



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍAS
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

ESTRUCTURA DE LOS ENSAMBLAJES DE MURCIÉLAGOS
NEOTROPICALES (PHYLLOSTOMIDAE Y MORMOORPIDAE) EN
DOS REGIONES SEMIÁRIDAS DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN
P R E S E N T A

CRISTIAN CORNEJO LATORRE

DIRECTOS DE TESIS:
Dr. ALBERTO E. ROJAS MARTÍNEZ



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA**

MAESTRÍA EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

M. EN A. JULIO CESAR LEINES MEDÉCIGO

DIR. ADMINISTRACIÓN ESCOLAR

P R E S E N T E

Por este conducto le comunico que, después de revisar el trabajo titulado "Estructura de los ensamblajes de murciélagos neotropicales (*Phyllostomidae* y *Mormoopidae*) en dos regiones semiáridas de México" que presenta el alumno de la Maestría en Biodiversidad y Conservación, **Biól. Cristian Cornejo Latorre**, el Comité Revisor de tesis ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Comité Revisor.

PRESIDENTE: Dr. Gerardo Sánchez Rojas

SECRETARIO: Dra. Claudia Elizabeth Moreno Ortega

VOCAL: Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez

PRIMER SUPLENTE: Dra. Claudia Ballesteros Barrera

Sin otro particular, reitero a Usted la seguridad de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"
Mineral de la Reforma, Hgo., a 01 de Noviembre del 2011.

DR. ORLANDO ÁVILA POZOS
DIRECTOR I.C.B.I.

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

Una parte del trabajo de campo se realizó en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, con el apoyo de los directivos de la reserva y el personal de la brigada de vigilancia participativa. El proyecto fue financiado principalmente por la beca que me otorgo el CONACYT (Número de becario 225996) y parcialmente por el proyecto “Diversidad Biológica del Estado de Hidalgo”, FOMIX-HGO-2008-01-95828 (segunda fase).

CAMINANTE, NO HAY CAMINO

Caminante son tus huellas
El camino nada más;
caminante no hay camino
se hace camino al andar.
Al andar se hace camino
y al volver la vista atrás
se ve la senda que nunca
se ha de volver a pisar.
Caminante, no hay camino
sino estelas sobre el mar.
¿Para qué llamar caminos
a los surcos del azar...?
Todo el que camina anda,
como Jesús sobre el mar.

Yo amo a Jesús que nos dijo:
Cielo y tierra pasarán
Cuando cielo y tierra pasen
mi palabra quedará.
¿Cuál fue Jesús tu palabra?
¿Amor?, ¿perdón?, ¿caridad?
Todas tus palabras fueron
una palabra: Velad.
Como no sabéis la hora
En que os han de despertar,
Os despertarán dormidos
si no veláis; despertad.

(Autor: Antonio Machado)

DEDICATORIA

A mi familia, por estar siempre conmigo.

Muy especialmente a mi madre Isabel Latorre Mejía, por todo su cariño e invaluable apoyo. Por ser el pilar más fuerte de nuestra familia, por dar todo incondicionalmente.

A mis hermanas: Itzel, Amalia y Prisseth.

A mis sobrinos: Jesús, Carolina (Boo) y Alex.

A mi tío Luis.

A mis amigos, ellos saben quiénes son.

Y a ti Ale (†)

AGRADECIMIENTOS

¡Por fin puedo escribir esta parte de la tesis! Antes que nada doy gracias a Dios y a la vida, por darme la oportunidad de cumplir esta meta en mi vida académica. Esta tesis fue realizada gracias al apoyo y colaboración de muchas personas e instituciones. En el ámbito académico agradezco al CONACYT por la beca otorgada (número de becario 225996) porque sin este apoyo no hubiera podido cursar los estudios de maestría. Al ECOES por la beca otorgada para la realización de una estancia en el Laboratorio de Ecología y Conservación de Mamíferos Tropicales del CIECO-UNAM, Campus Morelia, con la Dra. Kathryn Stoner.

Agradezco a los miembros de mi comité tutorial conformado por el Dr. Alberto E. Rojas Martínez, quien me proporcionó sus datos de las capturas de los murciélagos del Valle de Tehuacán, y que además de dirigir este trabajo, apporto valiosas sugerencias para mejorar el manuscrito. Al Dr. Gerardo Sánchez Rojas cuyos comentarios y observaciones fueron de lo más atinados y contribuyo en una mejora substancial del trabajo. A la Dra. Claudia Ballesteros Barrera, por su buena disposición para revisar el trabajo y por sus valiosos comentarios. A la Dra. Claudia E. Moreno Ortega, por las valiosas sugerencias y comentarios y por enseñarme que hay profesores que de verdad saben de lo que hablan.

A los doctores Maritza López Herrera y Víctor Bravo Cuevas, por todo su apoyo en cuestiones de trámites relacionados con la maestría.

A la Dra. Kathryn Stoner, por enseñarme que la crítica es una valiosa herramienta para mejorar y cambiar positivamente en los ámbitos académicos y en la vida.

A Olivia Noguera Cobos, por toda su ayuda en el laboratorio, las amenas pláticas y principalmente por su valiosa amistad.

A las personas que me ayudaron en el trabajo de campo: Jonathan Hernández Cruz (quien merece una mención especial, pues fue la persona que más apoyo en esta fase del proyecto), Max Sánchez, Gabriel Juárez Castillo, Josefina Ramos Frías, Luis Ángel

Mendoza, David Gómez Duran, Ernesto Lezama, Shirley Lombera, Alejandro García Becerra, Judith Galván, Wendy Cruz y al Dr. Alberto Rojas. ¡Muchas gracias por su ayuda, su compañía y sobre todo por su tiempo!

A María Eugenia Mendiola y Max Sánchez, por el apoyo que brindaron y que me facilito mucho las cuestiones de logística, sobre todo los traslados a las localidades de trabajo y la elección de los sitios de muestreo, entre otras cosas. De verdad, ¡muchas gracias!

A los compañeros y amigos del Laboratorio de Ecología de Poblaciones: Melany, Gabriel, Jonathan, Chepis, Karolina, Génesis, Maricela, Luis Ángel, David, Violeta y Judith, por su apoyo y valiosa amistad. También a mis amigos del CIB-UAEH: Milena Gelvis, Felipe Barragán, Cristian Aguilar, Karmen García, Jessica Bravo, Esmeralda, Jaime Calderón, Diana Arenas, Alejandro García, Sergio Daniel, Julio Huitzil, Jonathan Job, Alan, Berenice, Rodrigo García, Arturo Palma, Uriel, Carlos, Ilse y a todos los que me faltaron.

A Pilar Saínos y Ernesto Lezama, por todas aquellas tardes de café en su casa y las inolvidables y amenas platicas, pero sobre todo por su amistad.

Infinitas gracias a Melany Aguilar López por su invaluable apoyo en muchos sentidos, pero sobre todo por su gran amistad.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y a cada unos de los profesores y compañeros que tuve en el posgrado, por sus enseñanzas a lo largo de la maestría.

Gracias a los murciélagos, por ser motivo de este estudio.

Y por último a quienes dedico este trabajo, por innumerables razones.

El conde Drácula le dio mala fama. Aunque Batman hizo lo posible por mejorarle la imagen, el murciélago sigue provocando más terror que gratitud. Pero el símbolo del reino de las tinieblas no atraviesa la noche en busca de pescuezos humanos. En realidad, el murciélago nos hace el favor de combatir la malaria cazando mil mosquitos por hora y tiene la gentileza de devorar los insectos que matan las plantas. A pesar de nuestras calumnias, este eficiente pesticida no nos enferma de cáncer ni nos cobra nada por sus servicios (El murciélago, Eduardo Galeano).

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN	1
2. SUMMARY	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. ANTECEDENTES	5
4.1 Concepto de ensamblaje, ensamble y gremio trófico.....	5
4.2 La estructura de las comunidades de murciélagos neotropicales.....	6
4.3 Importancia ecológica de los murciélagos neotropicales.....	8
4.4 Estudios comparativos con ensamblajes de murciélagos.....	9
4.5 Historia biogeográfica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la Barranca de Metztitlán.....	11
4.5.1 Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	12
4.5.2 Barranca de Metztitlán.....	14
5. OBJETIVOS	16
5.1 Objetivo general.....	16
5.2 Objetivos particulares.....	16
6. HIPÓTESIS	17
7. ÁREAS DE ESTUDIO Y SITIOS DE MUESTREO	18
7.1 Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán.....	19
7.1.1 Clima y precipitación.....	19
7.1.2 Quirópteroфаuna de la Barranca de Metztitlán.....	20
7.1.3 Descripción de la vegetación.....	20
7.1.3.1 Matorral crasicauce de la Barranca de Metztitlán.....	20
7.1.3.2 Selvas bajas caducifolias de la Barranca de Metztitlán.....	21
7.2 Reserva de la biosfera Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	22
7.2.1 Clima y precipitación.....	22
7.2.2 Quirópteroфаuna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	23

7.2.3 Descripción de la vegetación.....	23
7.2.3.1 Matorral crasicaule del Valle de Tehuacán-Cuicatlán	23
7.2.3.2 Selvas bajas caducifolias del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	24
8. MATERIAL Y MÉTODO.....	28
8.1 Muestreo de murciélagos.....	28
8.2 Análisis de los datos.....	30
8.2.1 Evaluación del muestreo de murciélagos en cada región.....	30
8.2.2 Patrones de abundancia de las especies de murciélagos entre tipos de vegetación.....	31
8.2.3 Evaluación de los modelos de distribución.....	32
8.2.4 Estimación de biomasa de las especies de murciélagos entre tipos de vegetación.....	32
8.2.5 Diversidad de especies entre ensamblajes.....	33
8.2.6 Riqueza de las especies de murciélagos entre tipos de vegetación.....	33
8.2.7 Estructura trófica de los ensamblajes de murciélagos.....	34
8.2.8 Tamaños corporales de los ensamblajes de murciélagos.....	35
8.2.9 Similitud de los ensamblajes de murciélagos entre tipos de vegetación y entre regiones.....	36
9. RESULTADOS.....	37
9.1 Evaluación del muestreo de murciélagos en cada región.....	37
9. 2 Patrones de abundancia de las especies de murciélagos entre tipos de vegetación.....	38
9. 3 Evaluación de los modelos de distribución.....	40
9.4 Biomasa de las especies de murciélagos y gremios tróficos entre tipos de vegetación.....	40
9.5 Diversidad de especies entre ensamblajes.....	42
9.6 Riqueza de especies.....	43
9.7 Estructura trófica de los ensamblajes de murciélagos.....	44
9.8 Tamaños corporales de los ensamblajes de murciélagos.....	46
9.9 Similitud de los ensamblajes de murciélagos entre tipos de vegetación y entre regiones.....	47

10. DISCUSIÓN	49
10.1 Patrones de abundancia de las especies.....	49
10.2 Patrones de biomasa de las especies y gremios tróficos.....	51
10.3 Estructura trófica y tamaños corporales.....	53
10.4 Similitud de los ensamblajes.....	55
10.5 El papel de las interacciones ecológicas y la historia biogeográfica.....	56
10.6 Implicaciones para la conservación.....	58
11. LITERATURA CITADA	61
ANEXO I	71
ANEXO II	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Las comunidades pueden ser divididas en tres subconjuntos distintos: basados en la filogenia (ensamblajes), en las funciones ecológicas (gremio) y en la filogenia y funcionalidad (ensambles).....	6
Figura 2. Ubicación de la Barranca de Metztlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	13
Figura 3. Matorral crasicaule de <i>Isolatocereus dumortieri</i> en la localidad de La Nogalera, en la Barranca de Metztlán.....	26
Figura 4. Selva baja caducifolia en la localidad Ejido de Tlaxco, en la Barranca de Metztlán.....	26
Figura 5. Matorral crasicaule de <i>Neobuxbaumia tetexto</i> en la localidad de Zapotitlán Salinas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	27
Figura 6. Selva baja caducifolia en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	27
Figura 7. Curvas de acumulación de especies para los ensamblajes de murciélagos capturados con redes de niebla en las selvas bajas y los matorrales crasicaules de la Barranca de Metztlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	38
Figura 8. Curvas de rango abundancia (o diversidad-dominancia) de los ensamblajes de murciélagos capturados en la Barranca de Metztlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	39
Figura 9. Biomasa de los ensamblajes de murciélagos capturados en la Barranca de Metztlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	41
Figura 10. Biomasa de los gremios tróficos registrados en la Barranca de Metztlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	42
Figura 11. Número de especies efectivas registradas en la Barranca de Metztlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	43
Figura 12. Curvas de rarefacción basadas en individuos de los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztlán y del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	44

Figura 13. Número de especies de murciélagos filostómidos y mormópidos en el Valle de Tehuacán y la Barranca de Metztitlán, organizados por gremios tróficos.....	45
Figura 14. Similitud en la composición de especies de los sitios de muestreo de acuerdo con el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS).....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sitios de muestreo en las reservas de la Biosfera Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	18
Tabla 2. Estructura por grupos tróficos de acuerdo con los hábitos alimenticios y el grado de especialización de los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	46
Tabla 3. Estructura por tamaños corporales de los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.....	47

1. RESUMEN

Se presenta información sobre los ensamblajes de murciélagos de dos familias neotropicales (Phyllostomidae y Mormoopidae) que habitan los matorrales crasicuales y las selvas bajas de las reservas de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. En Tehuacán se realizaron 44 noches de muestreo a través de un año (mayo de 1998-julio de 1999) y en Metztitlán se realizaron 48 noches de muestreo (junio de 2009-julio de 2010). La información obtenida fue comparada en términos de la riqueza de las especies, la diversidad, los patrones de abundancia, la estructura trófica e intervalos de tamaños presentes en los ensamblajes de murciélagos filostómidos y mormópidos en dos tipos de vegetación de Tehuacán y Metztitlán. En Tehuacán se registraron 16 especies, mientras que en Metztitlán fueron 10, de las cuales el 53% son compartidas. Aún cuando ambas regiones tienen historias biogeográficas diferentes, el análisis revela una estructura y organización similar de los ensamblajes de murciélagos. En ambas zonas, los matorrales crasicuales se caracterizaron por la dominancia en individuos y biomasa de una especie nectarívora: *Leptonycteris yerbabuena*. La dominancia posiblemente está relacionada con las características y productividad de la vegetación. El ensamble dominante en los matorrales son los murciélagos nectarívoros. Las selvas bajas son el hábitat con mayor diversidad de murciélagos, donde además domina el ensamble de murciélagos frugívoros, aunque los nectarívoros también tienen una presencia importante. Esto puede obedecer a una mayor diversificación de los recursos alimenticios y una mayor complejidad de la vegetación. En ambas zonas se registraron las mismas categorías tróficas, con excepción de los frugívoros especialistas en desechos (*Centurio senex*) sólo presente en Tehuacán y las mismas clases de tamaños corporales, donde en general predominaron las especies de tamaño pequeño (clases I y II). En términos generales, la similitud en la organización de los ensamblajes de murciélagos que ocurren en Tehuacán y Metztitlán podría estar relacionada con la confluencia de las condiciones de aridez intertropical, la riqueza de especies vegetales quiropterófilas, la latitud tropical y el aislamiento, factores que han generado condiciones ecológicas especiales que permiten la existencia de dos comunidades muy similares de murciélagos, probablemente únicas en el mundo.

2. SUMMARY

This work focuses on Neotropical bats assemblages (Phyllostomidae and Mormoopidae) occurring in crasicaule shrub and dry forest from two arid zones: Metztitlán Canyon, Hidalgo and Tehuacán-Cuicatlán Valley, Puebla-Oaxaca. At both study sites, bats were captured in mist nets. Forty-four nights were sampled at Tehuacán-Cuicatlán Valley from May 1998 through July 1999, while in Metztitlán Canyon; forty-eight nights were sampled from June 2009 to July 2010. The completeness of the bat inventory in both study sites was assessed fitting models of species-accumulation functions. The information of bats assemblage's presents in two vegetation types from Tehuacán and Metztitlán was compared in terms of number of species, diversity and abundance patterns, foraging guilds and body size. At Tehuacán-Cuicatlán Valley, 33 000 net hours were sampled. A total of 332 individuals were captured representing 16 species of bats. At Metztitlán Canyon, 34 560 net hours were sampled, and a total of 184 individuals, 10 species were registered, 53% (11 species) of them are shared across sites. In general, although Metztitlán Canyon and Tehuacán-Cuicatlán Valley are regions with different biogeographic histories, the bats assemblages showed high similarity in their structure and organization. At both regions, the bat populations in crasicaule shrub are characterized by the dominance in individuals and biomass of a nectar-feeding species: *Leptonycteris yerbabuena*. This dominance may be a consequence of the vegetation characteristics and productivity, additionally and nectar-feeding bats are the dominant assembly. The dry forest habitats are the most diverse, which may reflect a greater diversity of food resources and a higher vegetation complexity. In these habitats, frugivores bats are the dominant assembly, although nectar-feeding bats have an important presence. In both areas showed the same foraging guilds, except for waste specialist frugivores (*Centurio senex*) only present in Tehuacán Valley and the same body size classes, where in general the small species predominated (classes I and II). The similarity in the organization of bats assemblages occurring in Metztitlán Canyon and Tehuacán-Cuicatlán Valley could be related to the confluence of the intertropical aridity, the richness in chiropterophilous plant species, the tropical latitude and isolation, which may have generated special environmental and ecological conditions that allow the existence of two bat communities, probably unique in the world.

