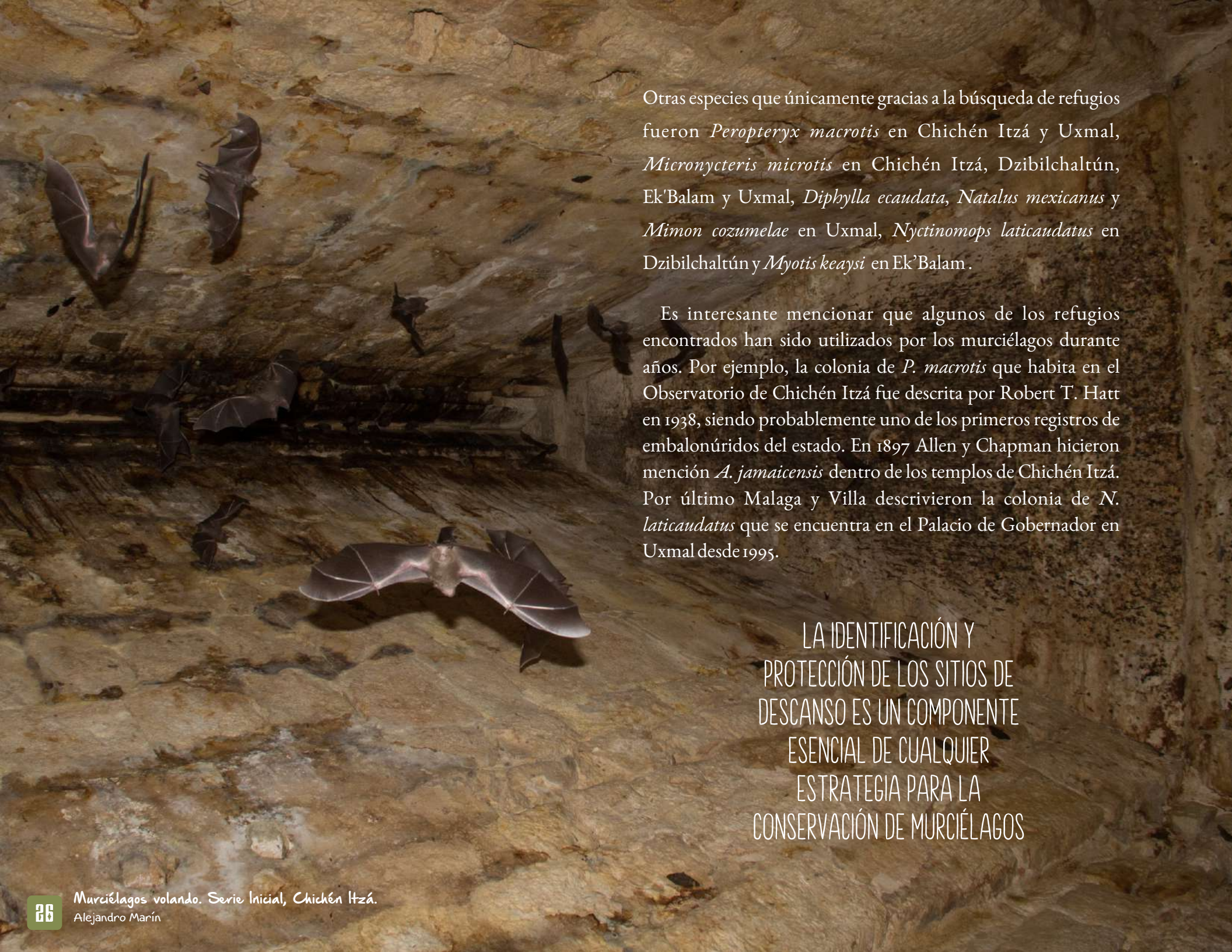
Uno de los refugios más importantes dentro de las zonas arqueológicas fue el de *Nyctinomops laticaudatus* en el Palacio del Gobernador, sin embargo, hasta ahora no se había reportado la presencia de la especie *Molossus rufus* dentro la estructura. También gracias a este método logramos agregar una especie más al listado de murciélagos de la zona de Dzibilchaltún: *Mimon cozumelae*, el cual se encuentra como amenazado en la Norma Oficial Mexicana de especies en riesgo.



