



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO**

---

**INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA**

**ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA**

**LICENCIATURA EN BIOLOGÍA**

**FLUCTUACIÓN DE LA ABUNDANCIA ANUAL DE LOS  
MURCIÉLAGOS HERBÍVOROS EN DOS TIPOS DE  
VEGETACIÓN DE LA BARRANCA DE METZTITLÁN, HIDALGO**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA PRESENTA:**

**CRISTIAN CORNEJO LATORRE**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. ALBERTO ENRIQUE ROJAS MARTÍNEZ**

**MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO 2007**

El presente trabajo se realizó íntegramente con el apoyo de la infraestructura del Laboratorio de Ecología de Poblaciones del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, bajo la dirección del Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez.

El trabajo de campo se realizó en la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán con el apoyo de los directivos de la reserva y la brigada de vigilancia participativa.

El proyecto fue financiado por el Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP-UAEH) a través del proyecto “Dinámica poblacional de tres especies de murciélagos nectarívoros mutualistas, en relación con la productividad de los recursos quiropterófilos producidos por los matorrales xerófilos y espinosos del estado de Hidalgo”.

Durante el desarrollo de esta tesis recibí una beca de licenciatura por parte del proyecto PROMEP-UAEH 2003-2005 y una beca del proyecto “Diversidad biológica del estado de Hidalgo”, financiado por FOMIX-HGO-2006-43761

## DEDICATORIA

DEDICO EL ESFUERZO PUESTO EN ESTE TRABAJO A:

MI MADRE ISABEL LATORRE MEJÍA

A ELLA LE AGRADEZCO POR TODO EL APOYO QUE SIEMPRE ME HA DADO Y  
PORQUE SIEMPRE HA ESTADO CONMIGO CUANDO LO HE NECESITADO. TE  
QUIERO MUCHO!!!.

GRACIAS POR TODO, SIN TI NO LO HUBIERA LOGRADO!!!

A MI HERMANITA ALEJANDRA MONSERRATH, A QUIEN SIEMPRE LLEVO EN EL  
PENSAMIENTO (TE QUIERO MUCHO Y NUNCA TE OLVIDARE).

POR SU APOYO CONSTANTE A ITZEL (IQUI), AMALIA Y ZULEMM.

A MI TÍO LUIS

A MIS SOBRINOS: BYRON, JESÚS, DEREK  
Y MUY ESPECIALMENTE A BOO.

Y A PRISSETH

## AGRADECIMIENTOS

Durante algún tiempo, siempre soñé con el día en el que escribiría los agradecimientos de mi tesis, lo que significaba que ya estaba concluida. Ahora que ha llegado este momento no se muy bien como empezar. Lo que siempre imagine es que tenía que agradecerle a DIOS por llenar mi vida de dicha y bendiciones y por darme siempre la fuerza para seguir adelante.

Deseo expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a mi director de tesis y mejor maestro de la licenciatura, el Dr. Alberto E. Rojas Martínez. Sin duda, es complicado tratar de explicar cuanto me ha ayudado, sobre todo cuando la lista es demasiado grande. Pero al él le agradezco por su generosidad, su confianza, su infinita paciencia, los innumerables consejos recibidos y por todas las sugerencias y recomendaciones para mejorar este escrito y principalmente su extraordinaria ayuda que me brindo en los momentos más complicados. Sin su apoyo y amistad no hubiera logrado esta meta. Muchas Gracias!!!.

Al Dr. Alberto y a su esposa Olivia Noguera Cobos les agradezco por el invaluable apoyo que me brindaron cuando lo necesitaba. Sinceramente les expreso mi más profundo agradecimiento.

A mis sinodales: M. en C. Miguel Ángel Villavicencio Nieto, M. en C. Jesús M. Castillo Cerón, Dr. Numa P. Pavón Hernández, Dra. Iriana Zuria Jordan, Dr. Ignacio E. Castellanos Sturemark, Dr. Raúl Ortiz Pulido y el Dr. Alberto E. Rojas Martínez, por su tiempo y dedicación para revisar el trabajo manuscrito y por sus valiosas sugerencias, recomendaciones y por ayudarme para mejorar este trabajo.

Al Dr. Gerardo Sánchez Rojas por las sugerencias hechas al presente por trabajo y por haber fungido como mi tutor durante la licenciatura.

Al Dr. Aurelio Ramírez Bautista por su amistad y consejos recibidos durante mi estancia en el laboratorio de ecología de poblaciones de la UAEH

También les agradezco a mis compañeros y amigos del Laboratorio de Ecología de Poblaciones del CIB-UAEH por todo el apoyo que me brindaron en la parte del trabajo de campo, los biólogos: Luis Gabriel Juárez Castillo, Sergio Daniel Hernández Flores, Melany Aguilar López y Olga García Vera. Y los futuros biólogos: Víctor

Escorcia Maldonado, Paty Milo, Paty Rodríguez del Rosal, Caren Cruz Sánchez, Jorge Iván Ángeles y Josefina Ramos (Chepis).

Quiero también hacer un reconocimiento especial al espeleólogo José Antonio Soriano Sánchez, por su valiosa e invaluable ayuda en el trabajo de campo.

Al Sr. Andrés Morales y a su familia por permitirnos en muchas ocasiones quedarnos a dormir en su casa y por todas las atenciones que nos brindaron.

A Isai García por su ayuda en la elaboración del mapa de mi área de estudio.

A mis amigos: Sergio, Melany, Gabriel, Mariano, Christian II, Jaime, Oscar, Luis Najera, Manelich, Dulce, Mónica, Marcos y a todos los que lamentablemente se me perdieron en el camino...

A mis tíos Mónica y Guillermo por permitirme en muchas ocasiones vivir en su casa, por su hospitalidad, brindarme su apoyo y sobre todo por todos los consejos que me han dado. También agradezco a Patsy, Wendy y Guillermo (Memo) por todo lo anterior y muchas cosas más. Muchas gracias, los quiero mucho!!!.

Al biólogo Ulises Iturbe Acosta, coordinador adjunto de la Lic. en Biología por todos sus consejos y asesorías que me ayudaron a lo largo de la carrera.

A todos y cada uno de los profesores que tuve en la licenciatura.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Finalmente, le agradezco a mi familia por todo el apoyo que siempre me han brindado y que me ha permitido cumplir esta meta. Y muy especialmente a mi hermana Itzel por toda su ayuda e infinita paciencia y a mi madre Isabel que en muchos de los momentos más difíciles de mi vida me ha exigido y apoyado para que siga adelante.

## ÍNDICE

1. <b>Resumen</b> .....	1
2. <b>Introducción</b> .....	2
2.1. Murciélagos nectarívoros y frugívoros de la Barranca de Metztitlán.....	6
3. <b>Objetivos</b> .....	7
4. <b>Material y Método</b> .....	8
4.1. <b>Área de estudio</b> .....	8
4.1.1. Localización.....	8
4.1.2. Clima.....	9
4.1.3. Flora.....	10
4.1.4. Fauna.....	11
4.2. Descripción de la vegetación.....	11
4.2.1. Bosque tropical caducifolio.....	12
4.2.2. Matorral crasicaula de <i>Isolatocereus dumortieri</i> .....	13
4.3. Trabajo de campo.....	14
4.3.1. Captura de murciélagos.....	15
4.3.2. Presencia anual y abundancia relativa de los murciélagos herbívoros en la Barranca de Metztitlán.....	16
4.3.3. Identificación de plantas quiropterófilas presentes en la barranca de Metztitlán....	16
4.3.4. Productividad de flores y frutos.....	17
4.3.5. Relación de capturas y la productividad de recursos.....	18
4.3.6. Fenología de los recursos quiropterófilos y quiropterócoricos en la barranca de Metztitlán.....	19

4.3.7. Comparación de los recursos quiropterófilos de la Barranca con otras regiones de México.....	20
<b>5. Resultados.....</b>	<b>21</b>
5.1. Presencia estacional de los murciélagos herbívoros en la Barranca de Metztitlán .....	22
5.2. Especies vegetales que producen recursos quiropterófilos presentes en la RBBBM.....	25
5.3. Productividad de la vegetación en el matorral crasicale.....	27
5.4. Relación entre la abundancia de <i>Leptonycteris curasoae</i> y la producción de recursos quiropterófilos de <i>Isolatocereus dumortieri</i> .....	28
5.5. Fenología de las especies vegetales quiropterófilas de la Barranca de Metztitlán.....	29
5.6. Análisis comparativo de las especies vegetales quiropterófilas de la Barranca de Metztitlán con otras reservas de la Biosfera de México.....	32
<b>6. Discusión.....</b>	<b>35</b>
6.1. Presencia estacional de los murciélagos herbívoros en la Barranca de Metztitlán.....	35
6.1.1. Murciélagos frugívoros.....	35
6.1.2. Murciélagos nectarívoros.....	36
6.2. Recursos vegetales quiropterófilos de la Barranca de Metztitlán.....	39
6.3. Relación entre la abundancia de <i>Leptonycteris curasoae</i> y la producción de recursos quiropterófilos de <i>Isolatocereus dumortieri</i> .....	42
6.4. Comparación de los recursos quiropterófilos de la Barranca de Metztitlán con otras reservas de la Biosfera de México .....	43
6.5. Conservación de los murciélagos herbívoros de la Barranca de Metztitlán.....	45
<b>7. Conclusiones.....</b>	<b>47</b>
<b>8. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>49</b>

**INDICE DE FIGURAS**

**Figura 1.** Localización de los sitios de trabajo en la Barranca de Metztitlán.....15

**Figura 2.** Abundancia relativa de los murciélagos herbívoros de la Barranca de Metztitlán, en el bosque tropical caducifolio y el matorral crasicaule.....22

**Figura 3.** Abundancia relativa de los murciélagos herbívoros de la Barranca de Metztitlán en el bosque tropical caducifolio de la Barranca de Metztitlán .....23

**Figura 4.** Abundancia relativa de los murciélagos herbívoros de la Barranca de Metztitlán en el matorral crasicaule de la Barranca de Metztitlán.....24

**Figura 5.** Abundancia relativa de los murciélagos herbívoros de la RBBM por estaciones del año.....25

**Figura 6.** Tipo de recurso que ofrecen las especies vegetales quiropterófilas para los murciélagos herbívoros en el bosque tropical caducifolio y matorral crasicaule de la Barranca de Metztitlán.....27

**Figura 7.** Relación entre las capturas por noche de *Leptonycteris curasoae* y la producción de flores y frutos de *Isolatocereus dumortieri* por noche.....31

**Figura 8.** Comparación del tipo de recursos quiropterófilos ofrecida en tres reservas de la biosfera de México.....33

**Figura 9.** Dendograma que indica la similitud de la flora quiropterófila en tres reservas de la biosfera de México.....34

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Superficie por tipo de vegetación en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán en el año 2000.....	9
<b>Cuadro 2.</b> Especies de murciélagos capturadas y su porcentaje de captura en el bosque tropical caducifolio y el matorral crasicaule de la Barranca de Metztitlán.....	21
<b>Cuadro 3.</b> Lista de las especies vegetales quiropterófilas presentes en la Barranca de Metztitlán.....	26
<b>Cuadro 4.</b> Productividad estacional de néctar y fruta/ha en el matorral crasicaule de <i>Isolatocereus dumortieri</i> con una densidad de 250 individuos/ha. ....	28
<b>Cuadro 6.</b> Fenograma de las especies de plantas que florecieron y/o fructificaron en la Barranca de Metztitlán a lo largo del año.....	29
<b>Cuadro 6.</b> Recursos florales disponibles para los murciélagos herbívoros en la RBBM a través del año.....	30
<b>Cuadro 7.</b> Riqueza de especies vegetales quiropterófilas en tres reservas de la biosfera de México.....	36

## 1. RESUMEN

Se presenta información sobre la abundancia relativa anual de los murciélagos herbívoros que habitan la Barranca de Metztitlán y la relación con sus recursos alimenticios. Se realizaron once salidas de trabajo (abril de 2003 a marzo de 2005) a la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, cada dos meses, a dos tipos de vegetación: matorral crasicaule y bosque tropical caducifolio. Se identificaron diez especies de murciélagos herbívoros que habitan estacionalmente la Barranca de Metztitlán. Cuatro especies son nectarívoras (*Leptonycteris curasoae*, *L. nivalis*, *Choeronycteris mexicana* y *Glossophaga sorina*) y habitan en el matorral crasicaule y en el bosque tropical caducifolio. Seis especies son frugívoras (*Artibeus jamaicensis*, *A. lituratus*, *A. intermedius*, *Sturnira ludovici*, *S. lilium* y *Dermanura azteca*) y se capturaron únicamente en el bosque tropical caducifolio. Por otra parte, se identificaron 28 especies de plantas quiropterófilas, cuya floración y fructificación fue temporal y complementaria y que proporcionan alimento a los murciélagos todo el año. La mayor abundancia de flores y frutos quiropterófilos se registró en la primavera, el verano y el invierno, lo cual coincidió con la mayor abundancia relativa de murciélagos herbívoros. Se encontró una relación positiva significativa entre la abundancia de *L. curasoae* y la productividad floral de *Isolatocereus dumortieri*, lo que sugiere que la oferta de los recursos florales puede estar regulando la presencia de esta especie de murciélago en el sitio de muestreo. Las cactáceas produjeron estacionalmente recursos que posiblemente superaron la demanda, por lo que los murciélagos se dispersaron ampliamente en toda el área de alimentación. La comparación de las floras quiropterófilas de tres reservas de la Biosfera de México mostraron que la Barranca de Metztitlán y Tehuacán-Cuicatlán fueron las reservas que presentaron mayor similitud en la composición de plantas quiropterófilas. Por otra parte, la producción de recursos alimenticios de las plantas en conjunto, explican la presencia permanente de los murciélagos nectarívoros en las tres regiones comparadas. La Barranca de Metztitlán es una región muy importante para la conservación de murciélagos herbívoros y de las plantas que les proporcionan recursos alimenticios.

## 2. INTRODUCCIÓN

Los murciélagos (Mammalia:Chiroptera) son un grupo de mamíferos que cuenta en el mundo con aproximadamente 178 géneros y 926 especies, agrupadas en 17 familias por lo que constituyen el segundo Orden de mamíferos más diverso después de Rodentia (Wilson y Reeder, 1993; Vaughan *et al.*, 2000). Los quirópteros tienen una distribución casi cosmopolita y explotan un amplio espectro de recursos alimenticios en los que se incluyen insectos, pequeños vertebrados, sangre, néctar, polen, frutas y tejidos florales (Vaughan *et al.*, 2000).

Debido a su abundancia, los murciélagos tienen un papel muy importante en la estructura y función de los ecosistemas terrestres (Villa, 1967). En algunas comunidades ecológicas tropicales pueden coexistir más de 110 especies de murciélagos y pueden constituir entre 40-50% de la fauna local de mamíferos, influyendo ampliamente en la riqueza y diversidad del sitio (Fleming, 1982, 1988; Arita, 1991).

El impacto favorable que generan las interacciones planta-murciélago en favor del mantenimiento, la regeneración, la diversificación y la estabilidad de la vegetación de casi todos los ecosistemas está bien documentado (Heithaus, 1982; Fleming y Sosa, 1994; Rojas-Martínez, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Stoner *et al.*, 2003). Así, se considera que existen más de 250 especies de murciélagos herbívoros en el mundo (Chiroptera: Microchiroptera y Megachiroptera) que se alimentan de néctar, polen y frutos de algunas especies de plantas, y al hacerlo proveen servicios de polinización y dispersión para unos 270 géneros y 750 especies de plantas tropicales en el mundo (Heithaus, 1982).

Los murciélagos herbívoros comparten una larga historia evolutiva con muchas de las plantas que consumen (Fleming, 1979; van der Pijil, 1979). Las flores y frutos de las plantas consumidas por murciélagos presentan características morfológicas que han influido profundamente en la evolución de los murciélagos nectarívoros y frugívoros

(Phyllostomidae: Glossophaginae, Carrollinae, Sturnirinae, Stenoderminae) en aspectos tales como su morfología, fisiología, comportamiento (patrones de forrajeo) y aspectos ecológicos (Heithaus, 1982). Los murciélagos nectarívoros han adquirido diversas adaptaciones para explotar los recursos florales (néctar y polen). Por ejemplo, el alargamiento del hocico que presentan estos animales les permite insertarlo mejor en la corola de las flores, las alas amplias les facilitan mantenerse suspendidos en el aire mientras ingieren el néctar y el polen de las flores, su olfato altamente desarrollado les ayuda a identificar rápidamente el olor producido por las flores. La lengua que es larga y elástica, esta dotada de papilas que pueden recoger una gran cantidad de néctar y polen (Arita y Martínez del Río, 1990).