3. INTRODUCCIÓN

La riqueza de especies de un ensamblaje es el resultado de procesos históricos y evolutivos que ocurren en amplias escalas espaciales y temporales (Ricklefs y Schluter, 1993). La inmigración a grandes distancias es uno de los procesos regionales que proveen el pool de especies que coloniza y enriquece los ensamblajes locales (He *et al.*, 2005). Por otra parte, a nivel local la estructura de los ensamblajes está determinada por procesos como: las interacciones ecológicas, la selección del hábitat y la inmigración. Estos procesos locales gobiernan la membresía de las especies de un ensamblaje, en función de los recursos disponibles y de las interacciones biológicas (Arita y Rodríguez, 2003).

Una de las formas más utilizadas para encontrar patrones de diversidad y abundancia de un grupo biológico es mediante la comparación directa de los ensamblajes de especies (Halffter *et al.*, 2011). Este tipo de comparaciones permiten identificar los procesos ecológicos actuales (escala local) que influyen sobre la estructura de los ensamblajes y hacer inferencias sobre los factores históricos (escala regional) que han determinado la composición de especies de la comunidad.

Los murciélagos de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae tienen su centro de origen y su mayor diversificación en el neotrópico (Simmons y Conway, 2003). Para los filostómidos y mormópidos, la riqueza de especies y la diversidad ecológica se relaciona positivamente con el decremento de la latitud, lo cual a su vez se explica por el incremento de la diversificación y abundancia de los recursos alimenticios (Kalko, 1997). En este

contexto, resulta interesante comparar los ensamblajes de especies de ambas familias que habitan dos regiones geográficas con características ambientales similares.

En México, la Barranca de Metztitlán (centro-este, 20° de latitud) y el Valle de Tehuacán (sureste, 17° de latitud) son regiones intertropicales semiáridas formadas por la sombra orográfica de la Sierra Madre Oriental, pero con historias biogeográficas distintas (Challenger, 1998). A pesar de su aislamiento geográfico, la vegetación en ambas zonas muestra afinidades neotropicales muy marcadas y corresponden a matorrales crasicuales dominados fisiológicamente y estructuralmente por cactáceas columnares y agaves (Rzedowski, 1978).

Considerando lo anterior, es posible que existan diferencias en la riqueza de especies de los ensamblajes de murciélagos filostómidos y mormópidos, debido a las diferentes historias biogeográficas de Tehuacán y Metztitlán y al efecto latitudinal. Aunque, es importante considerar que los murciélagos tienen una amplia capacidad de movimiento, por lo que posiblemente las diferencias en la riqueza y composición de las especies no sean tan acentuadas, si los recursos alimenticios son similares.

A nivel local, se espera encontrar similitudes en la organización y estructura de los ensamblajes de murciélagos filostómidos y mormópidos, debido a las similitudes ambientales y ecológicas (aridez, clima y los recursos alimenticios) presentes en el Valle de Tehuacán y en la Barranca de Metztitlán.

4. ANTECEDENTES

4.1 Concepto de ensamblaje, ensamble y gremio trófico

Históricamente ha existido una ambigüedad importante en la terminología utilizada en ecología de comunidades. Muchas veces algunos términos han sido mal aplicados, utilizados como sinónimos ó han tenido diferentes significados dependiendo de cada autor. En este trabajo se siguió la nomenclatura propuesta por Fauth *et al* (1996), como se propone en Patterson *et al* (2003) que proporciona una base conceptual clara de los términos clave utilizados en ecología de comunidades, los cuales han sido delineados por la geografía, filogenia y el uso de los recursos. De acuerdo con esta aproximación, una comunidad ecológica se define como el conjunto de todos los taxa que se encuentran en un mismo lugar contemporáneamente (ó la porción biótica de un ecosistema), los cuales se relacionan a través de procesos ecológicos, sin hacer alusión a la filogenia o el uso de recursos (Fauth *et al.*, 1996; Patterson *et al.*, 2003). Un ensamblaje se define como un subconjunto de la comunidad filogenéticamente restringido (*i.e.* un ensamblaje de murciélagos). Un ensamblaje no está prescrito por el uso de recursos, por lo que en el caso de los murciélagos esto incluiría todos los grupos tróficos (nectarívoros, frugívoros, insectívoros, hematófagos, entre otros). En contraste, un gremio es el subconjunto de la comunidad que explota de forma similar la misma clase de recursos, lo cual incluye el modo de forrajeo y el tipo de dieta (Root, 1967). Por lo tanto, un gremio de frugívoros puede incluir a murciélagos, aves y primates. Finalmente, un ensamble es el subconjunto de la comunidad definido tanto por la taxonomía (ensamblaje) así como las características

funcionales (gremio, Fauth *et al.*, 1996). Un ejemplo de ensamble pueden ser los murciélagos nectarívoros de la Barranca de Metztitlán (Fig. 1)

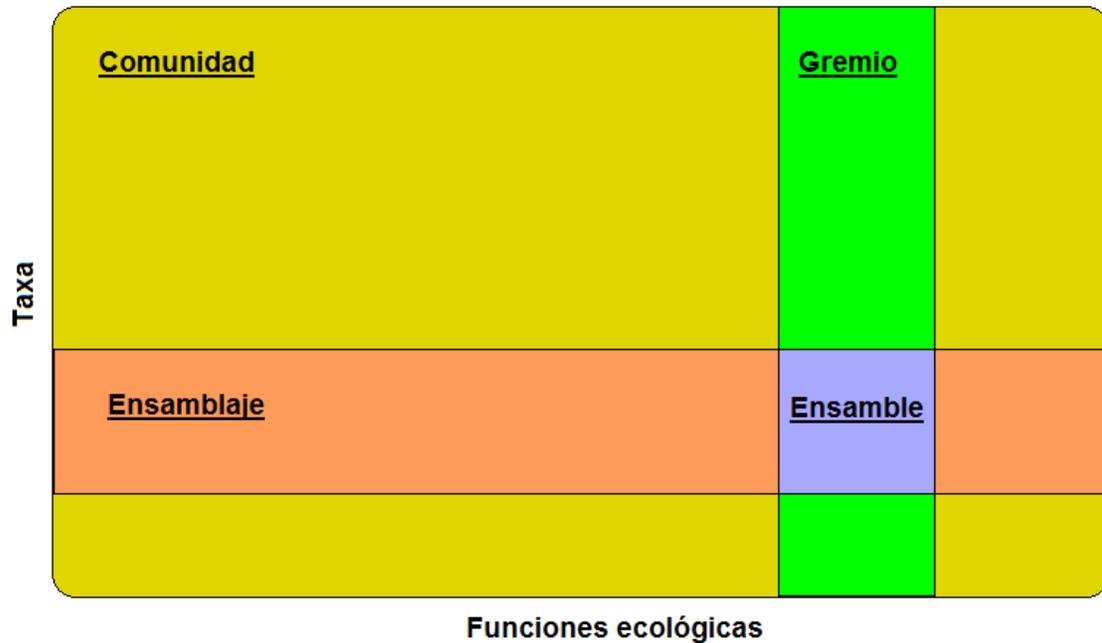


Figura 1. Las comunidades pueden ser divididas en tres subconjuntos distintos: basados en la filogenia (ensamblajes), en las funciones ecológicas (gremio) y en la filogenia y funcionalidad (ensambles; *sensu* Fauth *et al.*, 1996; Tomado de Patterson *et al.*, 2003)

De acuerdo con las definiciones anteriores, en este trabajo se estudiaron a los ensamblajes de murciélagos de las familias neotropicales Phyllostomidae y Mormoopidae en dos regiones semiáridas de México (Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán).

4.2 La estructura de las comunidades de murciélagos neotropicales

Una comunidad ecológica es un conjunto de poblaciones que interactúan en un mismo espacio y tiempo determinado. Las comunidades tienen propiedades emergentes, las cuales son el reflejo de las propiedades de los individuos y las poblaciones que la conforman, así como de sus interacciones intra e interespecificas (Begon *et al.*, 2006). Las

propiedades de las comunidades son: la riqueza de especies (el número total de especies presentes), la composición (la identidad de las especies en la comunidad), la estructura (la forma en la que la comunidad se encuentra organizada) y la diversidad (propiedad que conjunta dos aspectos: la riqueza de especies y la abundancia que tienen dichas especies en la comunidad; Begon *et al.*, 2006).

Las comunidades de murciélagos neotropicales se caracterizan por su alta riqueza y abundancia de especies (Kalko, 1998). Un patrón bien documentado en las comunidades de murciélagos es el incremento de la riqueza de especies hacia latitudes tropicales. En algunas localidades tropicales pueden coexistir más de 110 especies de murciélagos, de los cuales una alta proporción pertenecen a la familia Phyllostomidae, constituyendo entre 40 y 50% de la fauna local de los mamíferos, contribuyendo así ampliamente a la riqueza y diversidad local (Fleming, 1982, 1988; Arita, 1991).

Los patrones de abundancia de los murciélagos neotropicales muestran la dominancia de pocas especies y la rareza de la mayoría (Kalko, 1998). La abundancia de algunas especies ha sido explicada en función de las condiciones ecológicas, tales como: la distribución y la abundancia de los recursos alimenticios y de la disponibilidad de hábitats adecuados (Kalko, 1998). A nivel de gremios tróficos, las comunidades de murciélagos neotropicales están dominadas por especies frugívoras. La organización al interior de los gremios tróficos muestra el mismo patrón que la comunidad, es decir, pocas especies son dominantes y la mayoría son raras o poco abundantes (Kalko, 1998).

4.3 Importancia ecológica de los murciélagos neotropicales

El conocimiento actual sugiere que las adaptaciones en los sistemas morfológicos y sensoriales (vuelo y ecolocalización), así como la partición de los recursos (alimento, hábitats y/o refugios) son los mecanismos que promueven la alta diversidad de los ensamblajes de murciélagos neotropicales (Kalko, 1998). Debido a su alta diversidad y abundancia, los murciélagos son considerados como un grupo clave en el neotrópico. Estos animales proveen de importantes servicios ambientales, a través de la polinización, la dispersión de semillas y la depredación de insectos (Kunz *et al.*, 2011).

En el neotrópico, los murciélagos de la familia Phyllostomidae pueden polinizar al menos a unas 573 especies de plantas y participar en la dispersión de las semillas de otras 516 (Geiselman *et al.*, 2007). En las regiones semiáridas de México, los murciélagos filostómidos son polinizadores específicos y dispersores legítimos de varias especies de agaves, cactáceas columnares y árboles tropicales (Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Lo anterior resulta muy importante, ya que la polinización y dispersión de semillas es un servicio ambiental esencial para el flujo genético dentro y entre las poblaciones de plantas y es también un prerrequisito para que se lleven a cabo los procesos de reforestación en las comunidades vegetales (Tschapka 2004; Kunz *et al.*, 2011).

Los murciélagos de la familia Mormoopidae se alimentan principalmente de insectos de sustrato. Además al participar en el control de las poblaciones de varias especies de insectos generan un impacto positivo para la estabilidad de las comunidades vegetales, al disminuir significativamente los niveles de herbivoría (Whitaker, 1993; Geiselman *et al.*, 2007; Kalka *et al.*, 2008; Williams-Guillén *et al.*, 2008).

4.4 *Estudios comparativos con ensamblajes de murciélagos*

En la literatura existe una plétora de trabajos que estudian diversos aspectos de los ensamblajes de murciélagos en diferentes localidades tropicales (Stoner, 2005 y sus referencias). Sin embargo, hay pocos trabajos que se hayan enfocado en la comparación de las características de los ensamblajes en diferentes puntos del área de distribución de un mismo ecosistema. Y más aún, este tipo de trabajos son prácticamente inexistentes en los ambientes semiáridos. A continuación se señalan algunos de los trabajos comparativos con ensamblajes con murciélagos:

Soriano (2000) comparó la estructura funcional de los ensamblajes de murciélagos en las selvas nubladas andinas y las selvas húmedas de tierras bajas, en Venezuela. Utilizando categorías tróficas demuestra que las comunidades de murciélagos de selvas nubladas andinas exhiben mayor simplicidad taxonómica y funcional, en comparación con las comunidades de las selvas húmedas de tierras bajas. Concluye que la explicación de las diferencias en la riqueza interna de estos grupos funcionales se debe a las diferentes capacidades de respuesta de cada especie ante las exigencias termorreguladoras del ambiente, las cuales a su vez se relacionan directamente con su régimen alimentario. Además señala, que la disminución en la riqueza de especies con el incremento de altitud es debida a la ineficiente termorregulación de las especies de origen tropical que conforman la mayoría de los insectívoros.

Stoner (2005) comparó los ensamblajes de murciélagos filostómidos en dos tipos de selvas tropicales secas con diferentes regímenes de precipitación: El parque Nacional Palo Verde, localizado en el Noroeste de Costa Rica y que representa uno de los bosques

tropicales secos más húmedos (con una precipitación de 1.5 m/año) y la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, localizada en la costa oeste del pacífico mexicano y que representa uno de los bosques más secos (750 mm/año). Encontró que las variantes entre estos tipos de vegetación pueden ser lo suficientemente distintas en estructura y composición, lo cual afecta a las comunidades de murciélagos filostómidos. En ambos sitios, los gremios más abundantes fueron frugívoros y nectarívoros, durante la mayor abundancia de recursos quiropterófilos.

Sánchez *et al* (2007) estudiaron la composición, la riqueza y la abundancia de los ensamblajes de murciélagos en dos selvas secas de Colombia: Chicamocha y Patía. En Chicamocha observaron pocas diferencias en el número de especies y en la composición entre los diferentes periodos de muestreo, siendo las especies más abundantes: *Glossophaga longorostris* y *Sturnira ludovici*. En Patía registraron diferencias significativas en la abundancia y composición de la especies. Las especies *Artibeus jamaicensis*, *Carollia perspicillata* y *Phyllostomus discolor* fueron las más abundantes en Patía. Concluyen que la baja abundancia de murciélagos en Patía está relacionada con los disturbios humanos. Las especies más abundantes en ambas selvas secas fueron murciélagos filostómidos que se alimentan de frutos y néctar y/o polen de cactáceas columnares.

4.5 *Historia biogeográfica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la Barranca de Metztitlán*

La República Mexicana cuenta con cerca de 50% de su territorio cubierto con zonas áridas y semiáridas (INEGI, 1996). En el centro de México, la aridez tiene su origen debido al efecto geográfico causado por las barreras montañosas de la Sierra Madre Oriental, que generan verdaderas sombras orográficas que evitan la entrada de los vientos húmedos provenientes del Golfo de México (Laity, 2008). En las zonas áridas y semiáridas se desarrollan los matorrales xerófilos que abarcan diversas comunidades vegetales de porte arbustivo. Comprenden una flora con marcadas afinidades neotropicales (37%) y una elevada endemidad; 44% de los géneros y 60% de las especies (Challenger, 1998), por lo que debido a su extensión y aporte a la flora endémica son uno de los tipos de vegetación más importantes del país (Rzedowski, 1998). A pesar de la escasa riqueza de especies (por km²) la contribución de los matorrales xerófilos a la flora fanerogámica de México se estima que en conjunto aporta 6 000 especies aproximadamente (mayor que las selvas húmedas; Rzedowski 1998). Los matorrales xerófilos presentan una alta diversidad β (elevada tasa de recambio de especies entre sitios y regiones). Las zonas semiáridas representan además, el centro de origen y diversificación de algunas familias de plantas suculentas y semisuculentas, tales como Cactaceae, Agavaceae, Crassulaceae y Fouquieriaceae, todas con porcentajes de endemismo a nivel de especie, extremadamente altos (Challenger, 1998; Rzedowski 1998) y de las cuales muchas presentan algún grado de amenaza (SEMARNAT, 2010).