Refugio de una colonia de murciélagos de Cozumel dorados en Dzibilchaltún. Alejandro Marín



Refugio de una colonia de murciélagos zapoteros en Chichén Itzá. Alejandro Marín



Otras especies que únicamente gracias a la búsqueda de refugios fueron *Peropteryx macrotis* en Chichén Itzá y Uxmal, *Micronycteris microtis* en Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal, *Diphylla ecaudata*, *Natalus mexicanus* y *Mimon cozumelae* en Uxmal, *Nyctinomops laticaudatus* en Dzibilchaltún y *Myotis keaysi* en Ek'Balam.

Es interesante mencionar que algunos de los refugios encontrados han sido utilizados por los murciélagos durante años. Por ejemplo, la colonia de *P. macrotis* que habita en el Observatorio de Chichén Itzá fue descrita por Robert T. Hatt en 1938, siendo probablemente uno de los primeros registros de embalonúridos del estado. En 1897 Allen y Chapman hicieron mención *A. jamaicensis* dentro de los templos de Chichén Itzá. Por último Malaga y Villa describieron la colonia de *N. laticaudatus* que se encuentra en el Palacio de Gobernador en Uxmal desde 1995.

LA IDENTIFICACIÓN Y
PROTECCIÓN DE LOS SITIOS DE
DESCANSO ES UN COMPONENTE
ESENCIAL DE CUALQUIER
ESTRATEGIA PARA LA
CONSERVACIÓN DE MURCIÉLAGOS

Cenotes

Diversos trabajos resaltan la importancia que tienen los cuerpos de agua para los murciélagos como sitios de forrajeo. En Yucatán los cenotes atraen a una gran cantidad de murciélagos. Por ejemplo, los frugívoros, nectarívoros y acechadores dependen de la vegetación heterogénea madura asociada a ellos. También para los murciélagos insectívoros son importantes debido a que son sitios ricos en insectos y, gracias a que cuentan con superficies tranquilas, los murciélagos pueden detectar a los animales que están sobre la superficie del agua lisa más fácilmente que en la vegetación o cuando están en el aire .

En este estudio resaltamos que, aunque tanto la zona más diversa como la zona menos diversa cuentan con cenotes dentro del sitio, las únicas cuatro especies que fueron encontradas en una sola zona arqueológica fueron especies que se capturaron sobre o dentro de los cenotes: *Chiroderma villosum*, *Myotis keaysi*, *Molossus sinaloae* y *Lasiurus ega*.

LOS CENOTES PROVÉN
SITIOS DE
ALIMENTACIÓN Y
PERCHA, POR LO QUE ES
IMPORTANTE SU
EVALUACIÓN CUANDO SE
REALICEN INVENTARIOS
DE MURCIÉLAGOS

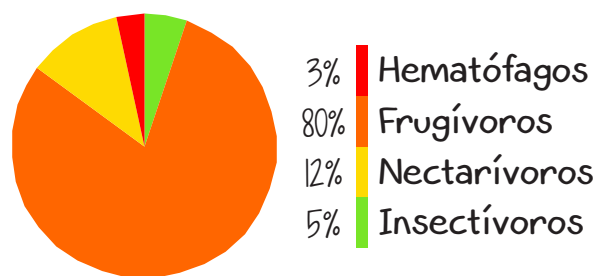
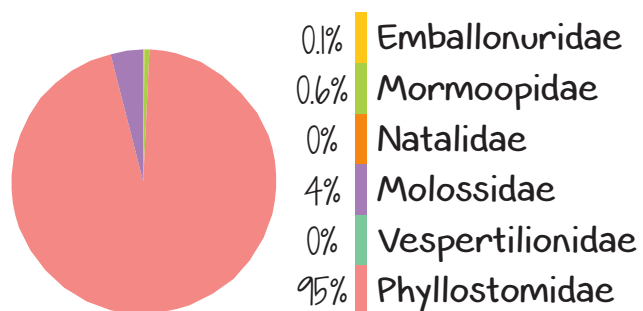


Chichén Itzá

En la zona arqueológica de Chichén Itzá capturamos un total 705 individuos de 16 especies de murciélagos. También registramos un total de 20 refugios pertenecientes a 5 especies.