Por otra parte, las flores visitadas por estos murciélagos producen altas cantidades de néctar con una concentración media de azúcares de 17 a 22% (Baker *et al.*, 1998) y polen. Las flores que son grandes, por lo general se abren sólo durante la noche (antesis nocturna) y se encuentran en la periferia de las plantas, presentan colores claros o verdosos y producen un olor desagradable que permite a los murciélagos localizarlas rápidamente (Heithaus, 1982). Los frutos son dehiscentes o suaves y su pulpa por general es de consistencia suave y viscosa. Al conjunto de características que presentan las flores de plantas que son visitadas por murciélagos nectarívoros se le conoce como síndrome de la quiropterofilia (*sensu* Faegri y van der Pijil, 1979) y síndrome de quiropterocoria para las características de las frutas comestibles para los murciélagos.

Tradicionalmente se había considerado que las interacciones mutualistas planta-murciélagos eran raras e irrelevantes en los ambientes áridos y semiáridos, restringiendo la mayoría de las investigaciones a ambientes tropicales húmedos (Heithaus *et al.*, 1975; Heithaus, 1982; Medellín, 1993; González-Galindo, 1998; Estrada y Coates-Estrada, 2001).

Sin embargo, recientemente se ha comprobado la existencia de interacciones planta-murciélago intensas e importantes en las zonas áridas y semiáridas de México (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Rojas-Martínez, 1996, 2001; Nassar *et al.*, 2003). En estos ambientes, los murciélagos son polinizadores específicos y legítimos de muchas especies de cactáceas columnares (Cactaceae; Tribu Pachycephereae y Cereae), agaves (Agavaceae), algunas especies de árboles que son dominantes en ambientes tropicales semisecos (Bombacaceae, Bignoniaceae y Convolvulaceae), y de otras familias (Rojas-Martínez, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Petit, 1997, Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Stoner *et al.*, 2003). Además participan en la dispersión biótica de semillas de muchas de estas plantas (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Godínez-Álvarez y Valiente-Banuet, 2000). Esta interacción genera un impacto favorable en la diversificación de la vegetación de las zonas áridas y semiáridas de América.

Los murciélagos herbívoros muestran una alta dependencia con respecto a su recurso alimenticio (Fleming, 1992). Por lo tanto, la productividad de las plantas quiropterófilas determinan en gran medida la abundancia anual o estacional de estos animales, espacial y temporalmente (Fleming, 1992). Por ejemplo, algunas especies de murciélagos nectarívoros de la subfamilia Glossophaginae (i. e. *Leptonycteris nivalis* (Saussure), *L. curasoae yerbabuena* Martínez y Villa y *Choeronycteris mexicana* Tschudi) están muy especializados en el consumo de néctar y polen, recursos altamente estacionales y variables en el espacio y tiempo (Heithaus, 1982). Sin embargo pueden complementar su dieta consumiendo los frutos de varias especies de cactáceas columnares en los ecosistemas áridos y semiáridos del norte y centro de México (Rojas-Martínez, 2001; Rojas-Martínez *et al.*, 2004).

*Leptonycteris nivalis*, *L. curasoae* y *Choeronycteris mexicana* son las especies de mayor importancia en Norteamérica debido a que pueden ser localmente muy abundantes, tienen una gran capacidad de vuelo y realizan movimientos geográficos

importantes (Álvarez y González-Quintero, 1970; Koopman, 1981; Heithaus, 1982; Horner *et al.*, 1998; Rojas-Martínez, 2001).

La República Mexicana cuenta aproximadamente con un 60% de territorio cubierto por zonas áridas y semiáridas (Rzedowski, 1978). Estas regiones constituyen zonas ecológicas con una alta diversidad biológica (Dávila *et al.*, 1993, 2002), alto grado de endemismos y diversas especies con algún grado de amenaza (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996; SEMARNAT, 2002). Sin embargo, estos ambientes han recibido poca atención para realizar estudios ecológicos y son considerados como lugares de escaso interés, donde las interacciones bióticas son raras o irrelevantes para explicar los procesos y patrones que subyacen en la dinámica de tales ecosistemas y comunidades. Recientemente algunas investigaciones realizadas en el desierto Sonorense y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán han comprobado que las interacciones bióticas son comunes e intensas también en estos ambientes (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Slauson, 2000; Godínez-Álvarez, 2001).

En el estado de Hidalgo habitan quince especies de murciélagos de la familia Phyllostomidae, pertenecientes a cuatro subfamilias (Glossophaginae, Carollinae, Sturnirinae, Sternoderminae) que son mutualistas de plantas y dependen directamente de los productos vegetales (néctar, polen y frutos) para su alimentación (Ramírez-Pulido *et al.*, 1986). En el estado, aproximadamente el 40% del territorio está constituido por zonas que presentan algún grado de aridez (INEGI, 1996), pese a estas características, no existen estudios en Hidalgo que documenten las interacciones planta-murciélago. Por tal motivo, resulta importante estudiar los componentes fundamentales de este sistema y el efecto que tienen sobre la dinámica poblacional anual de los murciélagos herbívoros. En este contexto es relevante identificar a las especies de plantas que proporcionan recursos alimenticios para los murciélagos en estos ambientes y las temporadas en las que lo hacen. Con estos datos se puede generar información sobre los componentes de

la dieta temporal de los murciélagos herbívoros y acerca de los factores que afectan la dinámica poblacional de estos animales a nivel local (espacial) y temporal en las zonas áridas y semiáridas de México y particularmente en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM), que tiene como propósito conservar la diversidad biológica.

### **2.1. Murciélagos nectarívoros y frugívoros de la Barranca de Metztitlán**

En el continente americano habitan 36 especies de murciélagos nectarívoros de las cuales 12 se encuentran en México (Arita y Santos-del-Prado, 1999). En el gremio de los murciélagos frugívoros, aproximadamente unas 60 especies se distribuyen en América, de las cuales 22 se han registrado en México (Medellín *et al.*, 1997; Reid, 1997). En el estado de Hidalgo se conocen 44 especies de murciélagos (Ramírez-Pulido *et al.*, 1986), cinco nectarívoras y nueve frugívoras (Ramírez-Pulido *et al.*, 1986; Juárez-Castillo, 2006).

La RBBM es una región árida intertropical que comprende 960 km<sup>2</sup>, que representan el 4.6% de la superficie del estado de Hidalgo. En esta reserva se han registrado 25 especies de murciélagos, agrupadas en 17 géneros y cuatro familias: Moormopidae, Phyllostomidae, Vespertilionidae y Molossidae (Juárez-Castillo, 2006). Seis especies de murciélagos son de hábitos frugívoros y cuatro son nectarívoros (Juárez-Castillo, 2006). En general, las especies de murciélagos de la Barranca de Metztitlán tienen una alta afinidad tropical, condición que se refleja en los hábitos alimenticios de las especies, difiriendo marcadamente de la composición de especies esperada para una zona árida (Juárez-Castillo, 2006). Estas características resaltan la importancia de Metztitlán para la conservación de los quirópteros del estado de Hidalgo.

### 3. OBJETIVOS

Debido a la dependencia alimenticia que tienen los murciélagos herbívoros con respecto a las plantas quiropterófilas (agaves, cactáceas columnares y árboles tropicales), al desconocimiento que se tiene de estas plantas en la RBBM y a la importancia que genera la interacción planta-murciélago para la estabilidad, mantenimiento y diversificación de la vegetación de las zonas áridas y semiáridas de México y principalmente debido a la carencia de este tipo de información necesaria para la conservación, en este trabajo se planteó el siguiente objetivo general:

- Determinar la fluctuación poblacional de los murciélagos herbívoros de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, en relación con sus recursos alimenticios, en dos tipos de vegetación (matorral crasicaule y bosque tropical caducifolio).

En tanto que los objetivos particulares, derivados del anterior son los siguientes:

- Identificar a las especies de murciélagos herbívoros de la Barranca de Metztitlán.
- Realizar un inventario de especies vegetales que producen recursos quiropterófilos, en el matorral crasicaule y en el bosque tropical caducifolio.
- Determinar la fenología reproductiva estacional de las plantas quiropterófilas en el matorral crasicaule y en el bosque tropical caducifolio.
- Identificar el tipo de recursos alimenticios (néctar, polen, y/o frutos) que producen las plantas para los murciélagos herbívoros.
- Determinar si existe una relación entre la abundancia de recursos vegetales quiropterófilos y la abundancia de *Leptonycteris curasoae* en el matorral crasicaule.
- Realizar un análisis comparativo de la flora quiropterófila de la Barranca de Metztitlán con las reservas de la Biosfera de Chamela-Cuixmala y Tehuacán-Cuicatlán.

## 4. MATERIAL Y METODO

### 4.1. Área de estudio

#### 4.1.1. Localización

Este trabajo se realizó en la RBBM, localizada en la región centro-este del estado de Hidalgo (20°45'15''-20°45'26'' N y 98°23'00''-98°57'08'' W). La RBBM tiene una variación altitudinal que va de 1000 a 2300 msnm (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003). La reserva tiene una superficie de 96 043 ha, de las cuales 12 474 ha corresponden a zonas-núcleo y 83 569 ha a zonas de amortiguamiento. Está integrada por ocho municipios (Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztlán, San Agustín Metzquitlán y Zacualtipan de Ángeles) y 153 comunidades (Sánchez-Mejorada, 1978; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

La RBBM es una zona semiárida con topografía accidentada y con pendientes pronunciadas y escarpadas. Históricamente se encuentra relacionada con el desierto Chihuahuense y representa la porción más intertropical de este sistema (Axelrod, 1983). Se sitúa en la zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical (Arias y Montes, 2002) y funciona como corredor biológico de las zonas áridas del altiplano central del país (Briones, 1994; Challenger, 1998). La RBBM presenta una heterogeneidad ambiental muy marcada derivada de sus marcadas variaciones en la altitud, precipitación, sustrato geológico, temperatura y de la presencia de la laguna. Está delimitada por grandes cerros de pronunciadas pendientes y marcada aridez, caracterizados por los matorrales espinosos y crasicaules, además de escurrimientos y ríos sobre las cañadas que favorecen la presencia de vegetación tropical arbórea y cultivos de riego en la vega (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003). Lo anterior sugiere que debido a la presencia de los diferentes tipos

de vegetación, los recursos quiropterófilos pueden ser abundantes en la reserva (Cuadro 1). La Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad ha considerado a la RBBM dentro del área prioritaria para la conservación denominada “Cañones y afluentes del Río Pánuco”. La reserva es una de las zonas más importantes del país por la riqueza de su flora xerófila y fauna asociada (Arias y Montes, 2002) y ocupa el 19° lugar en superficie en relación a las otras reservas del país.

Cuadro 1. Superficie por tipo de vegetación en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán en el año 2000 (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Superficie (Ha)</b>	<b>%</b>
Bosque de Pino-encino	1 942. 78	2.02
Bosque de encino	5 465. 94	5.7
Bosque de <i>Juniperus</i>	466. 33	0.48
Matorral Crassicaule	38 870. 00	41.51
Matorral submontano	17 152. 62	17.86
Bosque tropical caducifolio	3 620. 84	3.4
Matorral Xerófilo	7 304. 80	7.6
Pastizal inducido	966. 06	1
Agricultura de riego	6 810. 04	7.1
Agricultura de temporal	11 462. 00	11.93
Cuerpo de agua	1 340. 79	1.34
<b>Total</b>	<b>96 042. 94</b>	<b>100</b>

#### 4.1.2. Clima

Existen dos tipos principales de clima en la Barranca de Metztitlán de acuerdo a la clasificación de García (1973). En la zona norte y norte-centro predomina el clima seco semicálido con lluvias en verano (BS0hw), en esta región la temperatura media anual es de 18.5° C (la temperatura máxima ocurre en julio y es de 24.7° C y la mínima en enero con 8.3° C), la precipitación total anual es de 364.6 mm (con una máxima en junio de 66.3 mm y la mínima en febrero de 3.3). En la parte centro-sur y sur, predomina el

clima semiseco templado con lluvias en verano (Bs1kw), la temperatura media anual es de 14.8° C (máxima en mayo de 17.3° C y mínima en noviembre de 9.4° C). La precipitación total anual es 543.4 mm (con una máxima en septiembre de 117.4 mm y una mínima en enero de 8.8 mm (INEGI, 1996; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003)

#### **4.1.3. Flora**

La flora se encuentra constituida por elementos de afinidad geográfica meridional y boreal, además de la presencia de especies endémicas. Este tipo de flora pertenece en su mayoría a la provincia florística Altiplanicie (Rzedowski, 1978), la cual es una de las más extensas y reconocidas en la división florística de México, ubicada en el rango altitudinal de

1 000 a 2 000 msnm. Una característica notable es la presencia de especies endémicas donde predomina la vegetación de matorral submontano y matorral xerófilo. Sólo una porción de la reserva pertenece a la provincia florística Sierra Madre Oriental, ubicada en la cota altitudinal superior a los 2 000 msnm, y en la colindancia con la Sierra de Zacualtipán, la cual está cubierta principalmente por bosque de pino-encino y bosque de encino (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

La flora vascular se encuentra constituida por 465 taxa pertenecientes a 270 géneros y 83 familias. El grupo de las dicotiledóneas es el más grande y está integrado por 71 familias, 221 géneros y 392 especies. Entre las familias más representativas se encuentran las siguientes: Asteraceae (44 géneros y 70 especies), Cactaceae (17 géneros y 57 especies) y Leguminosae (22 géneros y 42 especies; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

#### **4.1.4. Fauna**

La fauna de vertebrados ha sido escasamente estudiada en la zona. Información dispersa en la literatura señalan que en la RBBM existen 46 especies de reptiles, 17 de anfibios, 215 de aves y 25 especies de murciélagos (Arias y Montes, 2002; CONANP, 2003; Juárez-Castillo, 2006).