4.5.1 Valle de Tehuacán-Cuicatlán

La provincia florística del Valle de Tehuacán-Cuicatlán se considera parte de la región xerófila mexicana (Rzedowski, 1978). Se sitúa en la parte sur del estado de Puebla y norte de Oaxaca y representa la zona semiárida más austral de México, entre los 17° 48' - 18° 58' N y 96° 40' - 97° 43' W. El valle tiene una superficie de casi 10 000 km² y representa un mosaico fisiográfico complejo, con valles interiores separados por numerosas cadenas montañosas. Tiene una temperatura media anual de 21°C con baja incidencia de heladas y una precipitación media anual de 400 mm (García, 1978). Las condiciones áridas del valle son principalmente el resultado del efecto de la sombra orográfica producida por la Sierra Madre Oriental, que intercepta la humedad proveniente del Golfo de México (Smith, 1965; Villaseñor *et al.*, 1990; Valiente, 1991; Dávila *et al.*, 1993). El valle pertenece a la región que Ortega y Arita (1998) proponen como transición entre las regiones Neártica y Neotropical y se ubica en las provincias biogeográficas de la Sierra Madre del Sur, Oaxaca, el Eje Volcánico y la Depresión del Balsas (Fig. 2; INEGI, 1996). El valle ha permanecido aislado de otras zonas áridas del Altiplano Mexicano desde que el levantamiento de la Sierra Madre Oriental lo separó del desierto Chihuahuense (Brunet, 1967). Actualmente el valle forma parte de la Cuenca del Río Papaloapan que a través del Cañón del Tomellín cruza la Sierra Madre Oriental y desemboca en el Golfo de México (Rzedowski, 1978). A pesar de lo anterior, la flora del valle muestra una clara afinidad con la provincia florística de la Depresión del Río Balsas que se comunica con el océano Pacífico (Rzedowski, 1978) y está formada por 2 800 especies vegetales de las cuales 30% son endémicas (Dávila *et al.*, 1993), lo que demuestra la larga historia de aislamiento

geográfico del valle (Valiente-Banuet, 1990; Dávila *et al.*, 2002). La vegetación en el valle se caracteriza por la predominancia de matorrales xerófilos en el estado de Puebla, en tanto que hacia el sur en la región que pertenece a Oaxaca son más comunes los bosques espinosos y las selvas bajas caducifolias (Rzedowski, 1978). En todas las variantes de la vegetación que se desarrollan en el valle, las cactáceas columnares constituyen los elementos fisonómicamente dominantes (Rzedowski, 1978; Valiente-Banuet *et al.*, 1996). De ellas se han identificado 19 especies que pueden formar bosques con densidades de hasta 1 800 individuos ha⁻¹ (Valiente-Banuet *et al.*, 1997a).

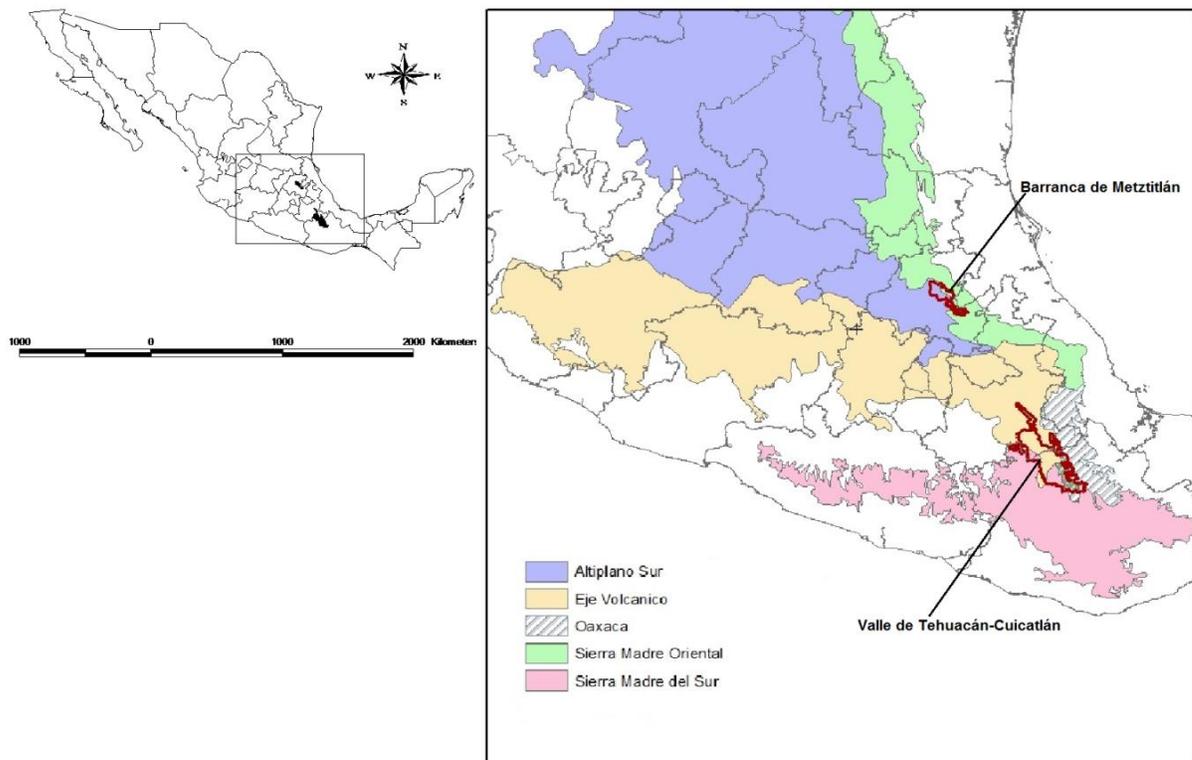


Figura 2. Ubicación de la Barranca de Metztlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

4.5.2 *Barranca de Metztitlán*

La Barranca de Metztitlán se ubica en las provincias biogeográficas del Altiplano Sur y la Sierra Madre Oriental (Fig. 2; INEGI, 1996) y además pertenece a la Provincia Florística del Altiplano, 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 2 300 msnm (CONANP, 2003). Esta provincia se encuentra estrechamente relacionada con el resto del Desierto Chihuahuense, desde el punto de vista florístico (Axelrod, 1983; Challenger, 1998), aunque está separada casi completamente de ese desierto, por montañas cubiertas de bosque de pino-encino, mientras que la presencia de pastizal semidesértico en la región occidental conecta estas áreas (Rzedowski, 1978). La Barranca de Metztitlán está situada en la región centro-este del estado de Hidalgo entre los 20°45'15''-20°45'26'' N y 98°23'00''-98°57'08'' W (CONANP, 2003). Tiene una superficie aproximada de 96 km² y representa una zona semiárida con topografía accidentada, con pendientes pronunciadas y escarpadas (CONANP, 2003). Presenta una alta heterogeneidad ambiental derivada de la presencia de la laguna, delimitada por grandes cerros de pronunciadas pendientes y marcada aridez, además de escurrimientos y ríos sobre las cañadas que desembocan en el Golfo de México, lo que favorece la presencia de vegetación tropical arbórea y cultivos de riego en la vega (CONANP, 2003). Tiene una temperatura media anual de 18.5°C y una precipitación media anual de 364.6 mm (García, 1978). La flora de la barranca se encuentra constituida por elementos de afinidad geográficas meridionales y boreales, además de especies endémicas que predominan en los matorrales submontanos y xerófilos (CONANP, 2003). La vegetación en la Barranca de Metztitlán es diversa y se reconocen: matorral crasicaule,

matorral submontano, bosque tropical caducifolio, bosque templado, pastizal y vegetación riparia. De ellos, el matorral crasicaule de *Isolatocereus dumortieri* representa el tipo de vegetación con la mayor extensión dentro de la Barranca, pues ocupa el 41.51% de su superficie (CONANP, 2003). Al igual que el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, en casi todas las comunidades vegetales presentes en la Barranca de Metztitlán se desarrollan varias especies de cactus columnares. Estas plantas constituyen los elementos fisonómicos dominantes de la vegetación, particularmente en las diferentes variantes de matorral y también pueden presentar densidades importantes en las selvas bajas (CONANP, 2003). Por ejemplo, la cactácea columnar *Isolatocereus dumortieri* puede llegar a tener densidades de hasta 250 individuos ha⁻¹ en varias localidades de la reserva (Galván-Juárez, 2010; Cornejo-Latorre *et al.*, 2011).

En síntesis, la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán son regiones semiáridas intertropicales, cuya aridez es producida por el efecto geográfico que producen las barreas orográficas de la Sierra Madre Oriental (Laity, 2008). En ambas zonas, se presentan condiciones climáticas semejantes (temperatura y precipitación pluvial) y la vegetación se caracteriza por la predominancia de matorrales xerófilos, con una flora de marcadas afinidades neotropicales y altos niveles de endemidad. Adicionalmente, los agaves y cactáceas columnares constituyen elementos fisonómicos y estructuralmente dominantes de la vegetación. Aun considerando estas similitudes, ambas regiones tienen historias biogeográficas distintas, debido a un origen geológico y fisiográfico diferente (Challenger, 1998).

5. OBJETIVOS

5.1 *Objetivo general:*

- Analizar la riqueza y estructura de los ensamblajes de murciélagos neotropicales (Phyllostomidae y Mormoopidae) que habitan en dos tipos de vegetación (matorral crasicaule y selva baja caducifolia) de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca, dos regiones semiáridas intertropicales de México.

5.2 *Objetivos particulares:*

1. Comparar la riqueza de las especies de murciélagos en dos tipos de vegetación en la Barranca de Metztitlán, Hidalgo y en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca
2. Analizar los patrones de abundancia y biomasa de las especies de murciélagos en dos tipos de vegetación en la Barranca de Metztitlán, Hidalgo y en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca.
3. Analizar la estructura trófica de los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.
4. Comparar los tamaños corporales de los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán.
5. Determinar la similitud de los ensamblajes de murciélagos en dos tipos de vegetación en la Barranca de Metztitlán, Hidalgo y en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca.

6. HIPÓTESIS

La riqueza de especies de una comunidad está influida por procesos históricos que ocurren a amplias escalas espaciales y temporales. Por otra parte, se ha documentado que a nivel local, la estructura y organización de los ensamblajes de murciélagos neotropicales (riqueza de especies, la composición, los patrones de abundancia, la estructura de los gremios tróficos y tamaños corporales) está fuertemente determinada por las características del hábitat. Por lo tanto, las hipótesis de este trabajo son las siguientes:

Se espera encontrar diferencias en la riqueza y composición de las especies de los ensamblajes de murciélagos filostómidos y mormópidos que habitan en la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán.

Se predice que la estructura y la organización de los ensamblajes de murciélagos serán más parecidas entre los mismos tipos de hábitats, aún en regiones distantes. En este sentido, el ensamblaje de murciélagos del matorral crasicaule de Metztitlán, será más parecido al matorral crasicaule de Tehuacán y lo mismo sucederá para el caso de las selvas bajas caducifolias de las dos regiones comparadas.

Debido a que la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán son regiones con características ambientales similares, se espera que a nivel paisaje, la estructura de los ensamblajes sea consistente, en términos del número de gremios tróficos y de los intervalos de tamaño, aún cuando la historia biogeográfica de las regiones comparadas sea diferente.

7. ÁREAS DE ESTUDIO Y SITIOS DE MUESTREO

En este trabajo se obtuvieron datos sobre la estructura de los ensamblajes de murciélagos filostómidos y mormópidos que habitan en ocho localidades de las Reservas de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (RBVTC; Tabla 1).

Cuadro 1. Sitios de muestreo en las reservas de la biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (RBVTC). Para cada sitio se señala la altitud y el hábitat al que pertenecen; MC: matorral crasicaule, SB: selva baja caducifolia.

Sitios de muestreo	Región	Altitud (msnm)	Hábitat
1 Las Pilas	RBBM	1682	MC
2 La Nogalera	RBBM	1374	MC
3 Ejido de Tlaxco	RBBM	1275	SB
4 San Juan	RBBM	1410	SB
5 Zapotitlán Salinas	RBVT	1500	MC
6 San Juan Raya	RBVT	1700	MC
7 San Pedro Tetitlán	RBVT	900	SB
8 San Rafael	RBVT	1000	SB

La vegetación en ambas reservas es diversa: matorral crasicaule dominado por cactáceas columnares, matorral dominados por arbustos o plantas espinosas, selva baja caducifolia, bosque templado, pastizal, vegetación asociada a ríos con agua permanente y

vegetación arbolada de zonas bajas (CONANP, 2003; Valiente-Banuet *et al.*, 2009). Se eligió trabajar en los matorrales crasicaules y las selvas bajas caducifolias, debido a que son dos tipos de vegetación característicos y ocupan extensiones importantes dentro de ambas reservas (CONANP, 2003; Valiente-Banuet *et al.*, 2009). Adicionalmente, estos tipos de vegetación han sido señalados como importantes para el mantenimiento de los murciélagos filostómidos en otras regiones semiáridas de México (Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Stoner, 2002; Peñalba *et al.*, 2006).

7.1 Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán

La RBBM es el área natural protegida más importante del estado de Hidalgo, con una extensión aproximada de 96 km² (CONANP, 2003). Se localiza en la región centro-este del estado de Hidalgo. Es una región semiárida con topografía accidentada, la cual se encuentra relacionada históricamente con el desierto Chihuahuense y representa la porción más intertropical de este sistema (Axelrod, 1983).

7.1.1 Clima y precipitación

Los tipos climáticos de la RBBM incluyen el seco o semiseco y cálido, como consecuencia del efecto de sombra de lluvia que ejerce la Sierra Madre Oriental sobre esta región. En la parte norte y norte-centro de la reserva predomina el clima seco semicálido, con régimen de lluvias en verano, con un porcentaje de precipitación invernal de 5 a 10 % e invierno fresco (CONANP, 2003). En la parte sur y centro-sur de la reserva predomina el clima semiseco templado, con lluvias en verano (CONANP, 2003). La precipitación media

anual varía entre los 500 hasta 700 mm en las áreas de mayor altitud. La temperatura promedio anual es de 18 a 22°C (CONANP, 2003).

7.1.2 Quiróptero fauna de la Barranca de Metztitlán

En la RBBM, se han identificado 34 especies de murciélagos, las cuales se agrupan en cinco familias (Rojas-Martínez *et al.*, en prensa). De ellas, los murciélagos filostómidos representan aproximadamente el 40% de la riqueza total, mientras que los mormópidos representan el 10%. Las especies de quirópteros de la Barranca de Metztitlán muestran una afinidad tropical muy marcada y la riqueza de especies es mayor de lo esperado en las regiones semiáridas (Juárez-Castillo, 2005).

7.1.3 Descripción de la vegetación

7.1.3.1 Matorral crasicaula de la Barranca de Metztitlán

El matorral crasicaula de la RBBM se caracteriza por la dominancia fisonómica de las cactáceas columnares: *Isolatocereus dumortieri*, *Cephalocereus senilis*, *Neobuxbaumia polylopha*, *Stenocereus marginatus* y *Myrtillocactus geometrizans*, las cuales suelen estar acompañadas por las especies: *Yucca filifera*, *Prosopis laevigata*, *Plumeria rubra*, *Karwinskia humboldtiana*, *Celtis pallida*, *Senna pringlei*, *Bursera schaffneri* y *Acacia subangulata* (Fig. 3; CONANP, 2003). Sobre las laderas escarpadas se pueden observar diferentes agregaciones de agaves de las siguientes especies: *Agave celsi*, *A. filifera*, *A. gransdidentata*, *A. hidalguensis*, *A. kerchovei*, *A. lechuguilla*, *A. macroacanta* y *A. xylonacantha* (CONANP, 2003). El estrato arbustivo tiene una altura de 1.5 a 3 metros y se caracteriza por la presencia de las especies: *Opuntia leucotricha*, *M. geometrizans*,

Jatropha spathulata, *Nicotiana glauca*, *Celtis pallida*, *Prosopis juliflora*, *Acacia farnesiana*, *Cercidium floridum*, *Zaluzania augusta*, *Carlowrightia* aff. *lindeneana*, *P. laevigata*, *Trixis inula*, *Montanoa tomentosa xanthiifolia*, *Sebastiania pavoniana*, *Brongniartia lupinoides* y *Decatropis bicolor* (CONANP, 2003). El estrato herbáceo está constituido por los siguientes géneros: *Aster*, *Croton*, *Euphorbia*, *Flaveria*, *Hibiscus*, *Loeselia*, *Oxybaphus*, *Ruellia*, *Sedum ebracteatum*, *Aneilema karwinskiana*, *Trichachne insularis* y *Portulaca oleracea* (CONANP, 2003).

7.1.3.2 Selvas bajas caducifolias de la Barranca de Metztitlán

Estas selvas se caracterizan por presentar árboles de baja altura, con un promedio de 8 a 12 metros de alto (Fig. 4). Los árboles suelen estar muy ramificados y tienen las copas más anchas que altas. El carácter fenológico estacional es muy acentuado en este bosque. En el estrato arbóreo se presenta la especie *Bursera morelensis*, la cual predomina en este bosque, acompañada de *Prosopis laevigata*, en la parte baja de los cerros; también están presentes especies como *Opuntia* sp., *Myrtillocactus geometrizans*, *Isolatocereus dumortieri*, *Cephalocereus senilis*, *Colubrina ehrenbergii*, *Pseudosmodingium andrieuxii* y *Acacia subangulata* (CONANP, 2003). El estrato arbustivo tiene una altura de 0.90 a 2.20 metros, donde se encuentran 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*, *Ayenia rotundifolia*, *Ruellia californica*, *Eupatorium espinosarum*, *Zexmenia lantanifolia* y *Lantana velutina* (CONANP, 2003). En el estrato herbáceo se presentan las siguientes especies: *Tradescantia crassifolia*, *Zinnia*

peruviana, *Tagetes tenuifolia*, *Bouteloua curtipendula*, *Setaria grisebachii*, *Aristida adscensionis* (CONANP, 2003).

7.2 Reserva de la biosfera Valle de Tehuacán-Cuicatlán

La RBVTC está localizada en el centro-sur de México, entre el límite sudeste de Puebla y nordeste del estado de Oaxaca. Tiene una altitud que varía de 900 a 1 700 msnm y está considerada como una de las regiones más importantes para la conservación de murciélagos nectarívoros (Arita y Santos-del-Prado, 1999). Es una región semiárida, con una extensión aproximada de 10 000 km², que se encuentra aislada por levantamientos montañosos.