Algunos de los sitios en donde encontramos refugios de murciélagos fueron la sascabera 1-15 ubicada a un costado del cenote Xtoloc, el Anexo de las Monjas, el Castillo de Kukulcán, el Juego de Pelota, el Akadzib, el Observatorio, las Monjas y edificios del Grupo de la Serie Inicial, conocido localmente como “Chichén Viejo”. También encontramos refugios en una serie de túneles ubicados en la parte posterior del Cenote Xtoloc, de lado del hotel “The Lodge at Chichén Itzá”.

La abundancia de las familias y tipos de alimentación de la comunidad de murciélagos en Chichén Itzá fue la siguiente:





Colonia de *Pteropus macrotis*
en el Observatorio.
Alejandro Marín



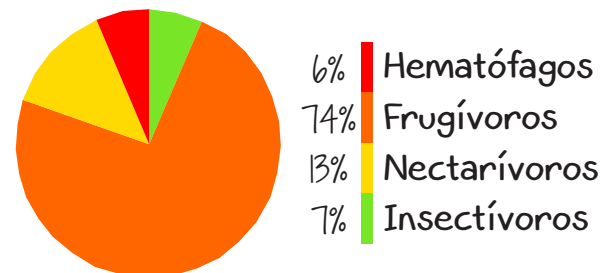
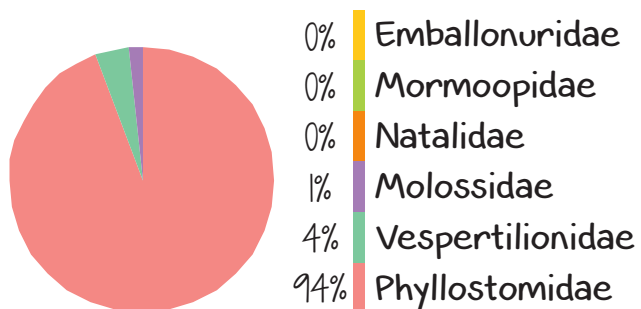
Dzibilchaltún

En la zona arqueológica de Dzibilchaltún capturamos un total 269 individuos de 12 especies de murciélagos. También registramos un total de 6 refugios pertenecientes a 6 especies.

Algunos de los sitios en donde encontramos refugios de murciélagos fueron dentro de la Estructura 44 y entre las grietas de la caseta del estacionamiento. También encontramos un refugio en una alcantarilla debajo del camino que lleva de la entrada principal a la zona arqueológica. Por último, en la cueva de Xconcopochéh (ubicada a 20 minutos de la zona núcleo) observamos varias especies de murciélagos.

Dzibilchaltún fue la zona de menor riqueza. Esto lo asociamos a que es la zona que cuenta con menos sitios potenciales de refugio y a que se encuentra en medio de una zona con fuerte uso ganadero y agrícola. Por otro lado, cuenta con grandes explanadas como la del área central y la del camino a Muñecas. Se ha visto que algunos murciélagos evaden este tipo de zonas abiertas ya que representan un riesgo de depredación

La abundancia de las familias y tipos de alimentación de la comunidad de murciélagos en Dzibilchaltún fue la siguiente:





Alejandro Marín



Cueva Xconcopoché, Dzibilchaltún.



Murciélago yucateco, Dzibilchaltún.



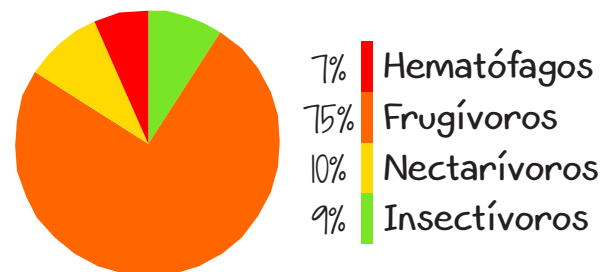
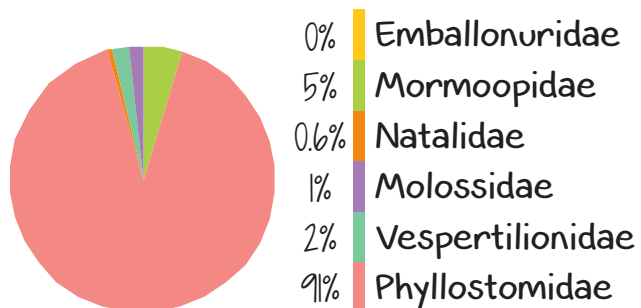
Madre y cría, Dzibilchaltún.