#### **4.2. Descripción de la vegetación**

La Barranca de Metztitlán presenta una alta heterogeneidad edafológica, que ha dado origen al desarrollo de una distribución muy particular de la vegetación, principalmente en las comunidades de las partes más secas (Ortiz-Calderón, 1980). Adicionalmente, la historia geológica compleja de la reserva y las marcadas diferencias climáticas presentes en sus localidades han influido favorablemente en el desarrollo de una alta diversidad de especies vegetales agrupadas en ocho tipos de vegetación (Cuadro 1; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

Sánchez-Mejorada (1978) utilizando la clasificación de Rzedowski (1978) reconoce para esta zona cinco tipos de vegetación: matorral submontano, matorral cactus-mezquite, matorral desértico calcícola, mezquital extradesértico y matorral desértico aluvial. Finalmente Puig (1991) en un estudio sobre la vegetación de la Huasteca se refiere a las formaciones tropicales secas e incluye el matorral crasicaule de la Barranca de Metztitlán señalando dos grupos ecológicos: el de *Cephalocereus senilis* y el de *Isolatocereus dumortieri* (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

A continuación se describen los tipos de vegetación trabajados según la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2003):

#### 4.2.1 Bosque tropical caducifolio

Este tipo de vegetación agrupa comunidades vegetales dominadas por árboles de baja altura, con un promedio de 8 a 12 m. Los árboles se caracterizan por estar muy ramificados a baja altura y por tener las copas más anchas que altas. El carácter fenológico estacional es muy acentuado en este bosque. Un aspecto sobresaliente de su fisonomía es la presencia de tallos con la corteza exfoliante y de colores vivos, rasgo notorio en la especie *Bursera morelensis*, la cual predomina en el bosque de la Barranca del Metztlán. Las epifitas (*i. e. Tillandsia usneoides*) y las trepadoras son localmente abundantes (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

La presencia de este bosque es característica en las exposiciones sur de los cerros que se encuentran al este del río Venados, también en algunos parajes cercanos a la carretera que lleva a la cabecera municipal de Metztlán y en la base de los cerros El León y Partido, donde es posible encontrarlo en altitudes de 1 100 a 1 500 msnm, sobre sustratos sedimentarios, someros y aflorantes, en ocasiones masivas (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

La composición florística dominante en el estrato arbóreo la constituye la especie *B. morelensis*, acompañada por la especie *Prosopis laevigata* en la parte baja de los cerros y la presencia dispersa de *Opuntia* spp, *Myrtillocactus geometrizans*, *C. senilis*, *Colubrina ehrenbergii*, *Pseudosmodingium andrieuxii*, *I. dumortieri* y *Acacia subangulata*. En el estrato arbustivo, se observan individuos con una altura promedio de 0.90 a 2.20 m, en el que destacan las siguientes especies: *Agave xylonacantha*, *Neopringlea integrifolia*, *Harpalyce arborescens*, *Randia hidalgensis*, *Stachytarpheta velutina*, *Turnera diffusa*, *Tetramerium hispidum*, *Ipomoea* sp., *Cnidoscolus rostratus glabratus*, *Colubrina elliptica*, *Jatropha dioica*, *Dalea bicolor* var. *canescens*, *Ayenia rotundifolia*, *Ruellia californica*, *Eupatorium espinosarum*, *Zexmenia lantanifolia* y

*Lantana velutina*. El estrato herbáceo es bastante rico en especies, particularmente durante la temporada de lluvias. Las especies sobresalientes son:

*Tradescantia crassifolia*, *Zinnia peruviana*, *Tagetes tenuifolia*, *Bouteloua curtipendula*, *Setaria grisebachii* y *Aristida adscensionis*. De las epífitas sobresale *T. usneoides* que se establece sobre los árboles de *B. morelensis* (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

Dentro del grupo de plantas trepadoras se observa la presencia de *I. purpurea*. En las rocas se observa la presencia de *Selaginella lepidophylla*, la cual cubre de manera amplia los terrenos escarpados, protegiendo los suelos contra la erosión (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003). Este tipo de vegetación tiene una amplia extensión y mantiene un buen estado de conservación, debido a la inaccesibilidad del terreno ocasionado por una topografía accidentada, suelos frágiles y terrenos rocosos (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

#### **4.2.2. Matorral crasicaule de *Isolatocereus dumortieri***

Esta asociación vegetal suele encontrarse de manera característica en las laderas de exposición norte y noreste en el interior de la Barranca de Metztitlán, definida principalmente por la presencia de la especie *Isolatocereus dumortieri*, una cactácea columnar del tipo oligodendricaule, la cual alcanza de cinco a seis metros de alto, mostrando fisonómicamente un estrato emergente por encima de los demás componentes florísticos. El rango altitudinal en el que se observa va desde la orilla del río Venados hasta los 1 750 msnm. Esta asociación vegetal se observa en el paraje conocido como La Casita, municipio de Metztitlán, en una altitud promedio de 1 600 msnm. El estrato arbóreo está definido por la presencia de *I. dumortieri*, *Yucca filifera*, *P. laevigata*, *Plumeria rubra*, *Karwinskia humboldtiana*, *Celtis pallida*, *Senna pringlei*,

*B. schaffneri*, *P. andrieuxii* y *A. subangulata* (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

El estrato arbustivo medio con una altura de 1.5 a 3 metros, permite observar la presencia de las siguientes especies: *O. leucotricha*, *M. geometrizzans*, *J. spathulata*, *Nicotiana glauca*, *C. pallida*, *P. juliflora*, *A. farnesiana*, *Cercidium floridum*, *Zaluzania augusta*, *Carlowrightia lindeneana*, *P. laevigata*, *Trixis inula*, *Montanoa tomentosa xanthiifolia*, *Sebastiana pavoniana*, *Brongniartia lupinoides* y *Decatropis bicolor*. El estrato herbáceo está constituido por individuos de los siguientes géneros: *Aster*, *Croton*, *Euphorbia*, *Flaveria*, *Hibiscus*, *Loeselia*, *Oxybaphus* y *Ruellia* y de las especies *Sedum ebracteatum*, *Aneilema karwinskiana*, *Trichachne insularis* y *Portulaca oleracea*. Entre las trepadoras, epífitas y parásitas se pueden mencionar a *Plumbago pulchella*, *T. usneoides*, *T. fasciculata* y *Phoradendron brachystachyum* (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

### **4.3. Trabajo de campo**

El estudio se llevó a cabo en dos años (entre abril de 2003 a marzo de 2005), en los que se efectuaron once visitas a las localidades de Jilotla, Chilaco y Almolón, donde predomina el matorral crasicaule y a las localidades de Ahuacatitla y San Pablo Tetlapayac, donde predomina el bosque tropical caducifolio (Figura 1.). Lo anterior con la finalidad de determinar la abundancia relativa mensual de las especies de murciélagos herbívoros de la Barranca de Metztitlán e identificar las especies de plantas que proporcionan alimento a estos animales.

#### **4.3.1. Captura de murciélagos**

Para identificar a las especies de murciélagos herbívoros de la RBBM, las temporadas en las que ocurren y medir su abundancia relativa, cada dos meses fueron muestreados dos tipos de vegetación (matorral crasicaule y bosque tropical caducifolio).

En cada localidad se instalaron cuatro redes de niebla por noche (dos de 18 metros, una de nueve metros y una de seis metros de largo por tres metros de ancho). La suma total de metros red utilizados en cada tipo de vegetación para cada noche de muestreo fue de 51 m. Las redes fueron colocadas entre la vegetación, a nivel de suelo, durante dos noches consecutivas. Permanecieron abiertas desde el ocaso (1900 h) hasta el amanecer (0600 h) y fueron revisadas al menos cada 30 minutos. El esfuerzo de muestreo en cada localidad por noche de muestreo fue de 510 horas/ red.

Los murciélagos herbívoros capturados fueron identificados a nivel de especie. De cada individuo capturado se determinó la edad, el sexo y la condición reproductiva, así mismo les fueron medidos la longitud del antebrazo y el peso (Hall, 1981). También se registró la localidad, el tipo de vegetación en que fueron capturados y la condiciones del tiempo prevalecientes.

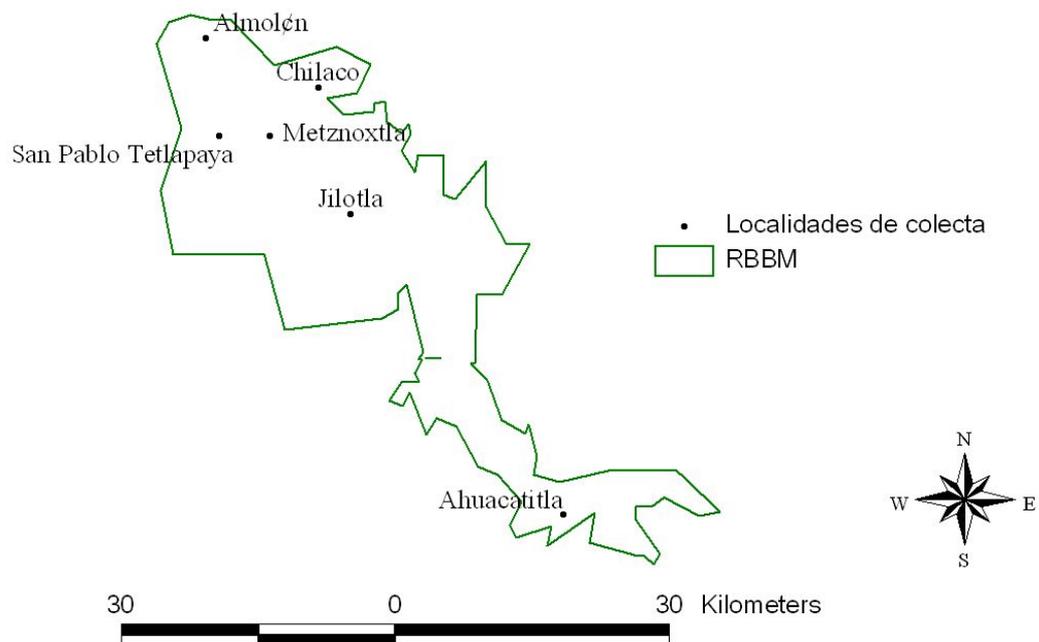


Figura 1. Localización de los sitios de trabajo en la RBBM

#### **4.3.2. Presencia anual y abundancia relativa de los murciélagos herbívoros en la Barranca de Metztitlán**

Considerando que la floración y fructificación de la vegetación son eventos estacionales y que la presencia de los murciélagos herbívoros en la RBBM podría responder a ciclos de abundancia o escasez de alimento, todos los murciélagos herbívoros capturados fueron agrupados por cada mes de muestreo, para determinar su abundancia mensual y anual en dos tipos de vegetación (matorral crasicale y bosque tropical caducifolio).

La información obtenida fue graficada considerando el esfuerzo de captura y el número total de murciélagos capturados en cada tipo de vegetación (Individuos/metros red\* horas de muestreo) \* 1000) (Medellín, 1993). Este número fue utilizado para estimar la abundancia relativa de cada especie.

#### **4.3.3. Identificación de plantas quiropterófilas presentes en la Barranca de Metztitlán**

Para identificar los recursos vegetales quiropterófilos en la RBBM, se analizó su lista florística (Gentry, 1982; Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003; Rocha *et al.*, 2005). De ella fueron seleccionadas las especies vegetales que han sido citadas como productoras de flores, frutos o ambos y que se ajustan favorablemente a los síndromes de la quiropterofilia o quiropterocoria, descritos para la alimentación de los murciélagos herbívoros (*sensu* Gentry, 1982; van der Pijl, 1982; Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999), y se verificó su presencia en las localidades muestreadas. De todas las especies quiropterófilas identificadas se determinó la temporada de floración y fructificación.

#### **4.3.4. Productividad de flores y frutos**

Debido a que las características de *Isolatocereus dumortieri* se ajustan favorablemente a las descritas para la alimentación de murciélagos (*sensu* van der Pijl,

1978; Valiente-Banuet *et al.*, 1996) y que es una cactácea columnar ampliamente distribuida en la RBBM (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003), se eligió la localidad de Jilotla para medir la productividad de esta planta. Con este fin, en la localidad de Jilotla se establecieron tres transectos de mil metros cuadrados cada uno, entre la vegetación de matorral crasicaule de *I. dumortieri* (20 m de ancho x 50 m de largo; 3000 m<sup>2</sup> en total).

En cada transecto las plantas quirópteroofilas presentes fueron marcadas (asignándoles un número secuencial) para contabilizar en cada individuo el número de flores y frutos que abrieron o maduraron durante cada noche en que se capturaron murciélagos en el sitio. Con los datos obtenidos, se determinó la producción diaria, estacional y anual de flores y frutos en los 3000 m<sup>2</sup> del matorral crasicaule de *I. dumortieri* y con esta información se extrapolaron al número de flores y frutos/ ha.

La producción de néctar por flor de *I. dumortieri* fue determinada consultando la información publicada relacionada con la producción promedio de néctar por flor y para la producción de fruta el peso promedio de los frutos (Torres-Ruiz y Valiente-Banuet, en prensa; Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Los datos obtenidos fueron utilizados para calcular la productividad estacional de la vegetación. Para estimar la producción de néctar, se multiplicó el número promedio de flores producidas por individuo, obtenidas en los 3000 m<sup>2</sup> muestreados, por la cantidad promedio de néctar producido por flor (Torres-Ruiz y Valiente-Banuet, en prensa). Para determinar la productividad de fruta se procedió de la misma forma.

#### **4.3.5. Relación de capturas y la productividad de recursos**

Para analizar si la abundancia de *Leptonycteris curasoae* está asociada a la producción de recursos quiropterófilos, se aplicó un análisis de regresión lineal simple al número de capturas del murciélago nectarívoro *L. curasoae* obtenidos cada noche

muestreada en la localidad de Jilotla, y al número de flores y frutos que produjo la cactácea *Isolatocereus dumortieri* en los 3000 m<sup>2</sup>, durante la misma noche en que se capturaron los murciélagos. En el análisis sólo se consideró a la especie *Leptonycteris curasoae*, debido a que es el murciélago nectarívoro más abundante en la localidad y en la Barranca de Metztitlán. Con la finalidad de analizar el efecto de la disponibilidad de los recursos alimenticios en momentos en los que *L. curasoae* puede responder numéricamente a esta situación, se realizó un segundo análisis de regresión considerando solamente las capturas de *L. curasoae* realizadas en los meses de abril, mayo y junio, meses en los que las colonias de este murciélago son abundantes en los refugios de la Barranca de Metztitlán (Escorcia-Maldonado y Rojas-Martínez; com. pers.). Con esta finalidad, dos registros que indican la presencia de recursos, pero ninguna captura, fueron eliminados debido a que correspondieron al mes de febrero y principios de marzo, meses en los que los refugios conocidos en la reserva de Metztitlán se encuentran semivacíos (cueva del Guano y el túnel de Ahuacatitlá; Escorcia-Maldonado y Rojas-Martínez; com. pers.). Finalmente, otros dos registros con presencia de recursos y ausencia de capturas, que correspondieron al mes de julio no fueron utilizados, debido a que la lluvia en estas colectas impidieron que los murciélagos siguieran sus patrones de alimentación normales (Fleming, 1982).

Se eligió la prueba de regresión lineal simple porque permite evaluar la relación de una variable dependiente (número de murciélagos) con relación a una variable independiente (número de recursos alimenticios presentes). El análisis se realizó utilizando el paquete estadístico *STATISTICA* (StatSoft, 1995).

#### **4.3.6. Fenología de los recursos quiropterófilos y quiropterócricos en la Barranca de Metztlán**

Con la finalidad de determinar los periodos del año en que existen recursos alimenticios para los murciélagos herbívoros, se determinó la fenología estacional reproductiva de los recursos vegetales quiropterófilos identificados en la Barranca de Metztlán. Esta fase de trabajo fue realizada registrando la presencia o ausencia de flores y/o frutos de las plantas quiropterófilas presentes en las localidades de trabajo. Las especies con flores y/ frutos potencialmente quiropterófilos y/o quiropterócricos (*sensu* van der Pijl, 1982) presentes cada mes fueron registradas y se graficó su presencia o ausencia mensual. Las observaciones sobre las temporadas de floración y/o fructificación observadas en el campo fueron complementadas bibliográficamente con la literatura disponible sobre la fenología floral reproductiva de las especies quiropterófilas presentes en la región (Gentry, 1982; Rocha et al., 2005; Noguera-Cobos, en prensa; Villavicencio, com. pers.).

De acuerdo con la fenología floral, los recursos (número de especies quiropterófilas) fueron agrupados por estaciones del año (invierno, de enero a marzo; primavera, de abril a junio; verano, de julio a septiembre y otoño, de octubre a diciembre). Con esta información se realizó una prueba de chi cuadrada (recursos contra estación del año) para probar la hipótesis nula de que los recursos anuales disponibles en las cuatro estaciones son homogéneos. El incumplimiento de la hipótesis nula indica que los recursos se producen de manera diferencial y son heterogéneos a través del año.

#### **4.3.7. Comparación de los recursos quiropterófilos de la Barranca de Metztlán con otras reservas de la Biosfera de México**

Con la finalidad de conocer la similitud de los recursos vegetales quiropterófilos de la RBBM con otras regiones, la lista de especies fue comparada con los listados de Tehuacán-Cuicatlán y Chamela-Cuixmala (Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Stoner *et al.*, 2003), dos regiones donde se ha generado esta misma información. De las 76 especies y morfoespecies de plantas reportadas en todos los sitios, sólo 58 que han sido

identificadas a nivel de especie fueron incluidas en el análisis. Se determinó el número de familias, géneros y especies para cada región con propósitos de comparación. Para conocer la similitud entre la riqueza de especies quiropterófilas por regiones, se realizó un análisis de conglomerados o clusters jerárquico mediante el método del vecino más cercano, utilizando una matriz de datos de la presencia-ausencia de las especies quiropterófilas por región.

El análisis de conglomerados genera un dendrograma en el cual se muestra la similitud o disimilitud en las muestras de los sitios comparados. La similitud puede representar condiciones históricas y/o ecológicas compartidas que derivan en la similitud de las áreas (StatSoft, 1995). El análisis se realizó utilizando el paquete estadístico *STATISTICA* (StatSoft, 1995).

## 5. RESULTADOS

Con un esfuerzo de captura de 10 530 horas / red se obtuvo un total de 95 murciélagos herbívoros pertenecientes a seis géneros y a diez especies (Chiroptera: Phyllostomidae) en dos tipos de vegetación: bosque tropical caducifolio y matorral crasicaule (Cuadro 2).