7.2.1 Clima y precipitación

Entre los tipos climáticos del valle se incluyen los cálidos, con precipitación media anual de 700 a 800 mm en la porción sureste. También se incluyen los climas semicálidos, con precipitación media anual de 400 a 500 mm en la porción central y oeste. Finalmente se encuentran los climas templados, con precipitación de 600 mm anuales, como en la región de la Sierra de Tecamachalco (García, 1978; Valiente, 1991).

7.2.2 Quiróptero fauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

En el Valle de Tehuacán-Cuicatlán se han identificado 38 especies de murciélagos, agrupadas en cinco familias (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996). Los murciélagos filostómidos representan el 45% de la riqueza total y los murciélagos mormópidos representan el 10% aproximadamente (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996). La quiróptero fauna del valle muestra una afinidad tropical, debido al alto componente de especies frugívoras y nectarívoras y su riqueza de especies resulta sobresaliente, debido a que las zonas áridas son consideradas pobres en especies (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996).

7.2.3 Descripción de la vegetación

7.2.3.1 Matorral crasicaule del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

El matorral crasicaule en la RBVTC se caracteriza por su alta diversidad de cactáceas columnares, con la presencia de 45 de las 70 especies reconocidas en México (Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Estas especies llegan a formar verdaderos bosques, con densidades que pueden alcanzar entre 1 200 y 1 800 individuos por hectárea. En la localidad de Zapotitlán Salinas predomina la asociación vegetal “Tetechera de *Neobuxbaumia tetetzo*” (Fig. 5). El nombre se debe a que la especie dominante es *N. tetetzo*, una cactácea columnar profusamente ramificada, cuya altura no sobrepasa los 8 metros de altura (Valiente-Banuet *et al.*, 2009). En los estratos arbustivos y arbóreos que miden entre 2 y 8 metros de alto respectivamente están constituidos principalmente por especies tales como: *Mimosa luisana*, *Agave karwinskii*, *A. kerchovei*, *A. salmiana*, *A.*

macroacantha, *A. peacockii*, *A. marmorata*, *Bursera aloexylon*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Ceiba parviflora*, *Acacia coulteri*, *Cordia curassavica*, *Fouquieria formosa* y *Calliandra eriophylla* (Valiente-Banuet *et al.*, 2009). En la localidad de San Juan Raya se presenta la asociación vegetal “Tetechera de *Neobuxbaumia mezcalaensis* y *Neobuxbaumia macrocephala*”, donde se han registrado las mayores densidades de cactáceas columnares con 1 600 ind/ha de *N. mezcalaensis* y 200 ind/ha de *N. macrocephala* (considerando plantas mayores a un metro de alto). *Neobuxbaumia mezcalaensis* es un cactus no ramificado de manera natural, por lo que se trata de plantas de un sólo tallo vertical, que alcanza los 14 metros de altura. En contraste, *N. macrocephala* ramifica profusamente, alcanzando tallas de hasta 7 metros de alto (Valiente-Banuet *et al.*, 2009). También se presenta una elevada diversidad de árboles de talla pequeña y arbustos que acompañan a los cactus columnares, entre las que destacan: *Beaucarnea gracilis*, *Ipomea arborescens*, *Eysenhardtia polystachia*, *Brickellia veronicifolia*, *Pseudosmodingium multifolium*, *Yucca periculosa*, *Acacia subungala*, *A. constricta*, *Opuntia decumbens* y *O. pilifera* (Valiente-Banuet *et al.*, 2009).

7.2.3.2 Selvas bajas caducifolias del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

La selva baja caducifolia de la RBVTC en la localidad de San Rafael está dominada por árboles sin espinas de tallo fotosintético: “cuajiotal de *Bursera* spp”. Este nombre hace referencia a un tipo de bosque que se caracteriza por presentar plantas de hasta 10 metros de alto (Fig. 6). Se presenta en las laderas de los cerros a una altitud de 900 metros. Las especies dominantes son árboles de hojas caedizas y con troncos verdes, amarillentos, glaucos y rojos que en su mayoría presentan cortezas exfoliantes y tejido fotosintético. Las

especies características son los llamados cuajotes o árboles de copal: *Bursera morelensis*, *B. adorata*, *B. copalifera*, *B. submoniliformis*, *B. aptera*, *B. arida*, *B. aloexylon*, *B. schlechtensalii*, acompañadas frecuentemente de *Cyrtocarpa procera*, *Forchamerina macrocarpa*, *Capparis incana*, *Juliana adstringens*, *Fouqueria formosa*, *Melochia tomentosa*, *Stenocereus stellatus*, *Ceiba parvifolia*, *Pseudosmodingium muerifolium*, *Lysiloma divaricata* y *Plumeria rubra* (Valiente-Banuet *et al.*, 2009).



Figura 3. Matorral crasicaule de *Isolatocereus dumortieri* en la localidad de La Nogalera, en la Barranca de Metztlán



Figura 4. Selva baja caducifolia en la localidad Ejido de Tlaxco, en la Barranca de Metztlán



Figura 5. Matorral crasicaule de *Neobuxbaumia tetezto* en la localidad de Zapotitlán Salinas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.



Figura 6. Selva baja caducifolia en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán

8. MATERIAL Y MÉTODO

8.1 *Muestreo de murciélagos*

Los inventarios completos de murciélagos requieren la combinación de varios métodos estandarizados de muestreo (redes de niebla, redes de arpa, detectores de murciélagos, visitas a refugios) debido a que los hábitos de vuelo entre las familias suele ser muy distinto. Por esta razón, en este trabajo se decidió analizar sólo los registros de las capturas de los murciélagos filostómidos y mormópidos que son fácilmente capturados con redes de niebla (Sampaio, 2003). Con la finalidad de determinar la estructura de los ensamblajes de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae de la reserva de la biosfera Valle de Tehuacán-Cuicatlán, se utilizaron los datos inéditos de las capturas realizadas por Rojas-Martínez (2001). Los muestreos se realizaron cada dos meses durante un año (de mayo de 1998 a julio de 1999) en dos tipos de vegetación: matorral crasicaule y selva baja caducifolia, replicando las capturas en dos sitios. Dos matorrales crasicaules (que florecen durante la primavera y el verano) fueron muestreados en San Juan Raya y Zapotitlán Salinas. Y dos selvas bajas con cactáceas columnares (que producen recursos todo el año) fueron muestreadas en San Rafael y San Pedro Tetitlán. En cada sitio se colocaron 80 metros de red durante dos noches consecutivas cada dos meses (4 noches durante seis meses por cada tipo de vegetación), acumulando un total de 24 noches por cada tipo de vegetación. Cada noche las redes permanecieron abiertas desde el crepúsculo hasta el amanecer (10 horas en promedio), obteniendo un esfuerzo de muestreo de 33 000 horas/red. El esfuerzo de muestreo se calculó multiplicando el total de los metros de red extendidas

por el número de horas que permanecieron abiertas (metros de red * número de horas; Medellín, 1993).

De cada individuo capturado se registró la siguiente información: el sexo, la edad relativa (juvenil, subadulto ó adulto), la longitud del antebrazo, la condición reproductiva; en las hembras: inactiva, preñada, lactante o poslactante y en los machos: el tamaño (largo por ancho) y la posición de los testículos: abdominales, inguinales o escrotados. Para todos los individuos capturados se utilizaron claves especializadas para determinar su identidad taxonómica (Medellín *et al.*, 2008).

En la reserva de la biosfera Barranca de Metztlán se muestrearon dos matorrales crasicaules dominados fisonómicamente por la cactácea *Isolatocereus dumortieri* (que florece y fructifica durante la primavera y el verano), en las localidades de Las Pilas y La Nogalera. Y dos selvas bajas caducifolias fueron muestreados en las localidades de San Juan y El ejido de Tlaxco. Los muestreos se realizaron de junio de 2009 a julio de 2010. En cada tipo de vegetación se establecieron dos replicas. Para cada sitio fueron colocados 60 metros de red durante dos noches consecutivas cada dos meses (4 noches durante seis meses por cada tipo de vegetación), acumulando un total de 24 noches para cada tipo de vegetación. Cada noche las redes permanecieron abiertas desde el crepúsculo hasta el amanecer (10 horas aproximadamente), obteniendo un esfuerzo de muestreo de 34 560 horas/red. A cada murciélago capturado le fueron tomadas las mismas medidas somáticas descritas anteriormente.

8.2 *Análisis de los datos*

8.2.1 *Evaluación del muestreo de murciélagos en cada región*

Para evaluar la representatividad de los datos obtenidos, se utilizó la función de acumulación de especies que consiste en construir una curva no decreciente que representa el número de especies que se han registrado en un área geográfica considerando el esfuerzo de muestreo (Díaz-Frances y Soberón, 2005). Estas funciones son herramientas útiles que permiten evaluar la calidad de los inventarios. Si los inventarios no están completos, la comparación directa de los mismos no es posible, aún cuando el esfuerzo de muestreo realizado en cada uno de ellos sea idéntico. Para evaluar el nivel de completitud de los inventarios de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán se utilizó el estimador de riqueza de Clench. La ecuación de Clench es uno de los modelos más utilizados y ha demostrado un buen ajuste en la mayoría de las situaciones reales y con la mayoría de los taxones (Soberón y Llorente, 1993; Moreno y Halffter, 2000). La ecuación de Clench está recomendada para estudios en sitios con áreas extensas y para protocolos en los que se pasa mucho tiempo en el campo (es decir, que se adquiere amplia experiencia con el método de muestreo y con el grupo taxonómico) y se tiene una mayor probabilidad de añadir nuevas especies al inventario (Soberón y Llorente, 1993).

Su expresión matemática es:

$$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$$

Donde:

S_n = es la riqueza de especies de la comunidad en el tiempo t

a = es la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario

b = es un parámetro relacionado con la forma de la curva.

n = número acumulativo de muestras.

El noventa por ciento de la completitud del inventario fue considerado como un nivel adecuado de la eficiencia del muestreo (Moreno y Halffter, 2001). Este análisis se realizó utilizando el programa *Species Accumulation* (Díaz-Francés y Gorostiza, 2002)

8.2.2 *Patrones de abundancia de las especies de murciélagos entre tipos de vegetación*

Para analizar los patrones de abundancia de las especies de murciélagos filostómidos y mormópidos entre los tipos de vegetación, se graficaron curvas de rango-abundancia (o de diversidad-dominancia) para los sitios muestreados, siguiendo la metodología descrita por Feinsinger (2001). Estas graficas constituyen una herramienta útil, que permite visualizar algunos atributos del ensamblaje, tales como la riqueza de especies (número de puntos en la gráfica), la similitud (forma de la pendiente), número de especies raras (la cola de la curva) y la abundancia relativa de cada especie (el orden de las especies en la grafica). Este método ha sido propuesto como una forma alternativa para comparar la abundancia de especies entre diferentes comunidades biológicas (Feinsinger, 2001).

8.2.3 Evaluación de los modelos de distribución

Con la finalidad de describir la estructura de los ensamblajes de murciélagos en términos de la abundancia proporcional de cada especie, se utilizaron los modelos teóricos de distribución (serie geométrica, serie logarítmica, distribución log-normal y el modelo de vara quebrada). Estos modelos describen la relación gráfica entre el valor de importancia de las especies en función de un arreglo secuencial por intervalos de las especies de la más a la menos importante (Moreno, 2001) El ajuste de los datos empíricos a la distribución subyacente a cada modelo se evaluó mediante pruebas de bondad de ajuste X^2 . Si el valor de $P > 0.05$, las distribuciones fueron consideradas significativas a un nivel de confianza del 95%. Este análisis se realizó utilizando el programa *Species Richness and Diversity* (Henderson y Seaby, 2002).

8.2.4 Estimación de biomasa de las especies de murciélagos entre tipos de vegetación

La biomasa de la especie es una variable que al diferenciar entre los tamaños de las especies explica de una manera más directa y real la cantidad de recurso trófico explotado y los cambios estructurales en la comunidad. Con la finalidad de describir los patrones de biomasa de las especies de murciélagos capturados en cada tipo de vegetación se realizaron curvas de rango-biomasa. Los datos utilizados fueron el peso promedio de las especies obtenidos en campo, multiplicado por el número de individuos capturados. Posteriormente, se graficaron los pesos promedios de las especies de acuerdo con los gremios tróficos a los que pertenecen.

8.2.5 *Diversidad de especies entre ensamblajes*

Para evaluar la magnitud de los cambios en la diversidad entre los ensamblajes de murciélagos en cada hábitat, se calculó la diversidad verdadera de orden 1 (true diversity; Jost, 2006), de la siguiente manera:

$$D = \exp(H')$$

Donde:

D = Diversidad verdadera (true diversity)

\exp = es el valor del exponente

H' = es el valor del índice de entropía de Shannon-Weiner

El resultado numérico es un valor cuyas unidades son el “número de especies equivalentes” o “número efectivo de especies”. El número efectivo de especies se refiere a la diversidad que tendría una comunidad integrada por i especies igualmente comunes. Para cada valor obtenido se calcularon los intervalos de confianza al 95%.

8.2.6 *Riqueza de las especies de murciélagos entre tipos de vegetación*

Con la finalidad de comparar estadísticamente la riqueza de especies por tipo de vegetación (matorrales crasicaules y selvas bajas) en la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán, se calcularon curvas de rarefacción con sus intervalos de confianza al 95% para el número de especies acumuladas en función del número de murciélagos registrados. Esta técnica permite hacer comparaciones de la riqueza de especies entre ensamblajes, ya que

controla las diferencias en la abundancia o reduce las muestras a un nivel de abundancia común (Gotelli y Colwell, 2001). El análisis se realizó utilizando el programa PAST (Hammer *et al.*, 2009)

8.2.7 Estructura trófica de los ensamblajes de murciélagos

El empleo de grupos funcionales, tales como categorías tróficas, resulta más útil para la interpretación ecológica de las diferencias estructurales entre ensamblajes, que la simple comparación de las listas de nombres (Soriano, 2000). Con la finalidad de analizar la forma en cómo los recursos son explotados y la estructura trófica de los ensamblajes, se determinaron los gremios tróficos de las especies de murciélagos filostómidos y mormópidos de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán.

Se realizó una revisión bibliográfica para incluir a todas especies de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae que han sido registradas en la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996; Juárez-Castillo, 2005; Hernández-Flores, 2009). Posteriormente, se definieron los gremios tróficos, con base en la información disponible en la literatura (Gardner, 1977; Bonaccorso, 1979; Ceballos y Oliva, 2005) y por las observaciones directas de los animales capturados en campo y su grado de especialización alimenticia.

Los grupos tróficos que se reconocen en este trabajo incluyen: frugívoros, que se subdividieron en especialistas en *Ficus* (*Artibeus* sp.), frugívoros especialistas en desechos (*Centurio senex*) y frugívoros generalistas (*Sturnira* sp.); nectarívoros, que se subdividieron

en especialistas en *Agave* sp (*Leptonycteris nivalis*), especialistas en cactáceas columnares (*Leptonycteris yerbabuena*), generalistas (*Glossophaga soricina*); hematófagos (*Desmodus rotundus*) e insectívoros de sustrato (*Micronycteris* sp., *Pteronotus* sp.).

8.2.8 Tamaños corporales de los ensamblajes de murciélagos

El tamaño corporal influye en el comportamiento alimenticio de las especies y es uno de los mecanismos que permite identificar la estructura y composición de las comunidades (Bloch *et al.*, 2010).

Con esta finalidad, se describió la estructura de los tamaños corporales de las especies de murciélagos filostómidos y mormópidos que habitan la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán. Las especies fueron clasificadas en intervalos de tamaño, basados en la longitud del antebrazo, manteniendo una relación de aproximadamente 1.25 cm entre un intervalo y el siguiente superior, de acuerdo con el cociente de Hutchinson de entre 1.2 y 1.3 cm (Hutchinson, 1959). Para asignar a cada especie dentro de su intervalo de tamaño, se utilizó el promedio de la longitud del antebrazo cuando $n > 1$ ó el mismo valor cuando $n=1$.

Se aplicaron pruebas de bondad de ajuste X^2 para evaluar si la proporción de especies presentes en cada categoría trófica difiere entre las regiones que habitan

8.2.9 Similitud de los ensamblajes de murciélagos entre tipos de vegetación y entre regiones.

Para analizar la posible variación en la composición de especies entre sitios y tipos de vegetación, se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Este análisis permite graficar la similitud en la posición relativa de las muestras pertenecientes a los distintos sitios y hábitats. Considerando que las condiciones ambientales en cada tipo de vegetación son diferentes, se espera encontrar una mayor relación entre los sitios que pertenecen al mismo tipo de vegetación. El NMDS ordena los valores de distancia entre todos los pares de muestras. La ordenación obtenida se utiliza posteriormente en un procedimiento iterativo para ubicar los puntos de las muestras en un espacio de dos dimensiones que conserva las distancias entre puntos. En este análisis se utilizó el índice de disimilitud de Bray-Curtis y se realizó utilizando el programa estadístico PAST (Hammer *et al.*, 2009).

9. RESULTADOS

En la Barranca de Metztitlán, con un esfuerzo de captura de 48 noches de muestreo (34 560 horas/red) se capturaron un total de 184 individuos que pertenecen a 8 géneros y a 10 especies (de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae) en los matorrales crasicales y selvas bajas caducifolias muestreados (Anexo I).