Ek Balam

En la zona arqueológica de Ek'Balam capturamos un total 336 individuos de 20 especies de murciélagos. También registramos un total de 11 refugios pertenecientes a 8 especies.

Algunos de los sitios en donde encontramos refugios de murciélagos fueron dentro de los diferentes cuartos de la Acrópolis y en la caseta de la bomba de agua a un costado del campamento. Dentro del cenote X-Canché observamos varias cavidades en la roca de donde salían una gran cantidad de murciélagos al atardecer. Pensamos que la complejidad de la vegetación asociada al cenote, así como la estructura de este, tiene efectos importantes en la riqueza y abundancia de murciélagos en la zona de Ek'Balam.

La abundancia de las familias y tipos de alimentación de la comunidad de murciélagos en Ek'Balam fue la siguiente:





Conversando con los custodios, Ek'Balam.



Murciélago orejas de embudo, Ek'Balam.



Alejandro Marín

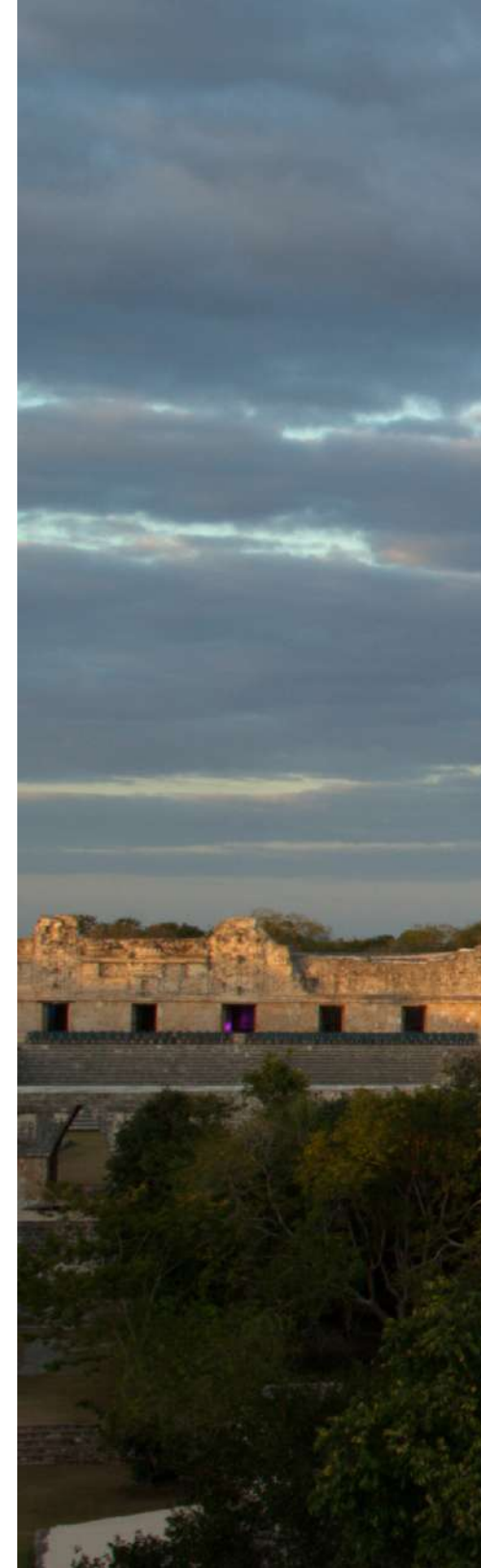
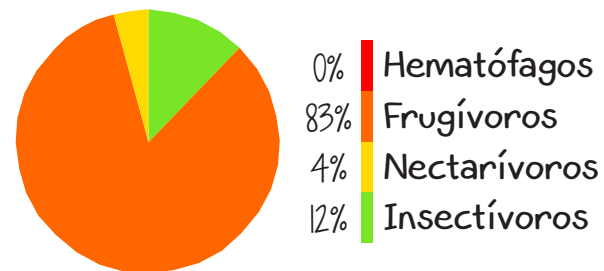
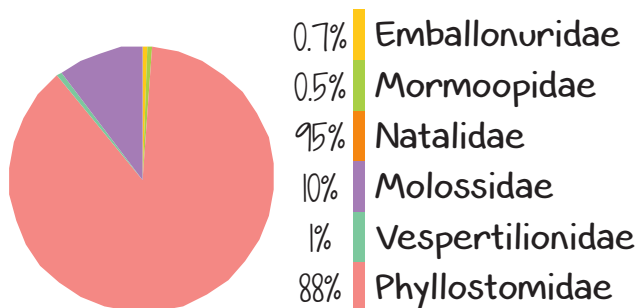
Equipo de trabajo en el Caracol, Ek'Balam.
Alejandro Marín