Las especies de murciélagos aquí citadas constituyen el 40% del total de los murciélagos reportados para la RBBM y el 91% de las especies de murciélagos herbívoros (frugívoros y nectarívoros) que son conocidos para la RBBM. La especie *Artibeus lituratus* representa el primer registro para el estado de Hidalgo. Con este nuevo registro se aumenta a 44 especies la lista de murciélagos para la entidad. Cuatro especies de murciélagos herbívoros entran dentro de alguna categoría de rareza, vulnerabilidad o amenaza (Cuadro 2).

Cuadro 2. Especies de murciélagos capturadas y su porcentaje de captura en el bosque tropical caducifolio y en el matorral crasicaule de la Barranca de Metztitlán.

Familia Phyllostomidae	Gremio	Porcentaje de captura	Estatus de conservación
<b>Glossophaginae</b>			
<i>Leptonycteris curasoae</i>	Nectarívoro	44.21%	Amenazada
<i>Leptonycteris nivalis</i>	Nectarívoro	No capturado	Amenazada
<i>Choeronycteris mexicana</i>	Nectarívoro	7.36%	Amenazada
<i>Glossophaga soricina</i>	Nectarívoro	13.68%	
<b>Stenodermatinae</b>			
<i>Artibeus jamaicensis</i>	Frugívoro	1.05%	
<i>Artibeus intermedius</i>	Frugívoro	3.15%	
<i>Artibeus lituratus</i>	Frugívoro	3.15%	
<i>Dermanura azteca</i>	Frugívoro	2.10%	Rara
<b>Sturnirinae</b>			
<i>Sturnira lilium</i>	Frugívoro	6.31%	
<i>Sturnira ludovici</i>	Frugívoro	18.94%	

Fuente del estatus de conservación: UICN; SEMARNAT, 2002.

*Leptonycteris nivalis* no fue capturado en este estudio, sin embargo se ha incluido a la lista de especies debido a que ha sido capturada en la RBBM, en el mes de julio (2005; Rocha, com. pers.) y en septiembre (2006; Rojas-Martínez, com. pers.).

### 5.1. Presencia estacional de los murciélagos herbívoros en la Barranca de Meztitlán

Los murciélagos más abundantes a través del año en los bosques tropicales caducifolios y en los matorrales crasicales fueron el murciélago nectarívoro *Leptonycteris curasoae*, el murciélago frugívoro *Sturnira ludovici* y el nectarívoro *Glossophaga soricina*, seguidas de *Choeronycteris mexicana* (nectarívora) y *S. lilium* (frugívora), mientras de las especies del género *Artibeus* y *Dermanura* (frugívoras) fueron las especies con la abundancia relativa más baja (Figura 2).

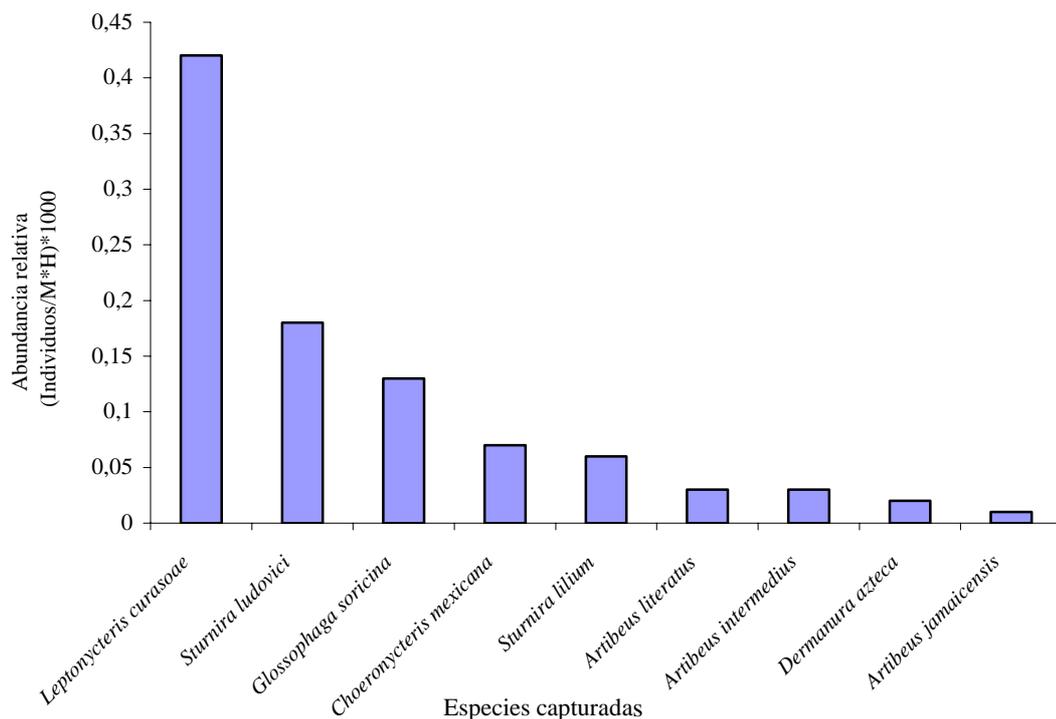


Figura 2. Abundancia relativa de los murciélagos herbívoros de la Barranca de Meztitlán, en el bosque tropical caducifolio y matorral crasicale.

Las seis especies de murciélagos frugívoros fueron capturadas en el bosque tropical caducifolio (con excepción de dos individuos de *Sturnira ludovici* que fueron capturados en el matorral crasicaule), así como todas las especies nectarívoras. Las especies más abundantes fueron *Leptonycteris curasoae* y *Sturnira ludovici*, seguidas de *S. lilium* y *Glossophaga soricina*. Las especies del género *Artibeus*, *Dermanura azteca* y *Choeronycteris mexicana* fueron las que presentaron la abundancia relativa más baja (Figura 3). *Sturnira lilium* fue capturada solamente durante el mes de julio en la ex Hacienda de “El Chilaco”. *Sturnira ludovici* fue la especie frugívora más común en la RBBM. Este murciélago fue capturado desde los meses de julio hasta diciembre asociado a las especies frutales del bosque tropical caducifolio. Las tres especies del género *Artibeus* fueron capturadas en la localidad de San Pablo Tetlapayac asociadas a huertos frutales, durante los meses de agosto a noviembre, aunque su mayor abundancia se registró en los meses de octubre a noviembre.

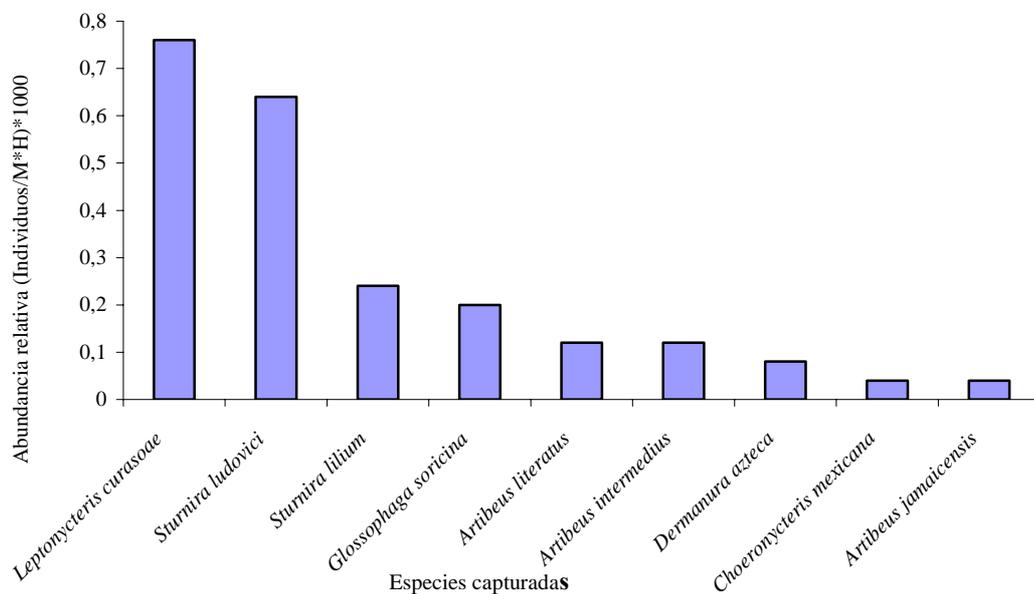


Figura 3. Abundancia relativa de los murciélagos herbívoros en el bosque tropical caducifolio de la Barranca de Metztitlán.

En el matorral crasicaule sólo se capturaron cuatro especies de murciélagos herbívoros. La especie nectarívora *L. curasoae* fue la más abundante en este ambiente seguida de las especies *G. soricina* y *C. mexicana*. La especie frugívora *S. ludovici* también fue capturada en el matorral crasicaule, aunque su abundancia relativa fue muy baja (Figura 4).

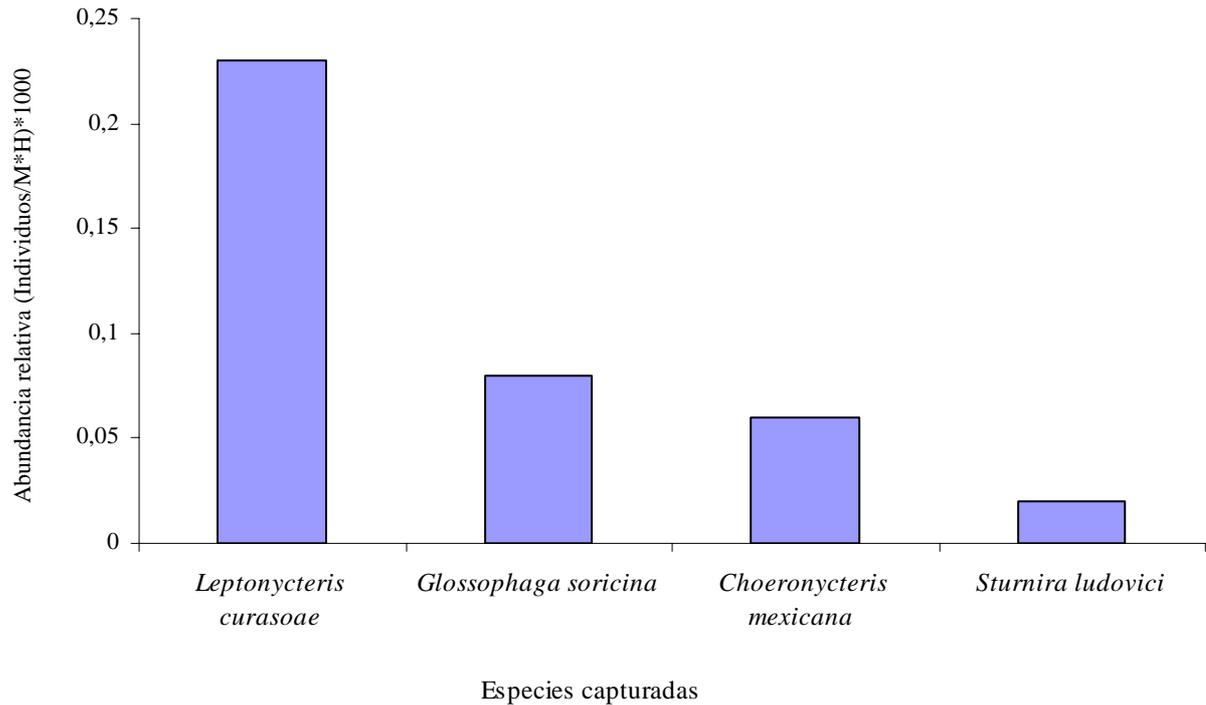


Figura 4. Abundancia relativa de los murciélagos herbívoros en el matorral crasicaule de la Barranca de Metztitlán.

Las especies de murciélagos herbívoros como gremio estuvieron presentes todo el año. La mayor abundancia relativa de murciélagos herbívoros en la RBBM ocurrió en la primavera, mientras que en el otoño se registró la menor abundancia relativa de estos murciélagos. Durante el verano y el invierno se registró la misma abundancia relativa de murciélagos herbívoros, pero fue menor a la registrada en la primavera (Figura 5).

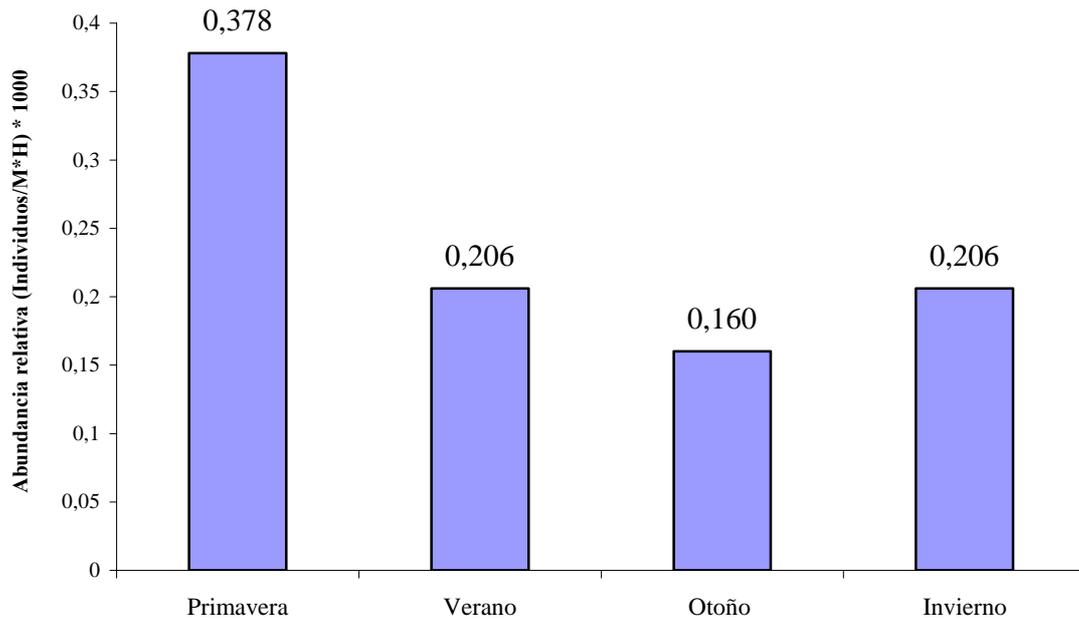


Figura 5. Abundancia relativa de los murciélagos herbívoros de la RBBM por estaciones del año. En esta gráfica se conjuntaron los datos de captura obtenidos en los dos tipos de vegetación considerados en este trabajo (bosque tropical caducifolio y matorral crasicauale).

## 5.2. ESPECIES VEGETALES QUE PRODUCEN RECURSOS QUIPTERÓFILOS PRESENTES EN LA RBBM

De acuerdo con la identificación de las especies vegetales que producen flores con anthesis nocturna y/o frutos con características quiropterócoricas y que producen alimento para los murciélagos herbívoros (van der Pijl, 1978; Valiente-Banuet *et al.*, 1996), se contabilizaron un total de 28 especies de plantas quiropterófilas agrupadas en 10 familias y 16 géneros, que forman parte de la alimentación de los murciélagos herbívoros que habitan en Metztitlán (Cuadro. 3).

Las especies *Cephalocereus senilis* y *Neobuxbaumia polylopha* son endémicas para el estado de Hidalgo y *Pseudobombax ellipticum* para México. *Pachycereus weberi* (tribu Pachycereeae) representa el primer registro de esta especie para la RBBM y para el estado de Hidalgo.

Cuadro 3. Lista de las especies vegetales quiropterófilas presentes en la Barranca de Metztitlán. Para cada especie se especifica el tipo de recurso que proporcionan a los murciélagos herbívoros. El estatus de conservación según SEMARNAT (2002).