Para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, el esfuerzo de captura fue de 44 noches de muestreo (33 000 horas/red) en los tipos de vegetación equivalentes. Se capturaron 332 individuos, que pertenecen a 13 géneros y a 16 especies de las familias Phyllostomidae y Mormoopidae (Anexo I).

9.1 Evaluación del muestreo de murciélagos en cada región

De acuerdo con el estimador de riqueza de Clench, el muestreo fue adecuado para caracterizar adecuadamente los ensamblajes de murciélagos en ambas regiones, ya que se obtuvieron niveles de inventario altos.

Para la Barranca de Metztitlán, el estimador predijo una riqueza de 10.89 especies (Fig. 7), lo cual indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para caracterizar el ensamblaje a una completitud del 91.78%. Respecto al Valle de Tehuacán-Cuicatlán, el estimador predijo una riqueza de 16.64 especies (Fig. 7), por lo que el nivel de completitud del inventario fue del 95.05%

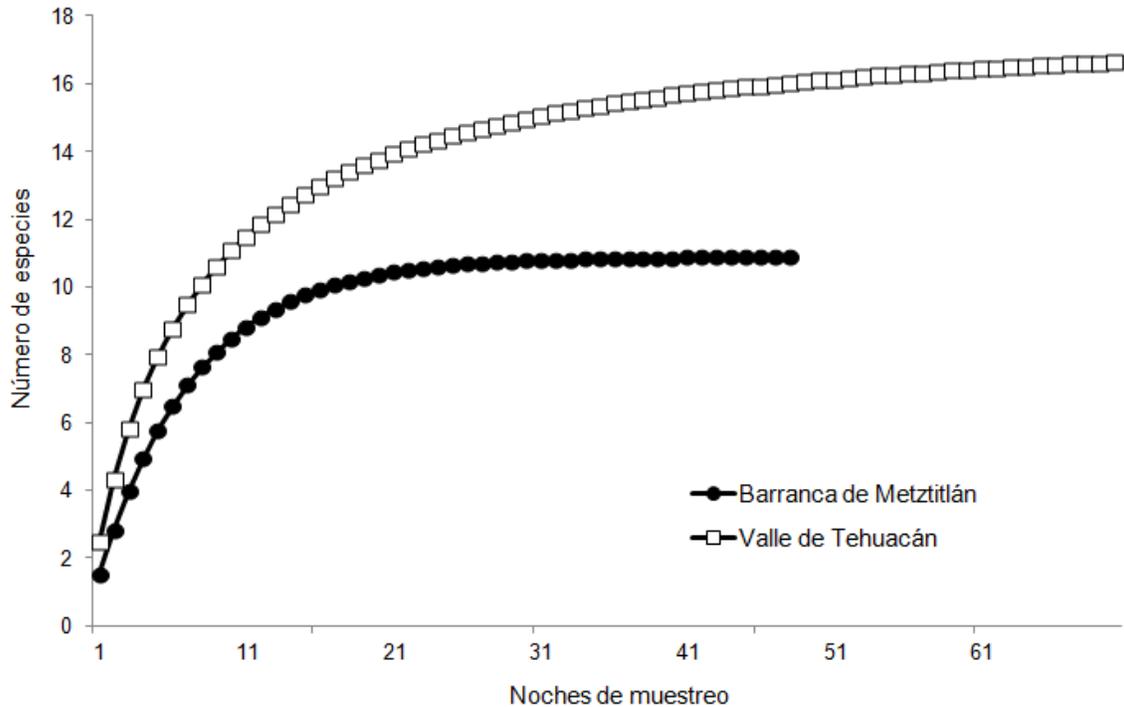


Figura 7. Curvas de acumulación de especies para los ensamblajes de murciélagos capturados con redes de niebla en las selvas bajas y los matorrales crasicuales de la Barranca de Metztlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. De acuerdo con el estimador de Clench para la Barranca de Metztlán la completitud del inventario fue del 91.78% y para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán la fue del 95.05%

9.2 Patrones de abundancia de las especies de murciélagos entre tipos de vegetación

En la estructura poblacional de los ensamblajes en los matorrales crasicuales, tanto de la Barranca de Metztlán como en el Valle de Tehuacán, se observó un patrón general de dominancia de una sola especie; el murciélago nectarívoro *Leptonycteris yerbabuena*. Para la Barranca de Metztlán, la segunda especie más abundante fue el murciélago generalista *Sturnira ludovici*, mientras que para el Valle de Tehuacán fue el murciélago nectarívoro *Choeronycteris mexicana*. Fueron nueve las especies de murciélagos

registradas para Metztitlán, mientras que en el Valle de Tehuacán fueron once especies (Fig. 8).

En las selvas bajas, dos especies de murciélagos frugívoros fueron las más abundantes. En Metztitlán fue la especie *S. ludovici*, mientras que en Tehuacán fue la especie *Artibeus jamaicensis*. Cabe señalar que en ambos casos la segunda especie más abundante fue *L. yerbabuena* y la tercera especie más abundante fue *Choeronycteris mexicana*. Las selvas bajas de Tehuacán fueron el ambiente donde se presentó el ensamblaje con la mayor riqueza de especies, con catorce especies registradas. En contra parte, en las selvas bajas de Metztitlán se registró un menor número de especies, con sólo siete especies registradas (Fig. 8).

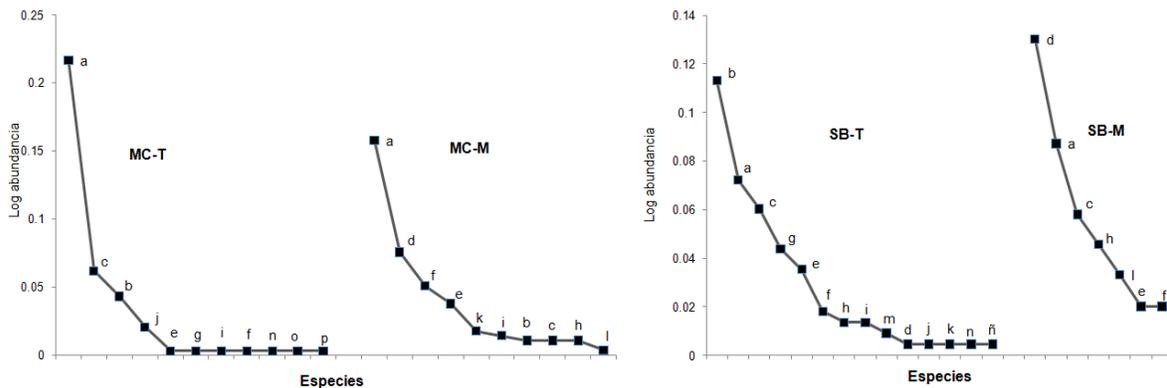


Figura 8. Curvas de rango abundancia (o diversidad-dominancia) de los ensamblajes de murciélagos capturados en la Barranca de Metztitlán (MC-M: matorrales crasicaules; SB-M: selvas bajas) y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (MC-T: matorrales crasicaules; SB-T: selvas bajas). Las letras representan a las especies. a: *Leptonycteris yerbabuena*, b: *Artibeus jamaicensis*, c: *Choeronycteris mexicana*, d: *Sturnira ludovici*, e: *Desmodus rotundus*, f: *Sturnira lilium*, g: *Micronycteris microtis*, h: *Mormoops megalophylla*, i: *Artibeus lituratus*, j: *Leptonycteris nivalis*, k: *Glossophaga soricina*, l: *Artibeus toltecus*, m: *Pteronotus parnellii*, n: *Centurio senex*, ñ: *Artibeus phaeotis*, o: *Anoura geoffroyi* y p: *Diaemus youngi*.

9.3 Evaluación de los modelos de distribución

Los patrones de abundancia de las especies en el matorral crasicaule de la Barranca de Metztitlán ($X^2 = 370.647$, $P = 0.1567$) y del Valle de Tehuacán ($X^2 = 0.0841536$, $P = 0.7717$) se ajusta al modelo de serie logarítmica. Esto indica que existe un número pequeño de especies abundantes y una gran proporción de especies raras. Por su parte, la abundancia de las especies en las selvas bajas de la Barranca de Metztitlán ($X^2 = 146.405$, $P = 0.3303$) y el Valle de Tehuacán ($X^2 = 0.78696$, $P = 0.8525$) se ajusta al modelo de la serie geométrica, lo que indica que cada especie llega a intervalos de tiempo regulares y toma una fracción constante de los recursos restantes.

9.4 Biomasa de las especies de murciélagos y gremios tróficos entre tipos de vegetación

Los patrones de biomasa de las especies de murciélagos registradas relevan la dominancia de una sola especie en cada tipo de vegetación. Para los matorrales crasicaules del Valle de Tehuacán y la Barranca de Metztitlán la especie dominante fue *Leptonycteris yerbabuena*. Para las selvas bajas caducifolias las especies con mayor biomasa fueron los frugívoros *Artibeus jamaicensis* en Tehuacán y *Sturnira ludovici* en la Barranca de Metztitlán (Fig. 9). Los individuos capturados fueron agrupados de acuerdo con su gremio trófico y por tipo de vegetación. Se encontró una mayor biomasa de especies nectarívoras en los matorrales crasicaules del Valle de Tehuacán, mientras que en las selvas bajas de Metztitlán se registró la menor biomasa de nectarívoros (Fig. 10). En los matorrales crasicaules de Metztitlán y las selvas bajas de Tehuacán, la biomasa de nectarívoros fue similar. Por otra parte, la mayor biomasa de murciélagos frugívoros se registró en las selvas bajas del Valle de Tehuacán, seguido de los matorrales crasicaules de la Barranca de

Metztlán, en los tipos de vegetación restantes la biomasa de frugívoros fue similar. Para los hematófagos, la mayor biomasa se registró en las selvas de Tehuacán y los matorrales crasicaules de Metztlán, respectivamente. En general, para el gremio de los insectívoros, se registró una baja biomasa en todos los tipos de vegetación, siendo más alta en las selvas bajas del Valle de Tehuacán.

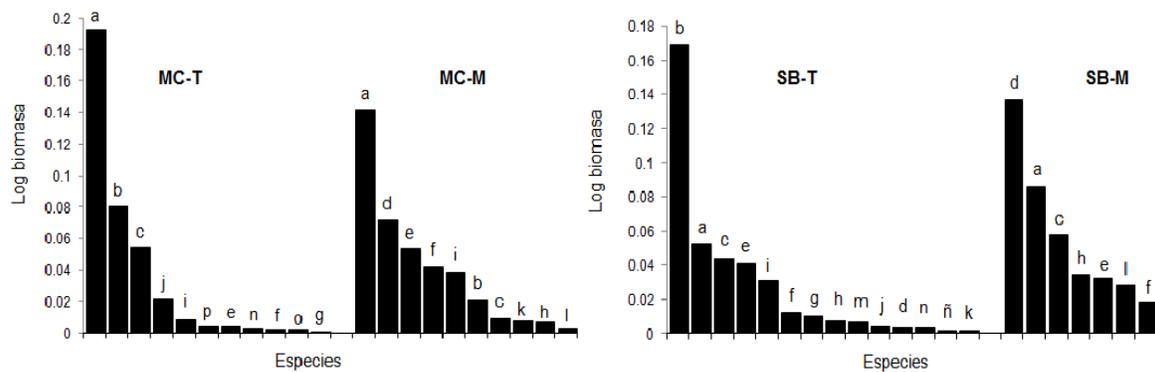


Figura 9. Biomasa de los ensamblajes de murciélagos capturados en la Barranca de Metztlán (MC-M: matorrales crasicaules; SB-M: selvas bajas) y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (MC-T: matorrales crasicaules; SB-T: selvas bajas). Las letras representan a las especies. a: *Leptonycteris yerbabuena*, b: *Artibeus jamaicensis*, c: *Choeronycteris mexicana*, d: *Sturnira ludovici*, e: *Desmodus rotundus*, f: *Sturnira lilium*, g: *Micronycteris microtis*, h: *Mormoops megalophylla*, i: *Artibeus lituratus*, j: *Leptonycteris nivalis*, k: *Glossophaga soricina*, l: *Artibeus toltecus*, m: *Pteronotus parnellii*, n: *Centurio senex*, ñ: *Artibeus phaeotis*, o: *Anoura geoffroyi* y p: *Diaemus youngi*.

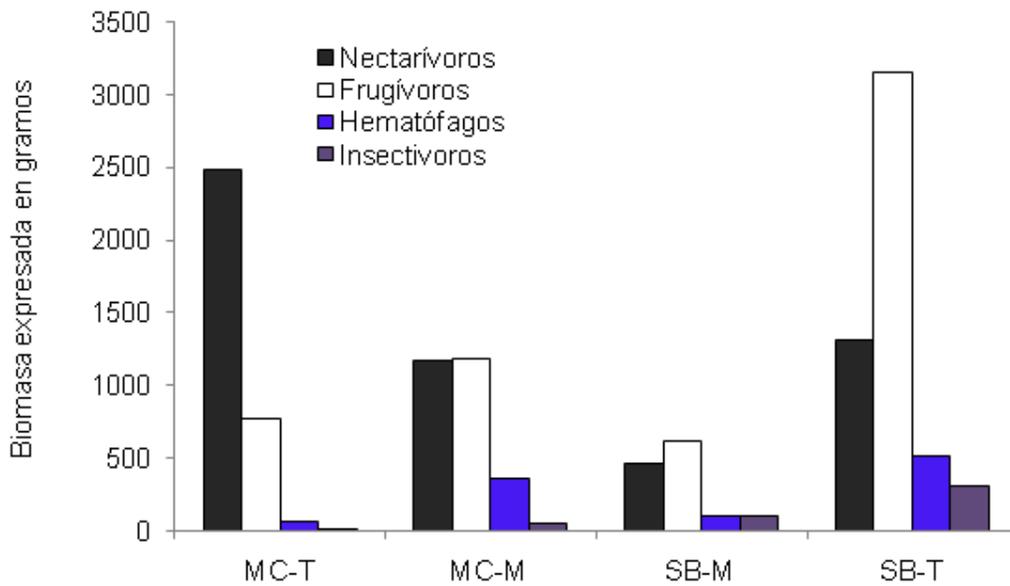


Figura 10. Biomasa de los gremios tróficos registrados en la Barranca de Metztitlán (MC-M: matorrales crasicaules; SB-M: selvas bajas) y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (MC-T: matorrales crasicaules; SB-T: selvas bajas). La biomasa de los gremios esta expresada en gramos.

9.5 Diversidad de especies entre ensamblajes

De acuerdo con el índice de diversidad verdadera de orden 1, la comunidad más diversa fue la selva baja de Tehuacán con un valor de 8.32 especies efectivas. Las selvas bajas y los matorrales crasicaules de la Barranca de Metztitlán, mostraron valores similares de 5.64 y 5.73 especies efectivas respectivamente. Mientras que los matorrales crasicaules del Valle de Tehuacán-Cuicatlán mostraron un valor de 3.77 especies efectivas (Fig. 11). De acuerdo con los intervalos de confianza, no existen diferencias significativas en los valores de diversidad de las comunidades de murciélagos.

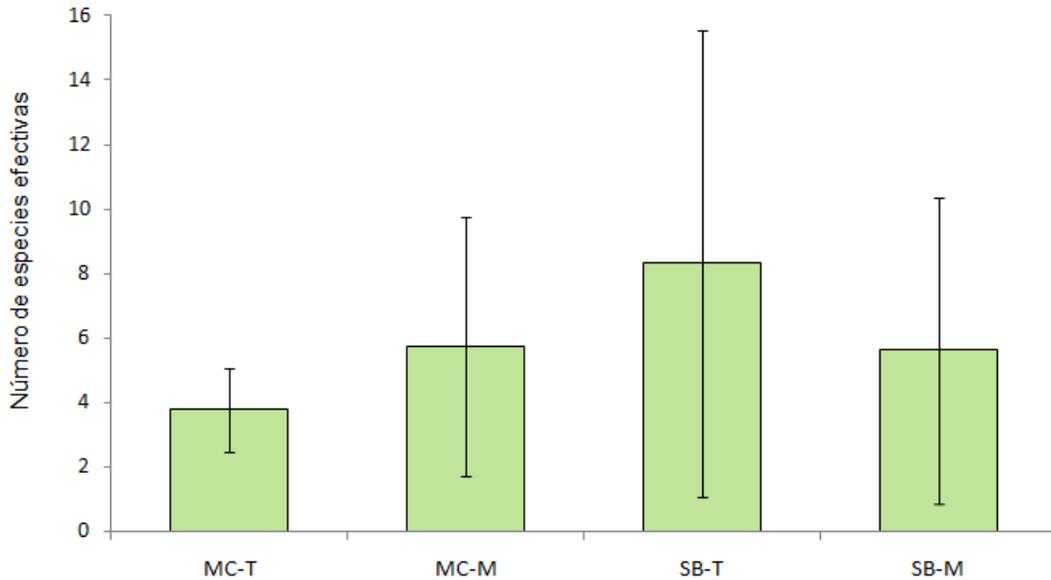


Figura 11. Número de especies efectivas registradas en la Barranca de Metztitlán (MC-M: matorrales crasicaules; SB-M: selvas bajas) y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán (MC-T: matorrales crasicaules; SB-T: selvas bajas). Para cada valor se presenta su intervalo de confianza al 95%

9.6 Riqueza de especies

Las curvas de rarefacción indican que las selvas bajas del Valle de Tehuacán son el ensamblaje con mayor riqueza de especies de murciélagos filostómidos y mormópidos, y que difiere marcadamente del resto de los ensamblajes, que presentaron una riqueza más baja con el mismo número de individuos (Fig. 12).