Uxmal

En la zona arqueológica de Uxmal capturamos un total 550 individuos de 18 especies de murciélagos. También registramos un total de 15 refugios pertenecientes a 11 especies.

Algunos de los sitios en donde encontramos refugios de murciélagos fueron la Pirámide del Adivino, el Palacio del Gobernador, la Casa de las Tortugas, el Cuadrángulo de las Monjas y el Cuadrángulo de los Pájaros. También, gracias al aviso del personal de la zona, visitamos la cueva “Los Aluxes”, ubicada a 12 km de la zona núcleo de Uxmal, en donde también encontramos refugios de varias especies.

La abundancia de las familias y tipos de alimentación de la comunidad de murciélagos en Uxmal fue la siguiente:





Alejandro Marín



Vista del Adivino, Uxmal. Alejandro Marín

En todos los sitios la familia Phyllostomidae fue la de mayor abundancia. Esto lo atribuimos a que los filostómidos son el grupo más abundante en los trópicos, hacen mayor uso de los estratos inferiores de la vegetación por lo que son los más frecuentemente capturados en redes de niebla y a que muchas especies de este grupo son altamente tolerantes a las áreas de uso humano.

Las especies dominantes en todos los sitios fueron los frugívoros *Artibeus jamaicensis*, *Sturnira parvidens* y el nectarívoro *Glossophaga soricina*. Pensamos que su alta dominancia se relaciona con la presencia de ceibas, ramones, ciruelos, hierba santa, pixoy, robles rosas, coditos de fraile, entre otras plantas que les sirven de alimento y se encuentran en gran proporción dentro de las zonas arqueológicas, especialmente cerca de las estructuras.

Las especies hematófagas *Desmodus rotundus* y *Diphylla ecaudata* también fueron capturados frecuentemente. A pesar de que son murciélagos con un tipo de alimentación muy especializada, son considerablemente adaptables a las transformaciones antropogénicas, pues su alimento lo proporciona principalmente el ganado. Este último aspecto

explica su presencia en las zonas de Dzibilchaltún y Ek'Balam, donde es común que la gente de los pueblos cercanos tenga vacas, cerdos y otros animales de granja.

En este estudio capturamos pocos murciélagos insectívoros debido a que estas especies hacen uso de los estratos superiores de la vegetación al atrapar a sus presas en vuelo y poseen un sistema de ecolocación más desarrollado que les permite evitar las redes. Ya que los murciélagos insectívoros suelen estar mal representadas en los muestreos basados redes de niebla y trampas de arpa, recomendamos el uso de métodos complementarios como detectores ultrasónicos.



Murciélago cubierto de polen de Ceiba.
Alejandro Marín



Capacitación

Durante el mes de octubre se realizó una última visita a las zonas arqueológicas de Chichén Itzá, Dzibilchaltún y Ek'Balam para comunicar los resultados del proyecto. Además se realizó un curso rápido de capacitación que estuvo dirigido a todo el personal de las zonas arqueológicas: arqueólogos e investigadores, guías de turismo, y personal de seguridad y administración entre otros. El curso fue impartido por los biólogos Daniela Cafaggi y Alejandro Marín, ambos investigadores del Instituto de Ecología UNAM.