Familia	Especie	Tipo de recurso	Estatus de conservación
AGAVACEAE	<i>Agave celsi</i> var <i>albicans</i>	Néctar y polen	Amenazada
	<i>Agave difformis</i>	Néctar y polen	
	<b>AGAVE FILIFERA</b>	Néctar y polen	
	<i>Agave gransidentata</i>	Néctar y polen	
	<i>Agave hidalguensis</i>	Néctar y polen	
	<i>Agave kerchovei</i>	Néctar y polen	
	<i>Agave lechuguilla</i>	Néctar y polen	
	<i>Agave macroacanta</i>	Néctar y polen	
	<i>Agave peacocki.</i>	Néctar y polen	
	<i>Agave salmiana</i>	Néctar y polen	
	<i>Agave striata</i>	Néctar y polen	
	<i>Agave xylonacantha</i>	Néctar y polen	
CACTACEAE	<i>Cephalocereus senilis</i>	Néctar, polen y fruta	Amenazada
	<i>Hylocereus undatus</i>	Néctar, polen y fruta	
	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Néctar y polen	
	<i>Neobuxbaumia polylopha</i>	Néctar, polen y fruta	
	<i>Pachycereus weberi</i>	Néctar, polen y fruta	
	<i>Stenocereus marginatus</i>	Néctar, polen y fruta	
	<i>Isolatocereus dumortieri</i>	Néctar, polen y fruta	
BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans</i>	Fruta	
BOMBACACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>	Néctar y polen	
	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Néctar y polen	
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomea arborescens</i>	Néctar y polen	
JUGLANDACEAE	<i>Juglans regia</i>	Fruta	
MORACEAE	<i>Ficus</i> sp.	Fruta	
ANACARDIACEAE	<i>Mangifera indica</i>	Fruta	
EBENACEAE	<i>Diospyros digyna</i>	Fruta	
SAPOTACEAE	<i>Pouteria campechiana</i>	Fruta	

Al analizar cualitativamente el tipo de recurso que ofrecen las especies quiropterófilas se encontró que las especies que ofrecen sólo néctar y polen, son los agaves y las bombacáceas.

Las especies que ofrecen sólo fruta representan el 22% del total de las especies quiropterófilas (Figura 6), lo mismo que las especies que ofrecen néctar, polen y fruta conformadas por las seis especies de cactáceas columnares y la cactácea trepadora *Hylocereus undatus*.

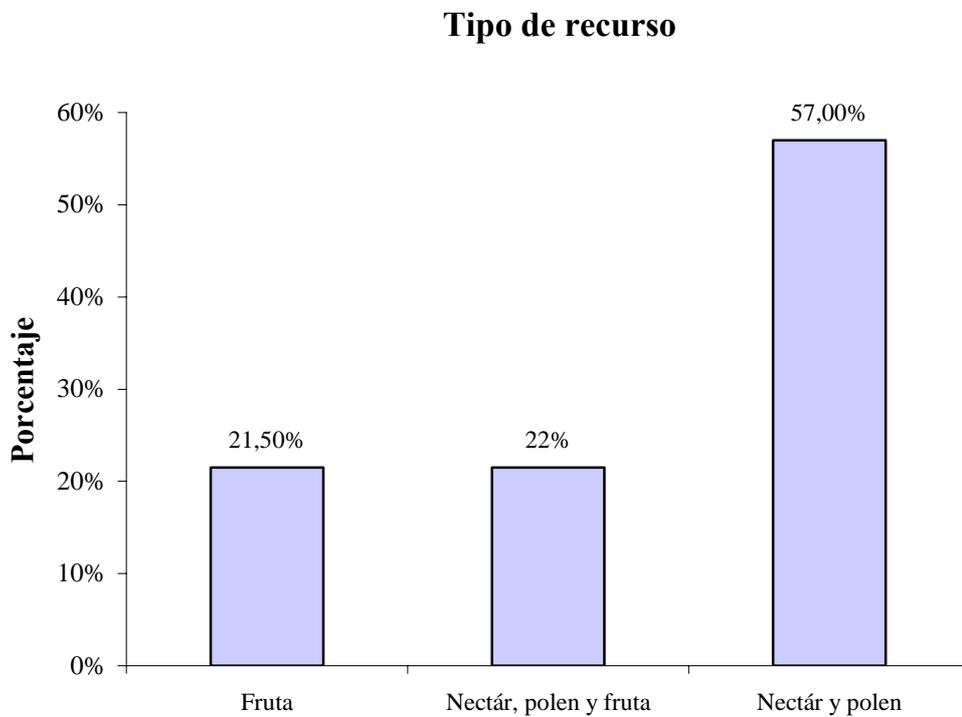


Figura 6. Tipo de recurso que ofrecen las especies vegetales quiropterófilas para los murciélagos herbívoros en el bosque tropical caducifolio y matorral crasicaule de la Barranca de Metztitlán.

### 5.3. Productividad de la vegetación en el matorral crasicaule

La productividad estacional anual de néctar y fruta por hectárea fue abundante en el matorral crasicaule de *Isolatocereus dumortieri*, a pesar de que sólo estuvo disponible en la temporada de primavera-verano (Cuadro 4). Las selvas bajas fueron más

productivas durante la época de verano-otoño cuando los matorrales crasicuales no ofrecieron recursos y el general produjeron recursos todo el año.

Cuadro 4. Productividad estacional de néctar y fruta/ha en el matorral crasicuale de *Isolatocereus dumortieri*, con una densidad de 250 individuos/ha. Los datos de la producción de néctar y peso de los frutos fueron tomados de la literatura (Torres-Ruiz y Valiente-Banuet, en prensa; Valiente-Banuet *et al.*, 1996)

Flores abiertas promedio por planta	Néctar promedio por flor (ml)	Flores abiertas por planta por día/ha	Producción de néctar (l/día/ha)
5.036	0.475	1 259	0.598
Frutos maduros promedio por planta	Peso promedio por fruto (gr)	Frutos maduros por planta por día/ha	Producción de frutos (kg./día/ha)
8.44	2.6	2 110	5.486

#### 5.4. Relación entre la abundancia de *Leptonycteris curasoae* y la producción de recursos quiropterófilos de *Isolatocereus dumortieri*

Al considerar los datos de todas las noches de muestreo en la localidad de Jilotla, los valores del análisis de regresión lineal simple indican que la relación entre el número de capturas de *Leptonycteris curasoae* por noche, y el número de flores y frutos producidos por *Isolatocereus dumortieri* por noche no fue significativa (pendiente = 0.2952,  $t = 1.06$ ,  $R^2 = 0.11$ ,  $F = 1.14$ ,  $p < 0.305$ ). Sin embargo la regresión resultó significativa (pendiente = 0.9237,  $t = 6.38$ ,  $R^2 = 0.8324$ ,  $F = 40.743$ ,  $p < 0.00037$ ) al depurar los datos, considerando sólo aquellos en los que el murciélago puede responder numéricamente a la disponibilidad de los recursos alimenticios producidos por la cactácea *I. dumortieri*; de acuerdo con lo anterior las capturas de *L. curasoae* se incrementan directamente en relación con la productividad floral y con la abundancia de frutos (Figura 7).

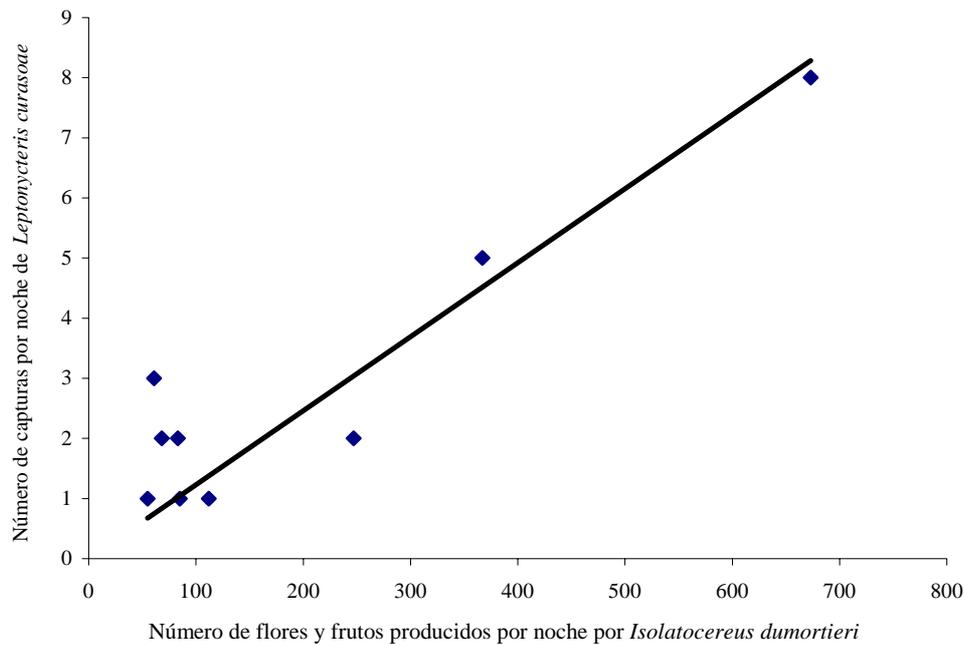


Figura 7. Relación entre las capturas por noche de *Leptonycteris curasoae* y la producción de flores y frutos de *Isolatocereus dumortieri* por noche. Los valores de regresión indican que la relación fue significativa y que 83% de las capturas de murciélagos observadas pueden explicarse por la abundancia de recursos quiropterófilos por noche.

### 5.5. Fenología de las especies vegetales quiropterófilas de la Barranca de Metztitlán

A nivel paisaje las flores y frutos consumidos por los murciélagos están disponibles todos los meses del año. En los matorrales crasicauales seis especies de cactáceas columnares proporcionan recursos alimenticios durante la primavera y el verano (Cuadro 5). Los agaves en conjunto presentan una fenología de floración complementaria en el tiempo, y proporcionan néctar y polen durante todo el año. En el bosque tropical caducifolio cuatro especies de árboles tropicales florecen durante la primavera y el resto se restringen a la época de otoño-invierno.

Cuadro 5. Fenograma reproductivo de las especies de plantas que florecen y/o fructifican en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán a lo largo del año.

<b>Especie de planta</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>J</b>	<b>J</b>	<b>A</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<i>Agave celsi</i> var <i>albicans</i>				----	----	----						
<i>Agave difformis</i>						----	----					
<i>Agave filifera</i>						----	----	----				
<i>Agave gransidentata</i>		----	----									
<i>Agave hidalguensis</i>	----								----	----	----	----
<i>Agave kerchovei</i>								----	----	----	----	----
<i>Agave lechuguilla</i>					----	----	----	----				
<i>Agave macroacanta</i>					----							
<i>Agave peacocki</i>		----	----	----								
<i>Agave salmiana</i>					----	----	----					
<i>Agave striata</i>						----	----	----				
<i>Agave xylonacantha</i>				----	----	----	----					
<i>Ceiba pentandra</i>	----	----	----									
<i>Cephalocereus senilis</i>					----	----						
<i>Hylocereus undatus</i>						----	----	----	----	----		
<i>Ipomea arborescens</i>	----	----	----	----	----							
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	----	----	----	----	----	----						
<i>Neobuxbaumia polylopha</i>		----	----	----	----	----						
<i>Pachycereus weberi</i>	----	----	----	----	----	----						
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	----	----	----	----	----							
<i>Isolatocereus dumortieri</i>		----	----	----	----	----						
<i>Stenocereus marginatus</i>			----	----	----							
<i>Tecoma stans</i>							----	----	----	----	----	----
<i>Juglans regia</i>									----	----	----	----
<i>Ficus sp</i>								----	----	----	----	----
<i>Mangifera indica</i>					----	----	----	----				
<i>Diospyros digyna</i>	----							----	----	----	----	----
<i>Pouteria campechiana</i>						----	----	----	----	----		
<b>Total de especies por mes</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>3</b>

El análisis de la fenología floral reproductiva de las 28 especies de plantas quiropterófilas a nivel temporal muestra que la floración y fructificación de las plantas es heterogénea, esta disponible todo el año, y que se agrupa marcadamente en los meses de verano, primavera e invierno. En las cuatro estaciones del año se observa una marcada heterogeneidad en la oferta de los recursos ( $X^2 = 4.13$ ,  $p < 0.05$ ,  $gl = 3$ ; Cuadro 6). Los recursos están disponibles todo el año, y se agrupan marcadamente en los meses de verano, primavera e invierno.

Cuadro 6. Recursos florales disponibles para los murciélagos herbívoros en la RBBM a través del año. El número representa a las especies observadas que ofrecen recursos quiropterófilos.

Primavera	Verano	Otoño	Invierno
15	18	8	12

### 5.6. Análisis comparativo de las especies vegetales quiropterófilas de la Barranca de Metztitlán con otras reservas de la Biosfera de México

El número de especies vegetales quiropterófilas encontradas en la Barranca de Metztitlán fue

mayor al número de especies reportadas para Chamela-Cuixmala, e inferior para las especies reportadas en Tehuacán-Cuicatlán (Cuadro 7).

Cuadro 7. Riqueza de especies vegetales quiropterófilas en tres reservas de la biosfera de México (Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Stoner *et al.*, 2003; datos de este trabajo)

<i>Reserva de la Biosfera</i>	<i>Extensión (ha)</i>	<i>Familias</i>	<i>Géneros</i>	<i>Especies</i>
Tehuacan-Cuicatlán	490,187	5	14	33
Chamela-Cuixmala	13,142	12	19	24
Barranca de Metztitlán	96, 043	10	16	28

En la Barranca de Metztitlán, los agaves estuvieron más representados que en las otras reservas, mientras que en Tehuacán-Cuicatlán las cactáceas columnares fueron el componente principal de la vegetación quiropterófila. En Chamela-Cuixmala el patrón fue diferente; en esta región se observó la mayor riqueza de árboles tropicales en comparación con el Valle de Tehuacán y la Barranca de Metztitlán (Figura 8).

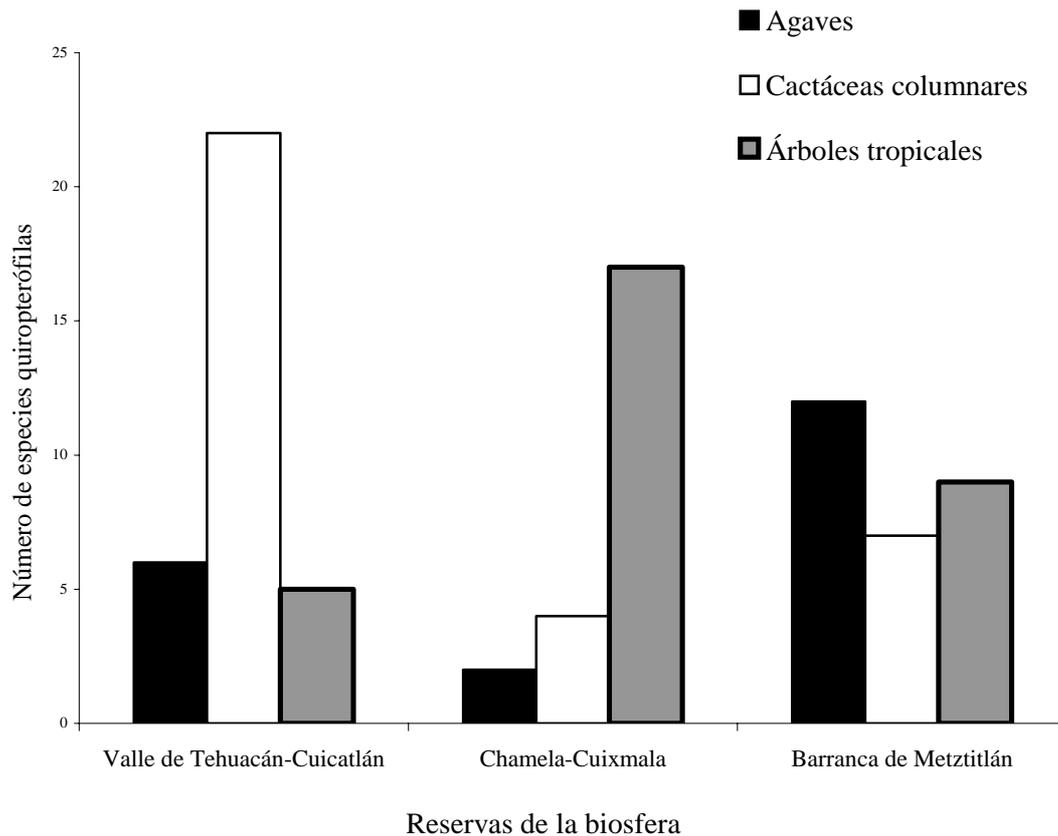


Figura 8. Comparación del tipo de plantas que proporcionan recursos quiropterófilos ofrecida en tres reservas de la biosfera de México.