Para el resto de los ensamblajes no se encontraron diferencias significativas, aunque en los matorrales crasicaules de Metztitlán se presenta una riqueza ligeramente más alta, con respecto a las selvas bajas de Metztitlán y los matorrales crasicaules de Tehuacán que prácticamente muestran la misma riqueza (Fig. 12).

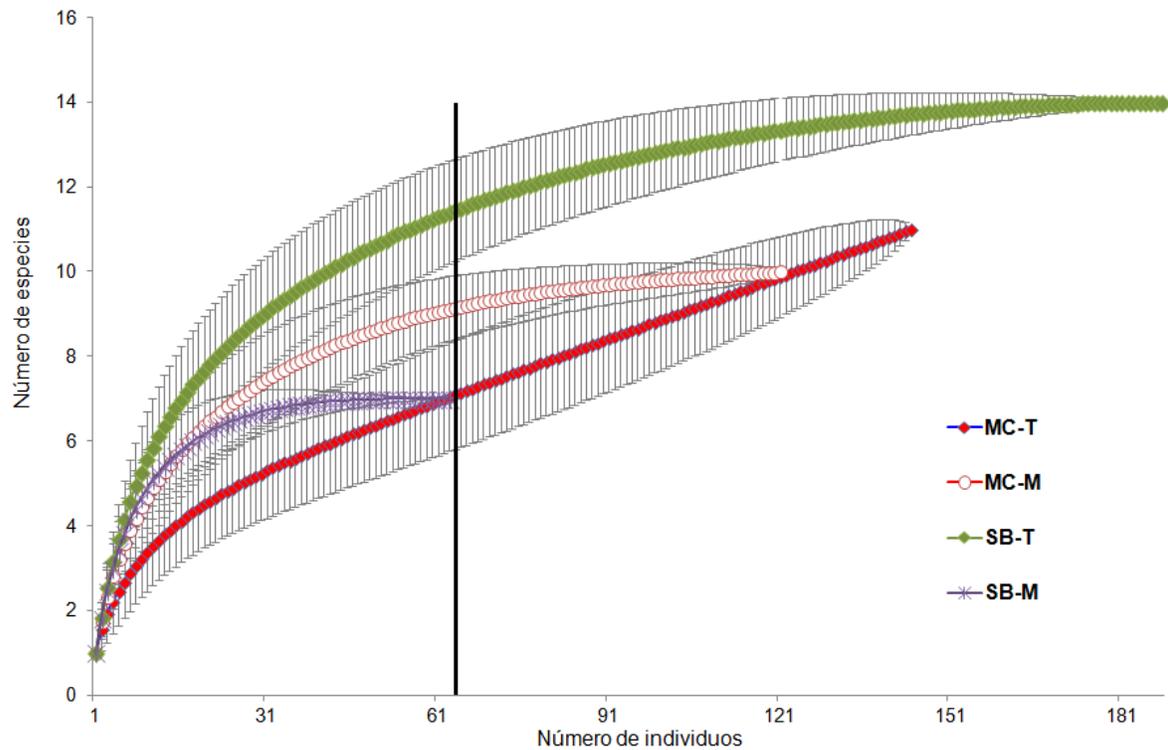


Figura 12. Curvas de rarefacción basadas en individuos de los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztitlán (MC-M: matorrales crasicuales; SB-M: selvas bajas) y del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (MC-T: matorrales crasicuales; SB-T: selvas bajas). Para cada curva se indican sus intervalos de confianza al 95%.

9.7 Estructura trófica de los ensamblajes de murciélagos

Se identificaron cuatro grupos tróficos generales: frugívoros, nectarívoros, hematófagos e insectívoros (Fig. 13). Estos grupos fueron subdivididos de acuerdo con sus hábitos alimenticios y su grado de especialización. Se generó una matriz con un total de 16 celdas (8 grupos tróficos en dos comunidades; Tabla 2). De ellas, sólo 15 están ocupadas por una o más especies.

Existen cuatro grupos con tres especies o más y estos son: frugívoros especialistas en *Ficus* sp., frugívoros generalistas, nectarívoros generalistas e insectívoros de sustrato. Los murciélagos frugívoros especialistas en desechos (*Centurio senex*), los nectarívoros especialistas en *Agave* sp. (*Leptonycteris nivalis*) y los especialistas en cactáceas columnares (*L. yerbabuena*) sólo se encuentran representados por una especie.

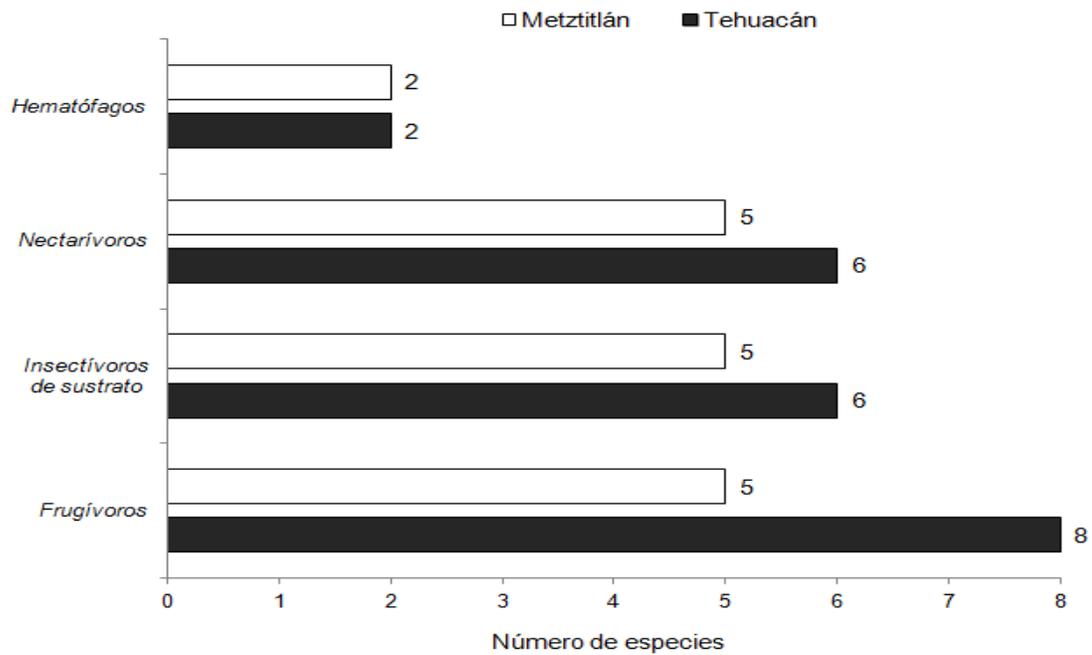


Figura 13. Número de especies de murciélagos filostómidos y mormópidos en el Valle de Tehuacán y la Barranca de Metztlán, organizados por gremios tróficos.

Tabla 2. Estructura por grupos tróficos de acuerdo con los hábitos alimenticios y el grado de especialización de los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Gremios tróficos	Tehuacán	Metztitlán
Frugívoros		
Especialistas en <i>Ficus</i> sp.	4	3
Especialistas en desechos	1	
Generalistas	3	2
Nectarívoros		
Especialistas <i>Agave</i> sp.	1	1
Especialistas en cactus columnares	1	1
Generalistas	4	3
Hematófagos		
	2	2
Insectívoros		
Insectívoros de sustrato	6	5

9.8 Tamaños corporales de los ensamblajes de murciélagos

Se determinaron cuatro clases de tamaños corporales para los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán (Tabla 3). La mayoría de las especies son de tamaño I (el 46%), seguidas del tamaño II (el 33%), el tamaño III (16.6%), mientras que sólo el 4.1% son de tamaño IV. Para las clases de tamaño III y IV se presenta el mismo número de especies en ambas regiones, mientras que para las clases I y

II hay más especies en Tehuacán, siendo además estas diferencias significativas ($X^2 = 0,016758$, $P = 0,999$, g.l=3). En el Anexo II se presenta la lista de todas las especies consideradas en el análisis.

Tabla 3. Estructura por tamaños corporales de los ensamblajes de murciélagos de la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Los tamaños se fijaron utilizando en cociente de Hutchinson, en 1.25. Cada grupo es 1.25 veces mayor que el siguiente. El tamaño I es antebrazo de 35 a 43.75, el II de 43.76 a 54.75, el III de 54.76 a 68.75, y el IV de 68.76 a 86.

Clases de tamaños	Tehuacán	Metztitlán
I	9	7
II	7	6
III	4	4
IV	1	1

9.9 Similitud de los ensamblajes de murciélagos entre tipos de vegetación y entre regiones

De acuerdo al análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) se muestra claramente que la composición de especies de murciélagos es distinta para cada uno de las localidades. El análisis agrupó a las localidades que pertenecen al mismo tipo de vegetación y a la misma región, definiendo así las variaciones estructurales en las comunidades de los murciélagos (Fig. 14). De acuerdo con lo anterior, a pesar de que puede existir parecido en la estructura de los ensamblajes, las variantes en los tipos de vegetación pueden ser los suficientemente importantes para determinar la composición de especies en cada comunidad.

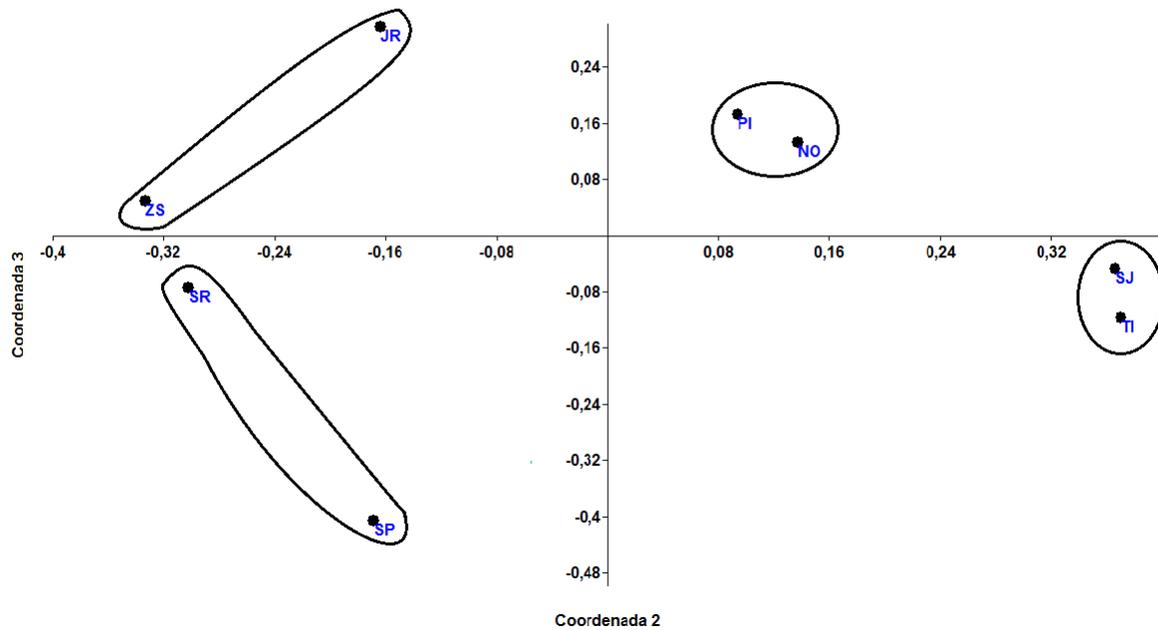


Figura 14. Similitud en la composición de especies de los sitios de muestreo de acuerdo con el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). La comparación se realizó utilizando el índice de Bray-Curtis. Las letras de gráfica corresponden a los sitios PI: Las Pilas; NO: La Nogalera (matorrales crasicaules de Metztlán); SJ: San Juan; TI: Ejido de Tlaxco (selvas bajas de Metztlán); JR: San Juan Raya; ZS: Zapotitlán Salinas (matorrales crasicaules de Tehuacán) y SR: San Rafael; SP: San Pedro (selvas bajas de Tehuacán)

10. DISCUSIÓN

De acuerdo con el estimador de riqueza de Clench, la completitud de los inventarios fue suficiente para hacer inferencias sobre la organización y diversidad de los ensamblajes de murciélagos filostómidos y mormópidos del Valle de Tehuacán y la Barranca de Metztitlán. Como se predijo en la primera hipótesis, se encontraron diferencias en el número y la composición de especies de murciélagos (Phyllostomidae y Mormoopidae) que conforman los ensamblajes de las dos regiones estudiadas en este trabajo. Aunque si bien, estas diferencias existen, cabe señalar que arreglo estructural de los ensamblajes de murciélagos de Tehuacán y Metztitlán es similar. De manera general, la variación deducida del número de registros de las especies capturadas se ajusta al patrón estructural característico de las comunidades de murciélagos tropicales, donde pocas especies son abundantes y muchas son escasas (Heithaus *et al.*, 1975; Medellín, 1993; Kalko, 1998). En conjunto, entre las dos regiones estudiadas hay muchas especies compartidas. Entre las dos zonas se reúnen 17 especies (10 en Metztitlán y 16 en Tehuacán), de ellas, nueve especies (el 53 % del total) son compartidas.

10.1 *Patrones de abundancia de las especies*

Con respecto a la segunda predicción, también se confirma una mayor similitud en la estructura de los ensamblajes de murciélagos que pertenecen al mismo tipo de vegetación, aún cuando éstos pertenezcan a regiones diferentes. Considerando la estructura poblacional observada en los tipos de vegetación muestreados, para los matorrales crasicaules tenemos que tanto en Metztitlán como en Tehuacán, se observa la dominancia de una sola especie: *Leptonycteris yerbabuena*, un murciélago nectarívoro que habita

comúnmente en las regiones semiáridas de México (Koopman, 1981), donde interactúa de manera importante con muchas especies de agaves y cactáceas columnares (Rojas-Martínez *et al.*, 2004). La dominancia de *L. yerbabuena* en Metztitlán y Tehuacán, puede obedecer a que en ambas regiones la vegetación, a diferencia de lo que sucede en otras zonas áridas de Norteamérica, está dominada por plantas perennes (Rzedowski, 1978), muchas de las cuales tienen tejidos suculentos disponibles todo el año, ó bien, estacionalmente pueden producir flores y frutos, lo que favorece la presencia de murciélagos. Por ejemplo, en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, coexisten 45 de las 70 especies de cactáceas columnares reconocidas en México (Valiente-Banuet *et al.*, 1996). De estas, la mayoría presentan el síndrome de la quiropterofilia. Por otra parte, en la Barranca de Metztitlán, algunas especies de cactus columnares, como *Isolatocereus dumortieri* presentan densidades de hasta 250 individuos reproductivos/ha, los cuales producen floraciones masivas que atraen a los murciélagos nectarívoros (Cornejo-Latorre *et al.*, 2011). Por lo tanto, la dominancia de *L. yerbabuena* en los matorrales crasicales, puede obedecer a que las cactáceas columnares, constituyen el componente dominante de la vegetación en estas regiones de México. Las cactáceas columnares producen floraciones en momentos determinados del año y son polinizadas sólo por murciélagos (Valiente-Banuet *et al.*, 1996), como es el caso de *Neobuxbaumia macrocephala* y *N. tetetzo* que florecen durante la primavera (Valiente-Banuet *et al.*, 1996) y *Stenocereus stellatus* que florece durante el verano (Casas *et al.*, 1999) así como *Pachycereus weberi* y *Pilosocereus chrysacanthus* que florecen en el otoño y el invierno (Valiente-Banuet *et al.*, 1997). Adicionalmente, 21 especies de frutos de cactáceas columnares son consumidos por *L. yerbabuena*, en Tehuacán (Rojas-Martínez, 2001). Finalmente, también es posible que este murciélago sea una especie residente en tanto en Metztitlán como en Tehuacán (Rojas-Martínez *et al.*, 2009). Los patrones de

abundancia de las especies en el matorral crasicaule se ajustó al modelo de serie logarítmica, lo cual indica que existe un número pequeño de especies abundantes y una gran proporción de especies raras.

En general, las selvas bajas difirieron de los matorrales crasicaules porque el ensamble de murciélagos estuvo dominado por especies frugívoras. Para el caso de las selvas bajas de Tehuacán se registró la mayor diversidad (8.32 especies efectivas), pero contrasta con la diversidad de las selvas bajas de Metztitlán, que fue un ambiente empobrecido y donde la diversidad fue menor (5.64 especies efectivas). Una posible explicación para los patrones de abundancia en las selvas bajas, puede ser el hecho de que en este tipo de vegetación la estructura de las comunidades de plantas en general sea más diversa, y por lo tanto, los tipos de recursos para los murciélagos sean mayores en comparación con los matorrales crasicaules, donde predominan las plantas que producen grandes cantidades de néctar. En contraparte, la menor diversidad de murciélagos en las selvas de Metztitlán puede ser consecuencia de una menor productividad de la vegetación en comparación con las selvas bajas de Tehuacán. En ambas selvas bajas, la abundancia de las especies se ajustó al modelo de la serie geométrica, indicando que cada especie llega a intervalos de tiempo regulares y toma una fracción constante de los recursos restantes.