Objetivos

- Informar al personal sobre los resultados obtenidos durante la investigación para el proyecto “Diversidad y conservación de murciélagos en las zonas arqueológicas del estado de Yucatán: Chichén Itzá, Dzibilchaltún, Ek'Balam y Uxmal” realizado en el periodo diciembre-enero de 2016 y julio-agosto de 2017 por el Instituto de Ecología UNAM, en colaboración con el Instituto Nacional de Antropología e Historia, y con el apoyo de la National Geographic Society.
- Informar al personal sobre los mitos y realidades de los murciélagos habitantes de las zonas arqueológicas, así como el papel ecológico, económico y cultural que tienen en la zona.
- En caso de asistir guías de turismo, se espera que en el futuro se pueda incluir lo aprendido en la información que se les brinda a los turistas.
- Recomendar acciones para la conservación de los murciélagos residentes en las zonas arqueológicas.




Las charlas se enfocaron en brindar los conocimientos generales sobre los murciélagos, haciendo énfasis en aclarar los mitos que existen alrededor de ellos y resaltando la importancia cultural, económica y ecológica que tienen las especies encontradas en cada zona, así como las acciones de conservación que se pueden realizar ya sea personalmente o como institución.

En cada zona se realizó una práctica nocturna en donde los asistentes aprendieron a colocar redes de niebla y a identificar a los murciélagos de la zona según su tipo de alimentación (frugívoros, nectarívoros, insectívoros y hematófago). Esto con ayuda de los animales capturados y algunos ejemplares disecados prestados por la colección del Laboratorio de Ecología y Conservación de Vertebrados Terrestres, UNAM.



CAPACITAR AL PERSONAL DE LAS ZONAS ARQUEOLÓGICAS ES IMPORTANTE PORQUE SON LAS PERSONAS QUE ESTÁN MÁS EN CONTACTO CON LA FAUNA HABITANTE.



A woman in a pink shirt and a black cap is speaking to a group of people at night. They are gathered in front of a large, ancient stone structure, possibly a Mayan ruin. The scene is illuminated by spotlights, creating a dramatic atmosphere. Some people are sitting on stone steps, while others are standing. The woman is gesturing with her hands as she speaks. The background shows the dark sky and the silhouette of trees.

PENSAMOS QUE LA CAPACITACIÓN DE LOS GUÍAS TURÍSTICOS SOBRE LA FLORA Y FAUNA HABITANTE DE LAS ZONAS ARQUEOLÓGICAS PUEDE AYUDAR A DIFUNDIR INFORMACIÓN SOBRE EL PAPEL QUE TIENEN ESTOS SITIOS PARA LA CONSERVACIÓN.

Conclusiones



Murciélago pescador
Ilustración Daniela Cafaggi

Conclusiones

- ☞ En total confirmamos la presencia de 6 de las 7 familias registradas en el estado de Yucatán y 23 especies de murciélagos, las cuales representan el 17% de la quiropterofauna del país y el 53% del estado de Yucatán. Dos de estas especies (*Micronycteris schmidtorum* y *Mimon cozumelae*) se encuentran como amenazadas de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana de Especies en Riesgo.
- ☞ El número de especies de murciélago encontrado en las zonas arqueológicas es mayor o similar que el de algunas áreas naturales protegidas como Ría Celestún (7 especies), San Juan Bautista Tabi y Anexa Sacnité (10 especies) Dzilam (13 especies), Kabah (15 especies) y Los Petenes (16 especies).
- ☞ La búsqueda de refugios es importante método complementario al realizar un inventario de las especies. Además, los datos obtenidos sobre el uso de dichos refugios, especialmente en sitios modificados por los humanos, ayudan a lograr una mejor comprensión de cómo las especies de murciélagos responden y se adaptan a estos entornos. La identificación y protección de los sitios de descanso es un componente esencial de cualquier estrategia para la conservación de murciélagos.
- ☞ Nuestros resultados soportan el hecho de que los murciélagos habitantes de las zonas arqueológicas están desempeñando importantes roles ecológicos como el control de insectos plaga, especialmente del maíz blanco, la dispersión y polinización de plantas necesarias para regeneración y mantenimiento de los bosques, así como plantas de importancia médica y cultural.