El análisis de conglomerados mostró la formación de dos grupos con una distancia de 0.829774 (coeficiente de disimilitud) (Figura 9). El primer grupo está compuesto por la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán, indicando que éstas son las zonas con menor diferencia entre ellas. En un grupo aparte está Chamela-Cuixmala indicando que esta zona tiene la menor similitud con las otras dos zonas áridas en cuanto a la composición de especies vegetales quiropterófilas. Aún así, el grado de disimilitud es alto e indica que las tres reservas mantienen diferencias importantes entre ellas (la lista de todas las especies incluidas en este análisis se encuentra en el Apéndice 1).

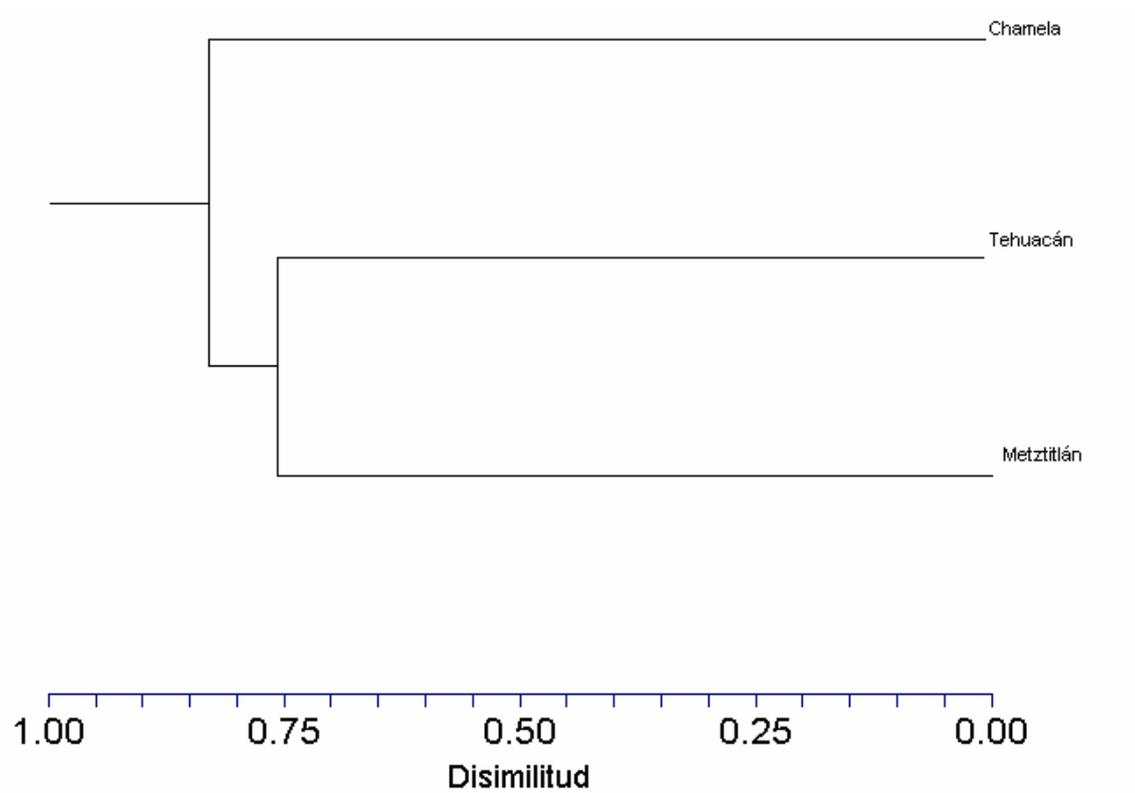


Figura 9. Dendrograma que indica la similitud de la flora quiropterófilas en tres reservas de la biosfera de México.

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Presencia estacional de los murciélagos herbívoros en la Barranca de Metztitlán

En la RBBM la presencia de los murciélagos herbívoros ocurre durante todo el año, sin embargo su abundancia y riqueza es altamente estacional con la mayor abundancia relativa de los murciélagos herbívoros durante las estaciones de primavera, verano e invierno.

Las diez especies de murciélagos herbívoros que habitan la Barranca de Metztitlán constituyen el 40% de las especies reportadas para la región (Juárez-Castillo, 2006). Esta riqueza de especies de murciélagos herbívoros es una condición normal en ambientes tropicales húmedos, pero es sobresaliente en ambientes secos (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996). Este patrón observado difiere de la organización reportada para otros ensamblajes de murciélagos en localidades tropicales (Fleming, 1988; Juárez-Castillo, 2006).

#### 6.1.1 Murciélagos frugívoros

Los murciélagos frugívoros se alimentan de cinco especies de plantas frutales presentes en el bosque tropical caducifolio (*Ficus sp*, *Mangifera indica*, *Manilkara zapota*, *Juglans regia* y *Diospyros digyna*). La presencia de estos murciélagos fue pasajera y coincidió con los periodos de fructificación de las plantas frutales de San Pablo Tetlapayac, donde existen parches de bosque tropical y huertas productivas estacionalmente.

Las especies frugívoras aquí citadas, son polinizadoras y dispersoras importantes de muchas especies de árboles tropicales. Las especies del género *Artibeus* se han descrito como dispersoras de semillas, especialmente de plantas tropicales con frutos grandes (Stoner, 2002). En la Barranca de Metztitlán, el nogal y algunas especies de zapotes son dispersadas de esta forma, por lo que su actividad es importante para la conservación de la vegetación en las cañadas. Las especies del género *Artibeus*, y

*Sturnira lilium* no son comunes o esperadas en zonas áridas (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996). Estas especies son consideradas componentes típicos de ambientes tropicales húmedos (Fleming *et al.*, 1972), por lo que la su presencia estacional puede obedecer a la comunicación que presenta la Barranca de Metztitlán con áreas colindantes de mayor humedad, situadas en el estado de Veracruz y a la presencia de recursos alimenticios estacionales, en las cañadas más húmedas.

*Dermanura azteca* sólo estuvo presente en enero, anteriormente ya había sido capturada en la vega y algunas cañadas de la RBBM (Castro y Romo, 1997) y fue considerada una especie común. En este trabajo, la especie presentó una abundancia relativa muy baja y al parecer se debe a que este murciélago está asociado a ambientes más húmedos como los bosques templados, que no fueron muestreados en este trabajo.

### **6.1.2. Murciélagos nectarívoros**

La mayor abundancia de los murciélagos nectarívoros se registró en el matorral crasicaule, aunque en el bosque tropical caducifolio su presencia también fue importante. Estos murciélagos disponen de abundante alimento durante la primavera y el verano. Además de la floración de las cactáceas columnares, los murciélagos nectarívoros se alimentan de otras especies de árboles tropicales, tales como *Ceiba pentandra*, *Ipomea arborecens* y *Pseudobombax ellipticum*, de las cuales son polinizadoras legítimas (Álvarez y González-Quintero, 1970). Durante el resto del año se alimentan de agaves, que son especies que producen floraciones constantes durante todo el año.

*Leptonycteris curasoae* ha sido catalogado tradicionalmente como migratorio. Se ha propuesto que esta especie migra cada año en búsqueda de alimento durante la primavera de México al suroeste de Estados Unidos y que regresa al trópico mexicano durante el otoño (Cockrum, 1991; Fleming *et al.* 1993). Sin embargo, en este trabajo *L.*

*curasoe* fue capturado durante todo el año en la RBBM, aunque se mayor abundancia se registró durante la primavera.. Si bien durante este trabajo *Leptonycteris nivalis* no fue capturado, la presencia de esta especie debe considerarse con atención. *Leptonycteris nivalis* es considerada una especie rara localmente (Arita, 1991) y al igual de *L. curasoe*, su biología se ha interpretado bajo el fenómeno de la migración (Cockrum, 1991; Fleming *et al.*, 1993). La presencia de esta especie en diferentes ambientes y refugios de la RBBM ya ha sido reportada (Carter y Jones, 1978; Castro y Romo, 1997; Cornejo-Latorre *et al.*, 2006). Estos murciélagos cambian frecuentemente sus áreas de forrajeo, de manera que los movimientos conmutativos (movimientos de forrajeo estacionales a largas distancias; Dingle, 1996) o de vagabundeo (movimientos regionales asincrónicos; Dingle, 1996) pueden ser comunes en la Barranca (Rojas-Martínez, com. pers.). Estos organismos vuelan grandes distancias cada noche, utilizando sistemas regionales de cuevas y alternando los refugios diurnos sin guardar fidelidad estricta a ninguno de ellos (Rojas-Martínez, com. pers), esto puede explicar en parte, el porque son encontrados muy esporádicamente en diferentes ambientes dentro de la RBBM.

La variación en el número de registros documentada durante este estudio entre las especies de murciélagos herbívoros, refleja patrones de abundancia relativa y variación temporal muy interesantes. La abundancia relativa anual deducida de los registros de las especies de murciélagos se ajusta al patrón estructural establecido en las comunidades de murciélagos tropicales, donde pocas especies son abundantes y el resto son escasas (Heithaus *et al.*, 1975; Medellín, 1993; Chávez y Ceballos, 2001).

En este sentido la mayor riqueza de murciélagos herbívoros ocurrió en el bosque tropical caducifolio con relación a el matorral crasicaule. Esto puede obedecer a que en general el bosque tropical caducifolio es un hábitat estructuralmente más complejo que

el matorral crasicaule y a que la disponibilidad de los recursos vegetales quiropterófilos varia notablemente en ambos ambientes (obs. pers.). En el bosque tropical caducifolio las especies quiropterófilas proporcionan continuamente recursos alimenticios durante el año, mientras que en el matorral crasicaule la presencia de recursos alimenticios es más estacional y denota diferencias a través del año (Borchert *et al.*, 2004). Esto coincide con lo observado por Rojas-Martínez (2001) en Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

La variación temporal de los murciélagos herbívoros puede obedecer a una consecuencia de la estacionalidad climática (por lo menos parcialmente) y a la disponibilidad de los recursos alimenticios. Las respuestas mayormente documentadas en la literatura incluyen las migraciones, el uso estacional del ambiente y el cambio de dieta (Bonaccorso, 1979; Dinnerstein, 1986; Ceballos *et al.*, 1997). En este caso, la variación observada en las abundancias relativas de los murciélagos herbívoros de la RBBM, coincide con la variación en la disponibilidad de los recursos alimenticios. Los murciélagos son más abundantes durante la primavera, el verano y el invierno, lo cual coincide con el mayor número de especies que proporcionan los recursos alimenticios; mientras que durante el otoño los murciélagos herbívoros registraron la abundancia relativa más baja.

Durante el otoño, las plantas quiropterófilas fueron más escasas, y los murciélagos nectarívoros y frugívoros fueron menos abundantes. Lo anterior indica que los murciélagos cambian de hábitat; del bosque tropical caducifolio y el matorral crasicaule de la reserva a lugares con mayor abundancia de recursos alimenticios para sus propósitos de alimentación y reproducción (Fleming 1988).

Aunque existe información sobre movimientos latitudinales estacionales de murciélagos (Fleming *et al.*, 1993; Wilkinson y Fleming 1996; Ceballos *et al.*, 1997), pocos se han realizado para estudiar movimientos a corta distancia. Algunos estudios en

la selva subtropical en la reserva de la Biosfera de Manantlán, Jalisco-Colima (Iñiguez-Dávalos 1993), en la selva tropical seca en la reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco (Stoner 2002) y en los matorrales crasicaules y selvas bajas caducifolias en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca (Rojas-Martínez, 2001), documentan una variación estacional en la abundancia de murciélagos frugívoros y nectarívoros, con picos de abundancia relativa que coincide con la mayor disponibilidad de recursos en cada zona.

En este trabajo no existen datos que apoyen la idea de que los murciélagos herbívoros de la RBBM se desplazan altitudinalmente a regiones adyacentes a la reserva en busca de áreas con mayor disponibilidad de alimento, pero esta parece ser la explicación más adecuada. Considerando que en el otoño, los recursos quiropterófilos que se concentran en el bosque tropical caducifolio no tiene la capacidad de carga para suministrar recursos suficientes a los murciélagos herbívoros. Para esclarecer lo anterior, se deben de realizar estudios futuros para determinar si estos murciélagos herbívoros cambian sus áreas de forrajeo a regiones adyacentes a la RBBM, o si simplemente se están desplazando hacia otro hábitat dentro de la misma Barranca.

## **6.2. RECURSOS VEGETALES QUIROPTERÓFILOS DE LA BARRANCA DE METZTITLÁN**

Las 28 especies quiropterófilas proporcionan alimento a los murciélagos herbívoros todo el año, y su disponibilidad es estacional y complementaria agrupada marcadamente la primavera, verano e invierno.

La mayoría de las especies quiropterófilas registradas para la RBBM fueron agaves (43%). Esto representa el 40% del total de las especies del subgénero *Agave* registradas para el estado de Hidalgo (12 especies; Villavicencio *et al.*, 1998), situación que ubica a la RBBM como el segundo lugar con más alta diversidad de agaves, después del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Sánchez-Mejorada, 1978; Rocha *et al.*, 2005). Las doce especies de agaves analizadas muestran una complementariedad fenológica, que resulta por el desfase de sus floraciones y permite que ofrezcan

recursos a los polinizadores durante todo el año (Rocha *et al.*, 2005). Los polinizadores más importantes de los agaves de la región son los murciélagos *Leptonycteris curasoae*, *Choeronycteris mexicana* y *Glossophaga soricina* (Rocha *et al.*, 2005).

Las floraciones de los agaves son un alimento básico para la dieta de los murciélagos nectarívoros, porque aportan néctar y polen en cantidades considerables y constantes (Álvarez y González-Quintero, 1970), y principalmente en la época de reproducción.

Las seis especies de cactáceas columnares silvestres (*Isolatocereus dumortieri*, *Cephalocereus senilis*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Neobuxbaumia polylopha*, *Pachycereus weberi* y *Stenocereus marginatus*) y la cactácea trepadora cultivada *Hylocereus undatus* de la RBBM, son componentes fundamentales en la dieta de los murciélagos herbívoros (Noguera-Cobos, en prensa), y en localidades intertropicales como la RBBM, su polinización puede depender específicamente de los murciélagos (Valiente-Banuet *et al.*, 1996). En la RBBM, estas especies podrían ser polinizadas principalmente por los murciélagos nectarívoros *L. curasoae*, *L. nivalis*, *C. mexicana* y *G. soricina* (Rojas-Martínez, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Nassar *et al.*, 2003; Stoner *et al.*, 2003) y sus frutos consumidos por los murciélagos *L. curasoae*, *C. mexicana*, *G. soricina*, *S. ludovici*, *S. liliium* y ocasionalmente por algunas especies del género *Artibeus* (*i. e.* *A. lituratus*; Rojas-Martínez, 2001; Arizmendi *et al.* 2002).

Los cactus columnares proporcionan néctar, polen y fruta de consistencia suave. En la RBBM, los murciélagos glosófaginos son consumidores activos de los frutos de las cactáceas columnares (Noguera-Cobos, en prensa). Por lo que en muchas de estas especies la producción de frutos y dispersión de sus semillas podría depender única y exclusivamente de la presencia de estos murciélagos (Valiente-Banuet *et al.*, 1996).

Los periodos de floración y fructificación de las cactáceas columnares se agrupan en los meses de primavera y verano, mientras que el periodo de floración y fructificación de *H. undatus* ocurre en los meses de verano y otoño.

Las especies de árboles tropicales proporcionan polen, néctar y/o fruta para los murciélagos herbívoros. Las especies *Ceiba pentandra*, *Pseudobombax ellipticum* e *Ipomea arborecens* presentan floraciones desde los meses de enero hasta mayo en Metztitlán. Estas plantas presentan anthesis nocturna y son polinizadas durante la noche por murciélagos que son considerados polinizadores legítimos de estas especies (Turner *et al.*, 1995). Entre las especies de murciélagos citadas como polinizadoras se encuentran *L. curasoae*, *L. nivalis*, *C. mexicana* y *G. soricina* (Álvarez y González-Quintero, 1970; Heithaus *et al.*, 1975). Los árboles tropicales de las especies *Tecoma stans*, *Ficus spp*, *Mangifera indica*, *Manilkara zapota*, *Juglans regia* y *Diospyros digyna* producen frutos quiropterocóricos durante las estaciones de verano e invierno y son consumidos por murciélagos frugívoros del género *Artibeus* que habitan en la RBBM.