10.2 *Patrones de biomasa de las especies y gremios tróficos*

Además de considerar el número de individuos de cada especie, se analizó la biomasa, una variable que explica de manera más real y directa la cantidad de recursos que son explotados y los cambios estructurales en la comunidad (Halffter *et al.*, 2011). En general, los murciélagos nectarívoros y frugívoros fueron los gremios tróficos más

abundantes en los ensamblajes. La diversidad y abundancia de los recursos vegetales quiropterófilos, tanto en el Valle de Tehuacán como en la Barranca de Metztitlán, parecen ser una de las causas principales de la dominancia de murciélagos nectarívoros en estas localidades. Por ejemplo, en el Valle de Tehuacán se ha estimado que la vegetación quiropterófila puede producir hasta 0.48 l/ha/día de néctar (43 l/ha/año) y 815.7 kg de fruta durante la primavera y el verano en los bosques de cactáceas (Rojas-Martínez, 2001). Por su parte, en Metztitlán se ha estimado una producción de 0.598 l/ha/día de néctar y 5.486 l/ha/día durante la primavera (Cornejo-Latorre, 2007). Para las selvas bajas de Tehuacán, donde el ensamble de frugívoros es dominante, la estimación es de 0.18 l/ha/día de néctar (32.82 l/ha/año) y 1 100 kg ha de fruta durante el otoño y el invierno (Rojas-Martínez, 2001). Para las selvas bajas de Metztitlán no se tiene datos sobre la productividad de la vegetación.

La dominancia del ensamble de las especies nectarívoras en los matorrales crasicuales de Tehuacán y Metztitlán, difiere de los reportado para otros ambientes neotropicales. Principalmente en ambientes tropicales húmedos ó en paisajes fragmentados, se ha reportado que los murciélagos frugívoros son el ensamble dominante (Fenton *et al.*, 1992). En contraste, la baja abundancia de murciélagos insectívoros puede obedecer a posibles a sesgos en el muestreo, por lo que probablemente algunas especies se encuentran “submuestreadas” de acuerdo con el método de captura (redes de niebla) utilizado en este trabajo. Para el caso de los murciélagos hematófagos la baja abundancia puede explicarse en función de que estas especies están restringidas principalmente a áreas de vegetación secundaria, cultivos y pastizales. Aunado a esto, cuando se realizó el muestreo se llevó a

cabo una campaña de erradicación del murciélago vampiro *Desmodus rotundus* en la Barranca de Metztitlán.

10.3 Estructura trófica y tamaños corporales

A excepción del grupo trófico de murciélagos frugívoros especialistas en desechos (*Centurio senex*) presente únicamente en Tehuacán, ambas regiones comparten las mismas categorías tróficas descritas en este trabajo. Debido al conocimiento detallado que se tiene sobre las estrategias de vida de los murciélagos nectarívoros en Tehuacán y Metztitlán, se puede considerar que la clasificación de sus categorías tróficas es confiable, aunque no así con los murciélagos frugívoros e insectívoros, en los que aún es necesario contar con información más detallada sobre sus estrategias alimenticias. Es indispensable realizar estudios sobre las interacciones dentro de cada uno de los gremios tróficos para hallar los mecanismos que permiten la coexistencia de esas especies. Por lo que probablemente, la categoría de “frugívoros especialistas en *Ficus*” quedaría anulada conforme se reúna más información sobre la alimentación y la ecomorfología de cada especie. La presencia de especies emparentadas (familias o géneros) que comparten estrategias de vida similares en una misma región o localidad, puede ser el reflejo de la existencia de recursos alimenticios abundantes, lo cual permite la coexistencia de especies con requerimientos similares (Kaufman, 1995), como ocurre posiblemente en el caso de Tehuacán y Metztitlán.

Con respecto a los tamaños corporales, tanto en Tehuacán y Metztitlán se registraron cuatro clases para las especies de murciélagos. En otras comunidades de murciélagos que habitan en ambientes tropicales húmedos, como en la región de Chajul, Chiapas, se han registrado hasta cinco clases de tamaños (Medellín, 1993). En términos

generales, los ensamblajes de murciélagos de Metztitlán y Tehuacán estuvieron dominados por especies de tamaño corporal pequeño (clases I y II). De ellas, la mayor riqueza de especies se presentó en Tehuacán. Lo cual puede ser consecuencia del efecto latitudinal, así como de la productividad de la vegetación del Valle. Para las clases de tamaño III y IV se presentaron el mismo número de especies en ambas regiones. Aunque la clase IV solo estuvo representada por una especie (*Artibeus lituratus*). La preponderancia de especies de tamaño pequeño (79%) posiblemente puede ser una consecuencia de la afectación sistemática producida por la estructura y composición de la vegetación analizada en Tehuacán y Metztitlán, que reduce el hábitat disponible para especies de mayor tamaño.

Otro aspecto importante es la consideración de las limitaciones plásticas y fisiológicas de los murciélagos, que no permiten la existencia de murciélagos hematófagos de tamaño pequeño y probablemente estas mismas restricciones no permiten la existencia de nectarívoros de tamaño grande, mientras que los insectívoros cambian a carnívoros cuando se incrementa el tamaño (Medellín, 1993).

En Tehuacán y Metztitlán, las especies cercanamente emparentadas difirieron en sus tamaños corporales. Por ejemplo: *Leptonycteris nivalis* (III) y *L. yerbabuena* (II); *Sturnira lillium* (I) y *S. ludovici* (II); *Artibeus jamaicensis* (III) y *A. lituratus* (IV). Además, en ambas regiones se presentaron combinaciones únicas de especies hematófagas, las cuales también difieren en tamaño: *Desmodus rotundus* (III) con *Diphylla ecaudata* (II) ó *Diaemus youngi* (II). Lo anterior probablemente puede ser una consecuencia de los mecanismos que permiten la coexistencia de estas especies en Tehuacán y en Metztitlán. Además revela la importancia del tamaño corporal como un factor crítico para la movilidad de los murciélagos, que afecta los patrones de forrajeo y la presencia de las especies. Con la

similitud en el número de categorías tróficas y de clases de tamaños de las especies de murciélagos de Metztlán y Tehuacán, se confirma la predicción de la tercera hipótesis, aún cuando las regiones analizadas tienen una historia biogeográfica diferente.

10.4 *Similitud de los ensamblajes*

Los ensamblajes de murciélagos estuvieron afectados por los cambios en la estructura de los tipos de vegetación. El NNMS agrupó a las localidades que pertenecen al mismo tipo de vegetación y en la misma región, definiendo así las variaciones estructurales en las comunidades de los murciélagos. Como se describió en la sección de Áreas de estudio y sitios de muestreo, los tipos de vegetación muestreados en Metztlán y Tehuacán, muestran características muy particulares, las cuales difirieron principalmente en la composición y abundancia de las especies vegetales. Por lo tanto, es posible que estas variaciones sean lo suficientemente importantes para afectar la estructura de los ensamblajes de murciélagos. Stoner (2005) reporta un resultado similar, al comparar las comunidades de murciélagos filostómidos de las selvas bajas de Chamela-Cuixmala, Jalisco, México *versus* los bosques secos del Parque Nacional Palo Verde, Costa Rica. Stoner (2005) concluye que las variantes en la estructura y composición de la vegetación en ambas regiones, son los factores que afectan a la estructura de los ensamblajes de murciélagos. Es factible también que otros factores, aparte de la vegetación (*i.e.* el pool regional de especies), estén influyendo en los resultados observados, lo cual debe ser tomado en cuenta para futuros análisis. También sería importante contrastar los resultados de las similitudes entre estos ensamblajes, con los datos de otras regiones o sitios cercanos para analizar el comportamiento bajo otro tipo de condiciones y ambientes.

10.5 *El papel de las interacciones ecológicas y la historia biogeográfica.*

La estructura de las comunidades biológicas es considerada el producto de factores que pueden dividirse en dos grandes grupos: a) las condiciones ambientales actuales, que incluye las condiciones físicas regionales y locales, además de las interacciones entre las especies y b) las variaciones históricas en las condiciones ambientales y sus procesos asociados (dispersión, especiación, migraciones y/o extinciones; Whittaker *et al.*, 2007). En el caso de los murciélagos, se ha documentado que factores como la complejidad de la vegetación y la diversidad de los recursos y los hábitats están directamente relacionados con la riqueza local de este grupo. Es decir, un ambiente con condiciones espacialmente más heterogéneas, puede proporcionar una mayor diversidad de nichos potencialmente adecuados para las especies que coexisten en él. Situando los resultados de este trabajo en el contexto anterior, se puede decir que las selvas bajas representan un ambiente más complejo en relación a los matorrales crasicuales, por lo tanto, la mayor diversidad de los ensamblajes de murciélagos en estos hábitats puede ser una consecuencia de lo anterior. En este mismo sentido, Aguirre (2002) encontró una mayor riqueza de especies de murciélagos en las sabanas de Bolivia con respecto a pastizales. Concluye que las sabanas pueden proveer más nichos (*i.e.* áreas de forrajeo y sitios de refugio). Aunado a lo anterior, Zortea y Alho (2008) sugieren que la estructura de los ensamblajes de murciélagos son el reflejo de la estructura y composición de las comunidades vegetales de las cuales dependen, sustentando la idea de que los patrones de distribución y diversidad de los recursos son un factor importante para la organización de los ensamblajes de murciélagos.

Por otra parte, los factores históricos y evolutivos determinan la riqueza y composición de las especies de una comunidad (Ricklefs y Schluter, 1993). En el caso de

Tehuacán y Metztitlán, la estructura taxonómica y trófica de los ensamblajes de murciélagos difiere marcadamente de la composición esperada por motivos del azar para las zonas áridas de Norteamérica (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996; Juárez-Castillo, 2005). En ambas regiones existe una riqueza inusual de especies de afinidad tropical y de hábitos herbívoros, lo cual es similar a lo reportado en localidades costeras de mayor humedad. Una posible explicación para lo anterior puede ser la comunicación que tienen el Valle de Tehuacán y la Barranca de Metztitlán con regiones de mayor humedad, lo cual permite, que a pesar de ser regiones semiáridas, los murciélagos tengan acceso a estos lugares. En este sentido, el ensamblaje de murciélagos del Valle de Tehuacán puede ser un subconjunto del pool de murciélagos de la Cuenca del Río Balsas, donde el clima cálido seco y los recursos quiropterófilos están presentes (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Arita y Santos del Prado, 1999). A pesar de estar situado en la colindancia con el estado de Veracruz, el Valle de Tehuacán no está influido por la composición de murciélagos del Golfo de México. Lo cual demuestra que la Sierra Madre Oriental (> 3 000 msnm) es un verdadero obstáculo para el paso de murciélagos hacia Tehuacán y que la comunicación que existe a través del Cañón del Tomellín no es suficiente para intercambiar especies. Para el caso de la Barranca de Metztitlán, el ensamblaje probablemente puede estar influido por la composición de murciélagos del Golfo de México, debido a la cercanía que tiene la barranca con el estado de Veracruz. Aunado a la colindancia y comunicación con regiones con alta riqueza de especies de murciélagos y donde las selvas bajas caducifolias son comunes (Costa del Golfo de México y Cuenca del Río Balsas), los ambientes vegetales existentes en Tehuacán y Metztitlán, resultan propicios para la existencia estacional o permanente de los murciélagos. Por otra parte, la presencia de una mayor riqueza y

diversidad de murciélagos en Tehuacán se puede explicar en función del efecto de la posición latitudinal del valle, lo cual permite una coexistencia de más especies, relacionada posiblemente con una mayor productividad de la vegetación.

En síntesis, la organización y composición de los ensamblajes de murciélagos filostómidos y mormópidos que ocurren en Tehuacán y Metztitlán, revelan la confluencia de las condiciones de aridez intertropical, la riqueza de especies vegetales quiropterófilas, latitud tropical y aislamiento que han generado condiciones ecológicas especiales que permiten la existencia de dos ensamblajes de murciélagos probablemente únicos en toda América.

10.6 *Implicaciones para la conservación*

La integridad y complejidad de la vegetación son factores muy importantes para preservar la diversidad de murciélagos, ya que la alteración del ambiente puede afectar la composición, la abundancia y posiblemente las funciones de los ensamblajes de murciélagos (Voss y Emmons, 1996; Kalko y Handley, 2001). En este trabajo, se demuestra que las selvas bajas de Tehuacán-Cuicatlán son ambientes importantes ya que mantienen una diversidad de murciélagos sobresaliente, con 8.32 especies efectivas y las de Metztitlán tienen una diversidad de 5.64 especies efectivas, valor similar al que presentan los matorrales crasicaules. Lo anterior es relevante, porque aún cuando las selvas bajas de Tehuacán y Metztitlán tienen una extensión territorial mucho menor en comparación a la de los matorrales crasicaules, mantienen una riqueza importante de murciélagos, mayor a la registrada en los matorrales. Con lo cual, al conservar estos tipos de vegetación se cumple con uno de los principales criterios del enfoque de planeación sistemática, que permite

identificar áreas prioritarias para la conservación, usualmente bajo el paradigma de elegir la menor área posible.

Por otra parte, aun cuando en general los matorrales crasicaules registraron una diversidad menor en comparación con las selvas bajas, es importante considerar que esto es una consecuencia de la dominancia de varias especies de murciélagos nectarívoros. A su vez, esta dominancia se explica porque muchas de las especies de agaves y cactáceas columnares presentes en los matorrales son polinizadas única y exclusivamente por murciélagos. De estas especies de plantas, algunas se encuentran bajo algún grado de amenaza para su conservación, tales como: *Cephalocereus senilis*, *Pseudomitrocereus fulviceps* y *Agave peacocki* (SEMARNAT, 2010). Por su parte, las especies de murciélagos nectarívoros presentes en los matorrales proveen de importantes servicios ambientales a través de su participación en la polinización y dispersión de muchas especies de plantas. Estas características asociadas con sus interacciones mutualistas, tales como su gran especialización alimenticia, su asociación con ambientes tropicales secos, su tamaño corporal pequeño y su alta dependencia del uso de refugios, hacen que los murciélagos nectarívoros sean más susceptibles a la extinción que otras especies de murciélagos con hábitos alimenticios distintos (Arita y Santos-del-Prado, 1999). En Tehuacán y Metztitlán, algunas especies de murciélagos nectarívoros tales como: *Leptonycteris yerbabuena*, *L. nivalis* y *Choeronycteris mexicana* se encuentran bajo alguna categoría de amenaza de acuerdo con la legislación ambiental mexicana (SEMARNAT, 2010).

En el contexto anterior, se debe reconocer la importancia de conservar tanto a las selvas bajas como a los matorrales crasicaules. Con esto, se aseguraría el mantenimiento de la diversidad de murciélagos filostómidos y mormópidos en los ecosistemas semiáridos de

dos regiones biológicamente muy importantes, como lo son el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la Barranca de Metztitlán.

Finalmente, es importante considerar también la preservación de las interacciones ecológicas y los servicios ambientales (polinización, dispersión de semillas, depredación de insectos, entre otros) que subyacen en los ambientes semiáridos de México, ya que los cambios que sufran los ensamblajes de murciélagos pueden afectar en última instancia a la estructura de las comunidades de plantas y viceversa. Sería deseable que este tipo de aspectos sean considerados en la elaboración de programas de manejo y en la conservación de los murciélagos de las regiones semiáridas, donde las interacciones entre las plantas y los murciélagos son fundamentales para mantener la integridad de la naturaleza y sus procesos asociados.

11. LITERATURA CITADA

AGUIRRE, L. E. 2002. Structure of a neotropical savanna bat community. *Journal of Mammalogy* 83: 775-784

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 Y P. RODRÍGUEZ. 2003. Ecología geográfica y macroecología. Pp. 63- 80 in Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones (Llorente-Bousquets, J., y J. J. Morrone, eds.). Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.

ARITA, H. T. 1991. Spatial segregation in long-nosed bats, *Leptonycteris nivalis* and *Leptonycteris curasoae*, in Mexico. *Journal of Mammalogy* 72: 706-714

AXELROD, D. I. 1983. Paleobotanical history of the western deserts. Pp. 113-129 in Origin and evolution of deserts (Wells, S. G., y D. R. Haragan, eds.). The University of New Mexico Press, Albuquerque.

BEGON, M., TOWNSEND, C. R Y J. L. HARPER. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Publishing Ltd, Malden, USA

BLOCH, C. P., STEVENS, R. D Y M. R. WILLIG. 2010. Body size and resource competition in New World bats: a test of spatial scaling laws. *Ecography* 33:1-9

BONACCORSO, F. J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Science* 24: 359-408

BRUNET, J. 1967. Geologic studies. Pp. 66-90 in Prehistory of the Tehuacan Valley, Environment and subsistence (D. S. Byers, ed.). vol. 1. Robert Peabody Foundation. University of Texas Press, Austin.