Noches
Alejandro Marín

Las zonas arqueológicas aquí estudiadas son espacios únicos debido a que no solamente están contribuyendo a la conservación de nuestros bienes culturales, sino que, además, son sitios privilegiados debido a la gran diversidad de especies animales y vegetales que habitan en ellas.

Respecto a los murciélagos, encontramos tanto especies catalogadas como amenazadas, como especies altamente abundantes, las cuales es importante conservar para asegurar el buen funcionamiento del ecosistema. Además, debido a la alta tasa de visita y el alcance nacional e internacional, así como la presencia de murciélagos tolerantes al turismo que tienen las cuatro zonas aquí estudiadas, pensamos que son sitios excelentes para realizar actividades de difusión y educación ambiental.

Recomendaciones

- ☞ Para los futuros estudios en estas u otras zonas arqueológicas se recomienda la utilización de métodos complementarios a las redes de niebla como lo son la búsqueda de refugios y los detectores ultrasónicos debido a que de esta manera se pueden incrementar los inventarios de murciélagos y obtener información importante sobre la biología de las especies.
- ☞ Se recomienda realizar estudios que evalúen el impacto que tienen los espectáculos de luz y sonido en los murciélagos.
- ☞ Así mismo, es necesario realizar estudios especializados enfocados a describir los servicios ecosistémicos que prestan los murciélagos que habitan en las zonas arqueológicas, en los cuales se asigne un valor económico al servicio, pues es una manera efectiva de influir positivamente en la percepción del público hacia estos mamíferos.
- ☞ Debido a que la conservación de quirópteros debe realizarse paralelamente a la protección de sus hábitats, recomendamos enfocar esfuerzos para la conservación de la vegetación existente dentro de las zonas arqueológicas y los fragmentos de bosque que las rodean, así como a los cenotes y a su vegetación asociada.
- ☞ Por otro lado, debido a la alta tasa de visita y el alcance nacional e internacional que tienen las cuatro zonas arqueológicas aquí estudiadas, se recomienda desarrollar programas de difusión ambiental que permitan informar a los visitantes sobre la fauna asociada a las zonas arqueológicas. Respecto a los murciélagos es importante resaltar los roles y servicios ecológicos que proveen, así como la importancia que tuvieron en la cultura maya, para de esta manera, ayudar a generar una percepción positiva acerca de estos animales.

- ☞ También es necesario desarrollar programas de educación ambiental dirigidos a los trabajadores de las zonas arqueológicas como arqueólogos y personal del INAH, guías de turismo, personal de limpieza entre otros.
- ☞ Ampliar este tipo de estudios a otros grupos taxonómicos como plantas, aves, reptiles, anfibios, insectos y otros mamíferos para tener inventarios completos de la fauna y flora habitante en las zonas arqueológicas. Existe un gran potencial que se puede explotar al realizar trabajos interdisciplinarios que combinen, por ejemplo, el conocimiento de las plantas o animales medicinales con los presentes en las zonas, o la cultura que existió alrededor de otros animales recurrentes como el colibrí o las serpientes.
- ☞ Por último, se recomienda ampliamente la cooperación entre las dependencias gubernamentales encargadas de la protección de los bienes naturales y de aquellas a las que concierne la protección de los bienes culturales.



Educación ambiental en la comunidad de Ek'Balam
Alejandro Marín

Listado de especies encontradas en las cuatro zonas arqueológicas (ZA), y su estado en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 de protección ambiental de especies en categorías de riesgo, y en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN



Thecadactylus rapicauda
Geco cola de nabo
Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059)
ZA: Dzibilchaltún



Basiliscus vittatus
Toloque rayado
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Dzibilchaltún



Bolitoglossa yucatanana
Salamandra lengua de hongo yucateca
Especie endémica
Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059)
ZA: Dzibilchaltún



Crotalus tzabcan
Víbora de cascabel yucateca
Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059)
ZA: Dzibilchaltún