Estos árboles son muy importantes porque además de su contribuir a la conformación de la compleja estructura del hábitat, ayudan a mantener la riqueza de las especies de murciélagos, principalmente las frugívoras. Algunas especies de árboles son importantes porque son fuente de alimentos para los pobladores locales y algunas de ellas son cultivadas (*i.e Ficus sp, Mangifera indica, Manilkara zapota, Juglans regia* y *Diospyros digyna*).

### **6.3. Relación entre la abundancia de *Leptonycteris curasoae* y la producción de recursos quiropterófilos de *Isolatocereus dumortieri***

El análisis de regresión lineal simple considerando todos los valores de las capturas y la productividad de en el matorral crasicaule de *Isolatocereus dumortieri* no

resultó significativa. Sin embargo, el análisis de regresión resultó positiva y relacionada con los datos de productividad floral y la abundancia de frutos, cuando se depuraron los datos.

En la RBBM, la abundancia estacional de *L. curasoae* puede estar influida por la cantidad de recursos florales quiropterófilos ofrecidos por la cactácea *Isolatocereus dumortieri* durante su periodo de floración. Esto coincide con lo planteado por Fleming (1992), sobre la alta dependencia que tiene *L. curasoae* con respecto a sus recursos alimenticios.

Horner *et al.* (1998) han estimado los requerimientos energéticos de *L. curasoae* en función de la cantidad de recursos que produce la vegetación quiropterófila. Se ha estimado que *L. curasoae* vuela cinco horas cada noche con un costo energético de 17.7 kJ, y que estos animales invierten aproximadamente tres horas por noche para alimentarse con un periodo de descanso de 18 horas durante el día en sus refugios (Horner *et al.*, 1998). El gasto energético diario de una hembra no reproductiva es de 40.2 kJ, que adquieren al visitar de 80-100 flores. Horner *et al.* (1998) encontraron una densidad floral de 30 a 107 flores/ha y de 4655 a 15900 flores por área de forrajeo cada noche. Basado en la baja densidad de murciélagos en su área de estudio y a que los murciélagos necesitan pocas flores (de 80 a 100 por noche) para mantener sus requerimientos energéticos, concluyeron que *L. curasoae* tenía un suministro ilimitado de energía (además de proteínas y polen) durante la primavera en el desierto Sonorense. Una situación similar puede estar ocurriendo en la RBBM, considerando que la densidad de *Isolatocereus dumortieri* es de 250 individuos reproductivos/ha, con una producción estimada de 0.598 l de néctar /día/ ha y 5.486 kg de fruta / día / ha. Lo anterior debe ser interpretado como evidencia de que la vegetación del matorral

crasicaule de *I. dumortieri* tiene una alta capacidad de carga para sostener a los murciélagos nectarívoros que la habitan estacionalmente.

La regresión lineal simple resultó significativa, aun cuando *I. dumortieri* produjo estacionalmente recursos florales que posiblemente superaron a la demanda y los murciélagos nectarívoros ante la abundancia de recursos se dispersaron ampliamente en toda el área de floración, de manera impredecible. El comportamiento observado debe ser similar ante la floración abundante de otras especies de cactáceas columnares (i. e. *Neobuxbaumia tetetzo*), en las que *L. curasoae* se alimenta de recursos con floración explosiva, por lo que realiza movimientos hacia sitios donde la concentración del alimento por unidad de área sea alto (Rojas-Martínez, 2001). Lo anterior prueba la estrecha relación y la dependencia de este murciélago con relación a los recursos alimenticios, que son capaces de regular su abundancia relativa a nivel local y probablemente influyen en otros aspectos de su dinámica poblacional, tales como su reproducción, fisiología, y patrones de forrajeo (Heithaus, 1982).

#### **6.4. Comparición de los recursos quiropterófilos de la Barranca de Metztitlán con otras regiones de México**

La similitud entre la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán puede obedecer a razones históricas, y a que ambas regiones son zonas áridas intertropicales formadas por la sombra orográfica, en las que existe una vegetación diversificada adaptada a las condiciones de sequía, principalmente en el caso de las especies de las familias Agavaceae y Cactaceae, mismas que favorecen la presencia de los murciélagos nectarívoros. La región de Chamela-Cuixmala se aparta de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán debido a que es una zona costera situada en el Pacífico, donde la mayor riqueza de los recursos quiropterófilos esta conformada por árboles tropicales (Stoner *et al.*, 2003). La distribución de los árboles tropicales agrupados en las selvas

bajas caducifolias coincide con la de los murciélagos nectarívoros en las regiones del Pacífico Norte, como también en la parte Sur-Central (Rzedowski, 1978; Stoner *et al.*, 2001; Rojas-Martínez *et al.*, 2004).

En el Valle de Tehuacán los recursos quiropterófilos están disponibles todo el año, aunque su mayor abundancia ocurre durante la primavera, cuando 13 especies de flores quiropterófilas y 11 frutos zoocóricos están presentes en esta región (Rojas-Martínez, 1996). El Valle de Tehuacán-Cuicatlán es muy importante debido a la presencia de una alta diversidad de cactáceas columnares. En el Valle se encuentran 19 de las 70 especies cactus columnares, y al menos el 70% de ellos presenta el síndrome de quiropterofilia y todas presenta el síndrome de quiropterocoria (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999). En esta región se ha estimado la mayor productividad de recursos quiropterófilos en los bosques de cactáceas columnares (Rojas-Martínez, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Algunas especies tales como *Neobuxbaumia tetetzo* con densidades de 1200 individuos/ha puede producir hasta 13,079 flores cada día y unos 12,910 frutos/ha diarios durante los meses de mayo y junio (Rojas-Martínez, 1996). La distribución de las cactáceas columnares (Tribu Pachycereeae y Cereae) se sobrepone completamente con la distribución de los murciélagos nectarívoros en la región Sur Central (Rojas-Martínez *et al.*, 1999, 2004).

En la Barranca de Metztitlán, al igual que en el Valle de Tehuacán y Chamela los recursos vegetales quiropterófilos están presentes todo el año. La mayor abundancia de los recursos florales quiropterófilos en la Barranca ocurre durante la primavera, verano y el invierno. La RBBM presenta una alta diversidad de plantas del subgénero *Agave* y varias de las especies de cactáceas columnares tienen una alta productividad estacional de recursos florales, tal es el caso de *Isolatocereus dumortieri*, con densidades de 250 individuos/ha puede producir hasta 1259 flores cada día y unos 2110 frutos/ha diarios.

La información anterior resulta relevante al contrastarla con la hipótesis de la migración obligada de los murciélagos nectarívoros *Leptonycteris curasoae* y *L. nivalis* del centro de México al suroeste de Estados Unidos, ocasionada por el agotamiento estacional de los recursos alimenticios (primavera-verano; Cockrum, 1991; Fleming *et al.*, 1993). En las tres regiones analizadas demostramos que no existe agotamiento de recursos alimenticios y que existe una presencia diferencial en la distribución de la calidad de recursos quiropterófilos en estas regiones. En la RBBM y el Valle de Tehuacán se observó una marcada dominancia de agaves y cactáceas columnares respectivamente, mientras que en Chamela el patrón es diferente, con mayoría de árboles tropicales. Los patrones de floración observados en estas regiones muestran que la presencia de los recursos quiropterófilos es continua durante todo el año y que los máximos de la abundancia de los recursos es diferente y podrían ser complementarios entre sí a una escala regional.

### **6.5. Conservación de los murciélagos herbívoros de la Barranca de Metztitlán**

La crisis de la polinización tiene entre sus principales causas la desaparición o disminución numérica de la densidad poblacional de los vectores de polen en varios grupos de angiospermas (Kearns *et al.*, 1998). En el caso de los sistemas de polinizadores de cactáceas columnares y agaves-polinizadores en el centro de México, los principales riesgos que afectan la densidad de los polinizadores son: la destrucción y la fragmentación de áreas extensas de vegetación con fines agrícolas y la perturbación de refugios de murciélagos herbívoros (Valiente-Banuet, 2002).

En la RBBM varias de las especies de murciélagos herbívoros que la habitan han sido recientemente incluidas dentro de las especies consideradas como amenazadas en los Estados Unidos de América y en México (*i.e* *Leptonycteris curasoae*, *L. nivalis* y *Choeronycteris mexicana*; USFWS, 1986; SEMARNAT, 2002).

En la Barranca de Metztitlán tres especies de plantas endémicas y amenazadas son polinizadas y/o dispersadas por los murciélagos herbívoros que habitan en la Barranca (i.e. *Agave peacockii*, *Cephalocereus senilis* y *Pseudobombax ellipticum* ). Por lo tanto, es importante promover medidas de conservación integrales basadas en un enfoque a nivel del ecosistema que permita la conservación de grandes grupos de especies mutualistas (i. e. agaves, cactáceas columnares y murciélagos herbívoros) más que la conservación de ciertas especies en particular. Las cactáceas columnares y los agaves son una fuente de alimento muy importante para los murciélagos herbívoros y otros animales (Rojas- Martínez y Valiente-Banuet, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999), por lo que la disminución de la densidad poblacional de estas plantas tiene una repercusión muy importante en estos sistemas mutualistas (Valiente-Banuet, 2002).

La destrucción de los refugios utilizados por los murciélagos herbívoros por parte de pobladores locales se debe a que los murciélagos herbívoros son confundidos con el murciélago vampiro *Desmodus rotundus*, una especie hematófaga que afecta frecuentemente al ganado. Por lo que la asesoría a pobladores locales sobre la diversidad y la importancia ecológica de los murciélagos es fundamental para disminuir el riesgo de que los refugios sean perturbados o destruidos y con ello las poblaciones de estos animales clave para los ecosistemas sean afectadas en la Barranca de Metztitlán (Valiente-Banuet, 2002).

## 7. CONCLUSIONES

- La Barranca de Metztitlán es habitada regularmente por diez especies de murciélagos herbívoros, cuatro de las cuales son nectarívoras asociadas a el matorral crasicaule y el bosque tropical caducifolio y seis especies frugívoras asociadas únicamente al bosque tropical caducifolio.
- La presencia de los murciélagos herbívoros ocurrió durante todo el año, sin embargo su abundancia y riqueza fue altamente estacional, y la mayor abundancia de los murciélagos herbívoros ocurrió durante las estaciones de primavera, verano e invierno
- Se identificaron 28 especies vegetales quiropterófilas que proporcionan alimento a los murciélagos herbívoros durante todo el año. La disponibilidad de los recursos alimenticios es temporal y complementaria y se agrupan marcadamente en los meses de verano y primavera.
- La producción de recursos quiropterófilos en la Barranca fue intensa, la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri* presentó una producción de 0.598 l de néctar /día/ ha y 5.486 kg de fruta /día /ha.
- La abundancia del murciélago nectarívoro *Leptonycteris curasoae* resultó relacionada con la productividad floral y la abundancia de frutos, por lo que su abundancia local puede estar fuertemente influida por los recursos quiropterófilos, esto, aún cuando la oferta de los recursos florales supera a la demanda y a que los murciélagos nectarívoros se dispersan en toda el área de floración quiropterófila, de manera impredecible.
- La Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán fueron las regiones que presentaron mayor similitud en cuanto la presencia de especies quiropterófilas, debido a que ambos sitios están relacionados

históricamente y son zonas áridas intertropicales formadas por la sombra orográfica, en las que existe una vegetación diversificada adaptada a las condiciones de sequía estacional, principalmente de las familias Agavaceae y Cactaceae, que favorecen la presencia de murciélagos nectarívoros.

- Los patrones de floración quiropterófila observados en la Barranca de Metztitlán, el Valle de Tehuacán y Chamela-Cuixmala muestran que la presencia de los recursos quiropterófilos es continua durante todo el año y que los máximos de la abundancia de recursos quiropterófilos es diferente entre regiones y podrían ser complementarios entre si a una escala regional.
- Es importante proponer y promover medidas de conservación integrales basadas en un enfoque a nivel del ecosistema que permita la conservación de grandes grupos de especies mutualistas (i. e. agaves, cactáceas columnares y murciélagos herbívoros); cuya interacción es fundamental para conservar la integridad de la naturaleza.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ÁLVAREZ, T Y L. GONZÁLEZ-QUINTERO.1970. Análisis polínico del contenido gástrico de murciélagos Glossophaginae de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 18:137-165.
- ARIAS, S Y S. MONTES. 2002. La reserva de la Biosfera. Pp. 109-133. En: Barranca de Metztitlán: Reserva de la Biosfera. (A. Ahumada, eds.). México. Coedición: Peñoles, *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*.
- ARITA, H. T Y C. MARTÍNEZ DEL RÍO. 1990. Interacciones flor-murciélago: un enfoque zoocéntrico. *Publicaciones especiales*. Instituto de Biología. UNAM. 4: 4-35.
- ARITA, H. T Y K. SANTOS-DEL-PRADO. 1999. Conservation biology of nectar-feeding bats in México. *Journal of Mammalogy* 80: 31-41.
- ARITA, H. T. 1991. Spatial segregation in long-nosed bats, *Leptonycteris nivalis* and *Leptonycteris curasoae*, in Mexico. *Journal of Mammalogy* 72: 706-714.
- ARITA, H. T. 1993. Rarity in neotropical bats: correlation with phylogeny, diet, and body mass. *Ecological Applications* 3: 506-517.
- ARIZMENDI, C., VALIENTE-BANUET, A Y A. ROJAS-MARTÍNEZ. 2002. Columnar cacti and the diets of nectar feeding bats. Pp. 264-282 En: T. H. Fleming y A. Valiente-Banuet (eds.). *Columnar Cacti and Their Mutualists: Evolution, Ecology, and Conservation*. The University of Arizona Press, Arizona, EU.
- AXELROD, D. I. 1983. Paleobotanical history of the westers deserts. Pp. 113-129. En: S. G. Wells y D. R (eds.). *Origin and evolution of deserts*. The University of New Mexico Press, Albuquerque, NM.
- BAKER, H. G., BAKER, I Y S. A. HODGES. 1998. Sugar composition of nectar and fruits consumed by bird and bats in the tropics and subtropics. *Biotropica* 30: 559-586.
- BONACCORSO, F. J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. Bulletin of the Florida State. *Museum, Biological Sciences* 24: 359-408.
- BORCHERT, R., MEYER, S. A., FELGER, R. S Y L. PORTER-BOLLAND. 2004. Environmental control of flowering periodicity in Costa Rican and Mexican tropical dry forests. *Global Ecology and Biogeography* 13, 409-425.