Tripion petasatus
Rana de árbol yucateca
Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059)
ZA: Ek'Balam



Sibon sanniolus
Culebra caracolera pigmea
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Dzibilchaltún



Coleonyx elegans
Cuija yucateca
Categoría de riesgo: Amenazada (Nom-059)
ZA: Dzibilchaltún



Boa imperator
Boa
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Chichén Itzá y Dzibilchaltún



Rhinophrynus dorsalis
Sapo excavador mexicano
Categoría de riesgo: Sujeta a protección especial (Nom-059)
ZA: Chichén Itzá, Uxmal



Geranospiza caerulescens
Gavilán zancón
Categoría de riesgo: Amenazado (Nom-059)
ZA: Uxmal



Campylopterus curvipennis
Colibrí ruiseñor
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Chichén Itzá



Rupornis magnirostris
Gavilán pollero
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Ek'Balam



Coragyps atratus
Zopilote común
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Uxmal



Crías de zopilote
Coragyps atratus



Melanerpes aurifrons
Carpintero chejé
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Uxmal, Chichén Itzá



Momotus superciliosa
Momoto cejazul
Categoría de riesgo: Ninguna
ZA: Chichén Itzá, Ek'Balam, Dzibilchaltún, Uxmal



Glaucidium brasilianum

Tecolote llanero

Categoría de riesgo: Ninguna

ZA: Dzibilchaltún y Ek'Balam



Ciccaba virgata

Búho café

Categoría de riesgo: Ninguna

ZA: Ek'Balam



Didelphis marsupialis

Tlacuache

Categoría de riesgo: Ninguna

ZA: Uxmal y Chichén Itzá



Coendou mexicanus

Puerco espín tropical

Categoría de riesgo: Amenazado
(Nom-059)

ZA: Ek'Balam



Potos flavus

Mico de noche

Categoría de riesgo: Sujeta a
protección especial (Nom-059)

ZA: Chichén Itzá

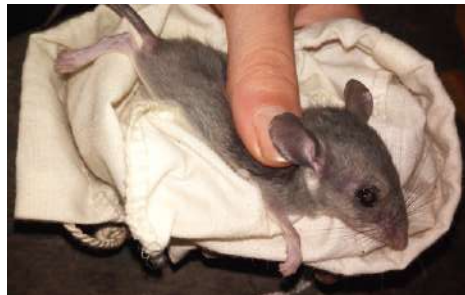


Nasua narica

Coatí

Categoría de riesgo: Ninguna

ZA: Uxmal



Peromyscus leucopus

Ratón de patas blancas

Categoría de riesgo: Ninguna

ZA: Ek'Balam

Murcielago cara de perro
Ilustración Daniela Cafaggi

Agradecemos a todas las personas que hicieron posible este proyecto. Al Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto Nacional de Antropología e Historia y a la National Geographic Society. Al Dr. Rodrigo Medellín, al Antrop. Eduardo López Calzada y el Antrop. Eduardo Sigler Islas. A los directores de las zonas arqueológicas, la Lic. Pilar Ricardi, el Arqlgo. Marco Antonio Santos Ramírez, el Arqlgo. José Huchim Herrera y el Dr. Ilan Vit Suzan, así como a todo el personal de cada zona, quienes nos hicieron sentir como en casa durante nuestra estancia. A las personas que apoyaron en el trabajo de campo: Enrique Soberanes, Sabine Cudney, a Dra. Celia Selem Salas y a sus estudiantes Monica de las Santos, Martha Chan y Elena Uribe, a Daniel Ramos y a Camila Raven. Especialmente al Blgo. Alejandro Marín, por su todo su apoyo y participación en cada etapa del proyecto, y por las maravillosas fotografías que aquí se presentan. A Ginni Ku Kinil por la traducción al maya de las especies encontradas y a Yeni Chontal por ayudar con la identificación de aves. A Adriana Lemus por su asesoría con la impresión del documento.

Gracias!

Diseño e ilustraciones: Daniela Cafaggi
cafaggilms@gmail.com

Fotografía: Alejandro Ganesh Marín
ganeshmarin@ciencias.unam.mx

Traducción al maya: Ginni Ku Kinil
ginniku@ciencias.unam.mx