- BRIONES, O.** 1994. Origen de los desiertos mexicanos. *Ciencia* 45: 263-279
- CARTER, D. C Y J. K. JONES.** 1978. Bats from the Mexican State of Hidalgo. *Occasional Papers, The Museum Tech University* 54: 1-12.
- CASTRO, C Y P. ROMO.** 1997. *Los mamíferos de la porción norte de la Vega de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo, usos y perspectivas.* Tesis Licenciatura. ENEP-Iztacala. UNAM. México. D.F.
- CEBALLOS, G Y A. MIRANDA.** 1986. Los mamíferos de Chamela. Jalisco. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- CEBALLOS, G., FLEMING, T. H., CHAVEZ, C Y J. NASSAR.** 1997. Population dynamics of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Jalisco, Mexico. *Journal of Mammalogy* 78:1220-1230.
- CHALLENGER, A.** 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. CONABIO, *Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México.
- CHÁVEZ, C Y G. CEBALLOS.** 2001. Diversidad y abundancia de murciélagos en selvas secas de estacionalidad contrastante en el Oeste de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5: 27-44.
- COCKRUM, E. L.** 1991. Seasonal distribution of northwestern populations of the Long Nosed Bats Family Phyllostomidae. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología* 62: 181-202.
- COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.** 2003. Programa de manejo de la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México, D. F.
- CORNEJO-LATORRE, C., ROJAS-MARTÍNEZ, A Y C. CRUZ-SÁNCHEZ.** 2006. Presencia estacional reproductiva de *Leptonycteris nivalis*, en el parque ecológico "Cubitos". Pachuca, Hidalgo. Memorias del VIII Congreso Nacional de Mastozoología. Zacatecas, Zacatecas.
- DÁVILA, P., MA. DEL C. ARIZMENDI., VALIENTE-BANUET, A., VILLASEÑOR, J. L., CASAS, A Y R. LIRA.** 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 421-442.
- DÁVILA, P., VILLASEÑOR, J. L., MEDINA. R., RAMÍREZ, R., SALINAS, A., SÁNCHEZ-KEN, J Y P. TENORIO.** 1993. Listado florístico del Valle de

- Tehuacan-Cuicatlán. En: Listados florísticos, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 195 p.
- DINGLE, R.** 1996. *Migration: the biology of life on the move*. Oxford University Press, Inc. New York. 469 pp.
- DINNERSTEIN, E.** 1986. Reproductive ecology of fruit bats and the seasonality of fruit production in a Costa Rican forest. *Biotropica* 18: 307-318.
- East 14th Street, Tulsa, OK, 74104-4442, (918) 749-1119, fax: (918) 749-2217, e-mail:
- ESTRADA, A Y R. COATES-ESTRADA.** 2001. Species composition and reproductive phenology of bat in a tropical landscape at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 17: 627-646.
- FAEGRI, K Y PIJIL, VAN DER.** 1979. The principles of pollination ecology. Pergamon Press, Oxford and New York.
- FLEMING, T. H Y V. J. SOSA.** 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy* 75: 845-851.
- FLEMING, T. H Y J. NASSAR.** 2002. **Population biology of the lesser long-nosed bat *Leptonycteris curasoae* in México and Northern South America. Pp. 283-305. En: T. H. Fleming y A. Valiente-Banuet. (eds.). *Columnar Cacti and Their Mutualists: Evolution, Ecology, and Conservation*. The University of Arizona Press, Arizona, EU.**
- FLEMING, T. H.** 1982. Foraging strategies of plant-visiting bats. Pp. 287-325. En: T. H. Kunz, (eds). *Ecology of Bats*. New York. Plenum Press.
- FLEMING, T. H.** 1992. How do fruit- and nectar-feeding birds and mammals track their food resources?. Pp. 355-391. En: M. D. Hunter, T. Ohguchi y P. N. Price. (eds.). *Effects of resources distribution on animal-plant interactions*. Academic Press.
- FLEMING, T. H.,** 1988. The Short-tailed Fruit Bat. University of Chicago Press, Chicago, IL.
- FLEMING, T. H., HOOPER, E. T Y D. E. WILSON.** 1972. Three Central American bat communities structure, reproduction cycles, and movement patterns. *Ecology* 53: 555-569.

- FLEMING, T. H., NUÑEZ, R. A Y L. S. L STERNBERG. 1993. Seasonal changes in the diets of migrant and non-migrant nectarivorous bats as revealed by carbon stable isotope analysis. *Oecologia* 94:72-75.
- FLEMING, T. H. 1979. Do tropical frugivores compete for food?. *American Zoologists* 19: 1157-1172.
- GALINDO-GONZÁLEZ, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*. (n. s.) 73: 57-74.
- GARCIA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kôppen. Instituto de Geografía. UNAM, MÉXICO.
- GENTRY, H. S. 1982. **Agaves of Continental North America. University of Arizona Press, Arizona, USA.**
- GODÍNEZ-ALVAREZ, H Y A. VALIENTE-BANUET. 2000. Fruit-feeding behavior of the bats *Leptonycteris curasoae* and *Choeronycteris mexicana* in flight cage experiments: consequences for dispersal of columnar cactus seeds. *Biotropica* 3: 552-556.
- HALL, E. R. 1981. The Mammals of North America. Segunda edición. John Wiley & Sons, New York, USA.
- HEITHAUS, E. R., FLEMING, T. H Y P. A. OPLER. 1975. Foraging patterns and resource utilization in seven species of bats in a seasonal tropical forest. *Ecology* 56: 841-854.
- HEITHAUS, R. E. 1982. Coevolution between bats and plants. Pp. 327-367 En: (T. H. Kunz (eds.). *Ecology of Bats*. New York. Plenum Press.
- HORNER, M. A., FLEMING, T. H Y C. T SAHLEY. 1998. **Foraging behaviour and energetics of a nectar-feeding bat, *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae).** *Journal of Zoology* 244: 575-586
- INEGI, 1996. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo, Aguascalientes, México.
- IÑIGUEZ-DAVALOS, L. I. 1993. Patrones ecológicos en la comunidad de murciélagos de la Sierra de Manantlán. Pp. 355-370. En: A Medellín y G. Ceballos. (eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Publicaciones especiales, *Asociación Mexicana de Mastozoología*, A. C. México, D.F.

- JUÁREZ-CASTILLO, G.** 2006. *Comparación del ensamblaje de murciélagos de la RBBM, Hgo, México, con otras regiones áridas de Norte América.* Tesis de Licenciatura. UAEH. Hidalgo, México.
- KEARNS, C. A., INOUE, D. W. Y N. M. WASER.** 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83-112.
- KOOPMAN, K. F.** 1981. **The distributional patterns of new world nectar-feeding bats.** *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68:352-369.
- MEDELLIN, R., ARITA., H. T Y H. O. SANCHEZ.** 1997. **Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo.** *Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicación especial 2. México.*
- MEDELLÍN, R.** 1993. Estructura y Diversidad de una Comunidad de Murciélagos en el Trópico Húmedo Mexicano. Pp. 333-350. *En: R. A. Medellín y G. Ceballos. (eds.). Avances en el Estudio de Mamíferos de México.* Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México.
- NASSAR, J. M., RAMÍREZ, N Y O. LINARES.** 1997. Comparative pollination biology of Venezuelan columnar cacti and the role of nectar feeding bats in their sexual reproduction. *American Journal of Botany* 84: 918-927.
- NOGUERA-COBOS, O.** *Identificación de la fruta consumida por el murciélago nectarívoro Leptonycteris curasoae, en la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo.* (en prensa).
- ORTIZ-CALDERÓN, G.** 1980. *La vegetación xerófila de la Barranca de Metztitlán, Hgo.* Tesis Licenciatura. UNAM. México. D. F.
- PENNINGTON, T. D Y J. SARUKHÁN.** 1998. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. Ediciones científicas universitarias. Segunda edición. 521 p.
- PETIT, S.** 1997. The diet and reproductive schedules of *Leptonycteris curasoae curasoae* and *Glossophaga longirostris elongata* (Chiroptera: Glossophaginae) on Curacao. *Biotropica* 29 (2): 214-223.
- PUIG, H. P.** 1991. Vegetación de la Huasteca (México). Estudio fitogeográfico y ecológico. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México.
- RAMÍREZ-PULIDO, J., CLAIRE, N., PERDOMO, A Y A. CASTRO.** 1986. Guía de los mamíferos de México: referencia hasta 1983. *UAM.* México. 720 pp.

- REID, F. A.** 1997. A field guide to the mammals of Central America & Southeast Mexico. Oxford University Press, New York.
- ROCHA, M., VALERA, A Y L. E. EGUIARTE.** 2005. Reproductive ecology of five sympatric *Agave (Littaea)* (Agavaceae) species in central Mexico. *American Journal of Botany* 92: 1330-1341.
- ROJAS-MARTÍNEZ, A.** 2001. *Determinación de los movimientos altitudinales estacionales de tres especies de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: Glossophaginae) en el Valle de Tehuacán y la cuenca del Balsas, México.* Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F.
- ROJAS-MARTÍNEZ, A. E.** 1996. *Estudio poblacional de tres especies de murciélagos nectarívoros considerados como migratorios y su relación con la presencia estacional de los recursos florales en el Valle de Tehuacán y las Cuenca del Balsas.* Tesis Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F.
- ROJAS-MARTÍNEZ, A. Y A. VALIENTE-BANUET.** 1996. Análisis comparativo de la quiriopterofauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 67: 1-23.
- ROJAS-MARTÍNEZ, A., VALIENTE-BANUET, A., MA. DEL C. ARIZMENDI., ALCÁNTARA-EGUIRREN, A Y H. T. ARITA.** 1999. Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: does a generalized migration pattern really exist?. *Journal of Biogeography* 26: 1065-1077.
- ROJAS-MARTÍNEZ, A., ALCÁNTARA-EGUREN, A., VALIENTE-BANUET, A Y MA. DEL C. ARIZMENDI.** 2004. Estacionalidad de los recursos florales y distribución del murciélago nectarívoro *Leptonycteris curasoae*, en Norteamérica. Pp. 219-234. En: Homenaje a la Trayectoria Mastozoológica de José Ramírez Pulido (A, Castro-Campillo y J. Ortega, eds.). UAM-I. México.
- RZEDOWSKI, J.** 1978. Vegetación de México. Limusa. México.
- SALINAS, R. M.** 2001. *Consumo anual de frutos de cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán por el murciélago Leptonycteris curasoae, deducido por la identificación de semillas depositadas en una cueva.* Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F.
- SÁNCHEZ-MEJORADA, H.** 1978. Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la Barranca de Metztitlán. *Sociedad Mexicana de Cactología*, México. D.F.

- SEMARNAT.** 2002. Norma oficial mexicana. NOM-059-ECOL-1994. Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas, en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial y establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación, Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. Tomo CDLXXXVIII, No. 10.
- SLAUSON, L. A.** 2000. Pollination biology of two chiropterophilous agaves in Arizona. *American Journal of Botany* 87 (6): 825-836.
- STATSOFT, INC.** 1995. Statistica for Windows [Computer program manual]. TULSA, OK: STATSOFT, INC., 2300
- STONER, K. E.** 2001. Differential habitat use and reproductive patterns of frugivorous bats in tropical dry forest of northwestern Costa Rica. *Canadian Journal of Zoology* 79: 1626-1633.
- STONER, K. E.** 2002. Murciélagos nectarívoros y frugívoros del bosque tropical caducifolio de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. Pp. 379-395. En: F. A. Noguera., J. H. Vega-Rivera., A. N. García-Aldrete y M. Quesada-Avenidaño. (eds.). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología. UNAM. México.
- STONER, K. E., SALAZAR, K. A. O., FERNANDEZ, R. C. R Y M. QUESADA.** 2003. Population dynamics, reproduction, and diet of the lesser long nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in Jalisco, Mexico: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 12:357-393.
- TORRES-RUIZ, A Y A. VALIENTE-BANUET.** Pollination biology of the columnar cacti *Stenocereus dumortieri* (Cactaceae) in the Tehuacán Valley, central Mexico. (en prensa).
- TURNER, R. M., BOWERS J. E. Y T. L. BURGESS.** 1995. Sonoran deserts plants. An Ecological Atlas. The University of Arizona Press. AZ. USA.
- UICN (World Conservation Union).** 1999. *IUCN Red list* . Version 3.1. IUCN Species Survival Commssion. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, United Kingdom.
- US FISH AND WILDLIFE SERVICE.** 1986. **Endangered and threatened wildlife and plant. Department of Interior United States. Fish and Wildlife Service Washington, DC, USA.**

- VALIENTE-BANUET, A.** 2002. Vulnerabilidad de los sistemas de polinización de cactáceas columnares de México. *Revista Chilena de Historia Natural*. 75: 99-104.
- VALIENTE-BANUET, A., ARIZMENDI, MA. DEL C Y ROJAS-MARTÍNEZ, A.** 1996. Nectar-feeding bats in the columnar cacti forests of Central Mexico. *Bats* 14: 12-15.
- VALIENTE-BANUET, A., MA. DEL C. ARIZMENDI., ROJAS-MARTÍNEZ, A Y L. DOMÍNGUEZ-CANSECO.** 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar-feeding bats in Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12: 103-119.
- VAN DER PIJIL, L.** 1982. Principles of dispersal in higher plants. Berlin. Springer-Verlag.
- VAUGHAN, T. A., RYAN, J. M Y N. J. CZAPLEWSKI.** 2000. *Mammalogy*. Thomson Learning Inc. E.U.A.
- VILLA-R., B.** 1967. Los murciélagos de México. Su importancia en la economía y la salubridad. Su clasificación sistemática. *Instituto de Biología*, Universidad Nacional Autónoma de México.
- VILLAVICENCIO, M. A., PÉREZ-ESCANDÓN, B. E Y A, RAMÍREZ-AGUIRRE.** 1998. Lista florística de Estado de Hidalgo: recopilación bibliográfica. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Pachuca, Hgo. 147 p.
- WILKINSON, G. S Y T. H. FLEMING.** 1996. Migration and evolution of lesser long-nosed bats *Leptonycteris curasoae*, inferred from mitochondrial DNA. *Molecular Ecology* 5:329-339.
- WILSON, D. E Y D. M. REEDER.** 1993. Mammals Species of the World: a taxonomic and geographic reference. Segunda edición. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.

## APÉNDICE 1

Listado de especies vegetales quiropterófilas en tres Regiones de México (Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Stoner *et al.*, 2003; Datos de este trabajo)

Especies	Barranca de Metztitlán	Tehuacan-Cuicatlán	Chamela-Cuixmala
<b>AGAVACEAE</b>			
AGAVE ANGUSTIFOLIA			
<i>Agave celsi variedad</i>	X	----	X
<i>Agave colimana</i>	----	----	X
<i>Agave difformis</i>	X	----	----
<i>Agave filifera</i>	X	----	----
<i>Agave gransdentata</i>	X	----	----
<i>Agave hidalguensis</i>	X	----	----
<i>Agave karwinskii</i>	----	X	----
<i>Agave kerchovei</i>	X	X	----
<i>Agave lechuguilla</i>	X	----	----
<i>Agave macroacanta</i>	X	X	----
<i>Agave marmorata</i>	----	X	----
<i>Agave peacocki</i>	X	X	----
<i>Agave potatorum</i>	----	X	----
<i>Agave salmiana</i>	X	----	----
<i>Agave striata</i>	X	----	----
<i>Agave xylonacantha</i>	X	----	----
<b>Bignoniaceae</b>			
<i>Crescentia alata</i>	----	----	X
<i>Parmentiera edulis</i>	----	X	----
<i>Tecoma stans</i>	X	----	----
<b>Bombacaceae</b>			
<i>Ceiba aesculifolia</i>	----	X	X
<i>Ceiba grandifolia</i>	----	----	X
<i>Ceiba parviflora</i>	----	X	----
<i>Ceiba pentandra</i>	----	----	X
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	X	X	X
<b>Cactaceae</b>			
<i>Acanthocereus occidentalis</i>	----	----	X
<i>Cephalocereus columna-trajani</i>	----	X	----
<i>Cephalocereus purpusii</i>	----	X	X
<i>Cephalocereus senilis</i>	X	----	----
<i>Escontria chiotilla</i>	X	----	----
<i>Hylocereus undatus</i>	X	X	----
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	X	X	----
<i>Neobuxbaumia macrocephala</i>	----	X	----
<i>Neobuxbaumia mezcalaensis</i>	----	X	----

<i>Neobuxbaumia polylopha</i>	X	----	----
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	----	X	----
<i>Pachycereus fulviceps</i>	----	X	----
<i>Pachycereus hollianus</i>	----	X	----
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	----	X	----
<i>Pachycereus weberi</i>	X	X	----
<i>Pilosocereus chrysacantus</i>	----	X	----
<i>Polaskia chende</i>	----	X	----
<i>Polaskia chichipe</i>	----	X	----
<i>Stenocereus chrysocarpus</i>	----	X	X
<i>Stenocereus dumortieri</i>	X	X	----
<i>Stenocereus frictii</i>	----	X	----
<i>Stenocereus marginatus</i>	X	X	----
<i>Stenocereus pruinosus</i>	----	X	----
<i>Stenocereus standleyi</i>	----	X	X
<i>Stenocereus stellatus</i>	----	X	----
<b>Caesalpinaceae</b>			
<i>Bahuina pauletia</i>	----	----	X
<i>Bahuinia unguolata</i>	----	----	X
<b>Capparidaceae</b>			
<i>Crataeva tapia</i>	----	----	X
<i>Cleome spinosa</i>	----	----	X
<b>Combretaceae</b>			
<i>Combretum fruticosum</i>	----	----	X
<b>Convolvulaceae</b>			
<i>Ipomea ampullacea</i>	----	----	X
<i>Ipomea arborescens</i>	X	X	----
<b>Cucurbitaceae</b>			
<i>Cucurbita argirosperma</i>	----	----	X
<b>Mimosaceae</b>			
<i>Albizzia occidentalis</i>	----	----	X
<i>Calliandra formosa</i>	----	----	X
<i>Inga vera</i>	----	----	X
<b>Moraceae</b>			
<i>Brosimum alicastrum</i>	----	----	X
<b>Stereuliaceae</b>			
<i>Helicteres baruensis</i>	----	----	X

---- = Ausente

X = Presente