CASAS, A., A. VALIENTE-BANUET, A. ROJAS-MARTÍNEZ Y P. A. DÁVILA. 1999. Reproductive biology and the process of domestication of *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) in central Mexico. *American Journal of Botany* 86:534-542

CEBALLOS, G Y G. OLIVA (COORDINADORES). 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 986 p.

CHALLENGER, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. UNAM, Agrupación Sierra Madre, S.C. México, D.F. 847 p.

CONANP (COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS). 2003. *Programa de manejo de la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México*. Dirección General de Manejo para la Conservación. México, D. F.

CORNEJO-LATORRE, C. 2007. *Fluctuación de la abundancia anual de los murciélagos herbívoros en dos tipos de vegetación de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo*. Tesis de Licenciatura. UAEH. Hidalgo, México.

CORNEJO-LATORRE, C., ROJAS-MARTÍNEZ A. E., AGUILAR-LÓPEZ, M Y G. JUÁREZ-CASTILLO. 2011. Abundancia estacional de los murciélagos herbívoros y disponibilidad de los recursos quiropterófilos en dos tipos de vegetación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Therya* 2 (8):169-182

DÁVILA, P., J. L. VILLASEÑOR., R. MEDINA., A. RAMÍREZ., A. SALINAS., J. SÁNCHEZ-KEN Y P. TENORIO. 1993. *Listado florístico del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Listados florísticos VIII. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

DÁVILA, P., MA. DEL C. ARIZMENDI., A. VALIENTE-BANUET., J. L. VILLASEÑOR., A. CASAS Y R. LIRA. 2002. Biological diversity in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 11: 421-442

DÍAZ-FRANCÉS, E Y L.G. GOROSTIZA. 2002. Inference and model comparison for species accumulation functions using approximating pure-birth processes. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* 7:29-43

DÍAZ-FRÁNCES, E Y SOBERÓN, J. 2005. Statistical estimation and model selection of species accumulation functions. *Conservation biology* 19 (2): 569-573

FAUTH, J. E., J. BERNARDO., M. CAMARA., W. J. RESETARITS., VAN BUSKIRK, J Y S. A. MCCOLLUM. 1996. Simplifying the jargon of community ecology: a conceptual approach. *The American Naturalist* 174: 282-286

FEINSINGER, P. 2001. *Designing field studies for biodiversity conservation*. The Nature Conservancy. Island Press, Washington, D. C.

FENTON, M. B., ACHARYA, L., AUDET, D., HICKEY, M. B., MERRIMAN, C., OBRIST, M. K., SYME, D. M Y B. ADKINS. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicator of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica* 24:440-446.

FLEMING, T. H. 1982. Foraging strategies of plant-visiting bats. Pp. 287-325 in *Ecology of bats* (Kunz, T. H. ed.). Plenum Press, New York.

FLEMING, T. H. 1988. *The Short-tailed Fruit Bat*. University of Chicago Press, Chicago.

GARDNER, A. L. 1977. Food habits. Pp. 293-350 in *Biology of bats of the New World Family Phyllostomidae, part II* (Baker, R. J., J. K. Jones., y D. C. Carter, eds.). Special Publications, The Museum, Texas Tech University.

GEISELMAN, C.K., MORI, S.A Y F. BLANCHARD. 2007. Database of Neotropical Bat/Plant Interactions.

http://www.nybg.org/botany/tlobova/mori/batsplants/database/dbase_frameset.htm

GALVÁN-JUÁREZ, J. 2010. *Productividad de recursos quiropterófilos (néctar y polen) de la cactácea columnar Isolatocereus dumortieri, en Jilotla, Barranca de Metztitlán, Hidalgo*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México. 41 pp.

GARCÍA, E. 1978. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México. Instituto de Geografía, UNAM.

GOTELLI, N Y R. COLWELL. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4:379-391.

HALFFTER, G., VERDÚ, J. R., MORENO, C. E Y V. HALFFTER. 2011. Historical and ecological determinants of dung beetle assemblages in two arid zones of central Mexico. *Journal of Arid Environments*

HAMMER, O., HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. 2009. Past: Paleontological Statistics, Version 1.78. <http://folk.uio.no/ohammer/past>.

HE, F., GASTON, K. J., CONNOR, E. F Y D. SRIVASTAVA. 2005. The local-regional relationship: immigration, extinction and scale. *Ecology* 86 (2): 360-365.

HEITHAUS, R. E., 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.

HENDERSON, P.A.Y R.M.SEABY.2002. *Species Diversity and Richness Version 3.02*. Pisces Conservation Ltd., Lymington

HERNÁNDEZ-FLORES, S. 2009. *Diversidad y distribución del ensamblaje de mamíferos en la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México. 143 pp.

HUTCHINSON, G. E. 1959. Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *The American Naturalist*. 93: 145-159

INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA). 1996. Síntesis geográfica del estado de Hidalgo, Aguascalientes, México.

JOST, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113: 363-375

JUÁREZ-CASTILLO, G. 2005. *Comparación del ensamblaje de murciélagos de la RBBM, Hgo, México, con otras regiones áridas de Norte América*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México. 93 pp.

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

KALKO, E. K.V. 1997. Diversity in tropical bats. Pp. 13-43 in *Tropical biodiversity and systematics* (Ulrich, H, ed.). Zool Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn, Germany.

KALKO, E. K.V. 1998. Organization and diversity of tropical bat communities through space and time. *Zoology* 101:281-297

KALKO, E. K.V Y C. O. HANDLEY, JR. 2001. Neotropical bats in the canopy: diversity, community structure, and implications for conservation. *Plant ecology* 153:319-333

KAUFMAN, D.M. 1995. Diversity of New World mammals: Universality of the latitudinal gradients of species and bauplans. *J. Mamm.* 76:322-334

KOOPMAN, K.F. 1981. The distributional patterns of new world nectar-feeding bats. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 68:352-369

KUNZ, T. H., BRAUN DE TORREZ, E., BAUER, D., LOBOVA, T Y T. H. FLEMING. 2011. Ecosystem services provided by bats. *New York Academy of Sciences* 1223: 1-38

LAITY, J. 2008. *Deserts and desert environments*. Wiley-Blackwell. Singapore. 342 pp.

MEDELLÍN, R. 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. Pp. 333-350 in Avances en el estudio de los mamíferos de México (Medellín, R., y G. Ceballos, eds.). Publicaciones especiales. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México, D. F.

MEDELLÍN, R., H. ARITA, Y O. SÁNCHEZ. 2008. *Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo*. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Segunda edición. México.

MORENO, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.

MORENO, C.E Y G. HALFFTER. 2001. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37: 149–158

ORTEGA, J Y ARITA H.T. 1998. Neotropical-neartic limits in Middle America as determined by distribution of bats. *Journal of Mammalogy* 79: 772-783

PATTERSON, B, D., WILLIG, M, R Y R. D. STEVENS. 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. Pp. 536-579 in Bat ecology (Kunz, T. H., y M. B. Fenton, eds.). The University of Chicago Press. Chicago.

PEÑALBA, C., F. MOLINA-FREANER, Y L. LARIOS-RODRÍGUEZ. 2006. Resource availability, population dynamics and diet of nectar-feeding bat *Leptonycteris curasoae* in Guaymas, Sonora, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 15:3017-3034

RAMÍREZ-PULIDO, J., ARROYO, J Y A. CASTRO. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta zoológica Mexicana* 21: 21-82.

RICKLEFS R. E Y D. SCHLUTER. 1993. Species diversity: regional and historical influences. Pp. 350-363 in Species diversity in ecological communities (Ricklefs R. E., y D. Schluter, eds.). The University of Chicago Press. Chicago.

ROJAS-MARTÍNEZ, A. 2001. *Determinación de los movimientos altitudinales estacionales de tres especies de murciélagos nectarívoros considerados como migratorios y su relación con presencia estacional de los recursos flores en el Valle de Tehuacan y la Cuenca del Balsas*. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.

ROJAS-MARTÍNEZ, A. Y A. VALIENTE-BANUET. 1996. Análisis comparativo de la quiroptero fauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s.). 67: 1-22

ROJAS-MARTÍNEZ, A., A. ALCÁNTARA-EGUREN, A. VALIENTE-BANUET, Y C. ARIZMENDI. 2004. Estacionalidad de los recursos florales y distribución del murciélago nectarívoro *Leptonycteris curasoae*, en Norteamérica. Pp. 219-234 in Homenaje a la trayectoria mastozoológica de José Ramírez Pulido (Castro-Campillo, A., y J. Ortega, eds.). UAM-I. México.

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

ROOT, R.B., 1967. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher. *Ecological Monographs* 37: 317–350

RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México*. México. Limusa.

RZEDOWSKI, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Pp. 129-145 in *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución* (Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A y J. Fa, eds.). Instituto de Biología, UNAM, México.

SAMPAIO, E. M., KALKO, E. K.V., BERNARD, E., RODRÍGUEZ-HERRERA, B Y C. O. HANDLEY JR. 2003. A biodiversity assessment of bats (Chiroptera) in a tropical lowland rainforest of Central Amazonia, including methodological and conservation considerations. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 38, 17-31

SÁNCHEZ, F., ÁLVAREZ, J., ARIZA, C Y A. CADENA. 2007. Bat assemblage structure in two dry forests of Colombia: composition, species richness, and relative abundance. *Mammalian biology* 2:82-92

SEMARNAT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES). 2010. Norma oficial mexicana. NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. 30 de diciembre de 2010, Segunda edición. 2:1.78.

SIMMONS, N. B Y T. M. CONWEY. 2003. Evolution of ecological diversity in bats. Pp. 493-535 in *Bat ecology* (Kunz, T. H., y M. B. Fenton, eds.). The University of Chicago Press. Chicago.

SMITH, JR ., C.E. 1965. Flora, Tehuacan Valley. *Fieldiana: Botany* 31:101-143

SOBERÓN, J Y J. LLORENTE. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation biology* 7: 480-488

SORIANO, P. J. 2000. Functional structure of bat communities in tropical rainforests and Andean cloud forests. *Ecotropicos* 13 (1): 1-20

STONER, K. E. 2002. Murciélagos nectarívoros y frugívoros del bosque tropical caducifolio de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala. Pp. 379-395 in *Historia Natural de Chamela* (Noguera, F. A., García-Aldrete, A. N y M. Quesada-Avendaño, eds.). Instituto de Biología. UNAM. México.

STONER, K. E. 2005. Phyllostomid bat community structure and abundance in two contrasting tropical dry forests. *Biotropica* 37 (4):591–599

TSCHAPKA, M. 2004. Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of neotropical flower-visiting bats. *Journal of Zoology* 263:7-21

VALIENTE, B. L. 1991. *Patrones de precipitación en el valle semiárido de Tehuacán, Puebla, México*. Tesis. México. Facultad de Ciencias, UNAM.

VALIENTE-BABUET, A., ROJAS-MARTÍNEZ, A., ARIZMENDI, MA. DEL C Y P. A. DÁVILA. 1997a. Pollination biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, Central Mexico. *American Journal of Botanist* 84:452-455.

VALIENTE-BANUET, A. 1990. Los desiertos de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 41: 83-84

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

VALIENTE-BANUET, A., ROJAS-MARTÍNEZ, A., CASAS, A., ARIZMENDI, A. MA. DEL C Y P. A. DÁVILA. 1997. Floral biology and pollination ecology of two winter-blooming giant columnar cacti in the Tehuacan Valley, Mexico. *Journal of Arid Environmental* 37: 331-341

VALIENTE-BANUET, A., SOLÍS, L., DÁVILA, A.P, ARIZMENDI, A. MA. DEL C., SILVA-PEREYRA, C., ORTEGA-RAMÍREZ, J., TREVIÑO-CARREÓN, J., RANGEL-LANDA, S Y A. CASAS. 2009. Guía de la vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. CONABIO y UNAM..México, D.F. 206 pp.

VILLASEÑOR JL, DÁVILA P Y F. CHIANG. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50: 135–149

VOSS, R. S Y L. E. EMMONS. 1996. Mammalian diversity in Neotropical lowland rain forests: a preliminary assessment. *Bull. American Mus. Nat. Hist* 230: 1–115.

WHITAKER JR, J.O. 1993. Bats, beetles and bugs. *Bats* 11: 23.

WHITTAKER, R.J., D. NOGUÉS-BRAVO Y M. B. ARAÚJO. 2007. Geographical gradients of species richness: a test of the water energy conjectures of Hawkins *et al.*(2003) using European data for five taxa. *Global Ecology and Biogeography* 16: 76-89

WILLIAMS-GUILLÉN, K., PERFECTO, I Y J. VANDERMEER, J. 2008. Bats limit insects in a neotropical agroforestry system. *Science* 320: 70

ZORTEA, M Y C. J. R. ALHO. 2008. Bat diversity of a Cerrado habitat in central Brazil. *Biodiversity and Conservation* 17: 791-805

ANEXO I

Tabla 1. Especies capturadas en la Barranca de Metztitlán. Para cada especie se indica el número de individuos colectados N, su porcentaje de biomasa B (%), el hábitat donde fueron registradas: MC: matorrales crasicuales; SB; selvas bajas y su gremio trófico GT, N: nectarívoros; F: frugívoros; I: insectívoros y H: hematófagos. La secuencia taxonómica de las especies está basada en la propuesta de Ramírez-Pulido *et al* (2005).

Especies	N	B (%)	Hábitat	GT
<i>Mormoopidae</i>				
1 <i>Mormoops megalophylla</i>	10	3.72	MC, SB	I
<i>Phyllostomidae</i>				
2 <i>Desmodus rotundus</i>	14	11.29	MC, SB	H
3 <i>Glossophaga soricina</i>	5	1.21	MC	N
4 <i>Leptonycteris yerbabuena</i>	67	33.25	MC, SB	N
5 <i>Choeronycteris mexicana</i>	12	5.95	MC, SB	N
6 <i>Sturnira lillium</i>	18	8.26	MC, SB	F
7 <i>Sturnira ludovici</i>	45	24.01	MC, SB	F
8 <i>Artibeus jamaicensis</i>	3	3.35	MC	F
9 <i>Artibeus lituratus</i>	4	6.35	MC	F
10 <i>Artibeus toltecus</i>	6	2.61	MC, SB	F

Tabla 2. Especies capturadas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Para cada especie se indica el número de individuos colectados N, su porcentaje de biomasa B (%), el hábitat donde fueron registradas: MC: matorrales crasicuales; SB; selvas bajas y su gremio trófico GT, N: nectarívoros; F: frugívoros; I: insectívoros y H: hematófagos. La secuencia taxonómica de las especies está basada en la propuesta de Ramírez-Pulido *et al* (2005).

Especies	N	B (%)	Hábitat	GT
<i>Mormoopidae</i>				
1 <i>Pteronotus parnellii</i>	4	1.02	SB	I
2 <i>Mormoops megalophylla</i>	6	1.04	SB	I
<i>Phyllostomidae</i>				
3 <i>Micronycteris microtis</i>	21	1.52	MC, SB	I
4 <i>Desmodus rotundus</i>	17	6.40	MC, SB	H
5 <i>Diaemus youngi</i>	1	0.41	MC	H
6 <i>Glossophaga soricina</i>	2	0.23	SB	N
7 <i>Leptonycteris yerbabuena</i>	127	29.44	MC, SB	N
8 <i>Leptonycteris nivalis</i>	9	2.50	MC, SB	N
9 <i>Anoura geoffroyi</i>	1	0.20	MC	N
10 <i>Choeronycteris mexicana</i>	50	11.59	MC, SB	N
11 <i>Sturnira lillium</i>	9	1.93	MC, SB	F
12 <i>Sturnira ludovici</i>	2	0.50	SB	F
13 <i>Artibeus jamaicensis</i>	71	37.04	MC, SB	F
14 <i>Artibeus lituratus</i>	7	5.19	MC, SB	F
15 <i>Artibeus phaeotis</i>	2	0.28	SB	F
16 <i>Centurio senex</i>	3	0.70	MC, SB	F

ANEXO II

Tabla 1. Especies de murciélagos (Mormoopidae y Phyllostomidae) registradas en la Barranca de Metztitlán y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Para cada especie se indica la región donde se distribuyen: RBVTC: Tehuacán; RBBM: Metztitlán, su clase de tamaño CT: I: de 35 a 43.75 mm; II: de 43.76 a 54.75 m; III: de 54.76 a 68.75 mm; IV: de 68.76 a 86 mm y su gremio trófico GT, IS: Insectívoros de sustrato; H: Hematófagos; N¹: nectarívoros especialistas en *Agave*; N²: nectarívoros especialistas en cactáceas columnares; N³: nectarívoros generalistas; F¹: frugívoros especialistas en *Ficus*; F²: frugívoros especialistas en desechos y F³: frugívoros generalistas. La secuencia taxonómica de las especies está basada en la propuesta de Ramírez-Pulido *et al* (2005).

Especies	Región	CT	GT
<i>Mormoopidae</i>			
1 <i>Pteronotus davyi</i>	RBVTC, RBBM	I	IS
2 <i>Pteronotus parnellii</i>	RBVTC, RBBM	III	IS
3 <i>Pteronotus personatus</i>	RBVTC, RBBM	I	IS
4 <i>Mormoops megalophylla</i>	RBVTC, RBBM	II	IS
<i>Phyllostomidae</i>			
5 <i>Macrotus waterhousii</i>	RBVTC, RBBM	II	IS
6 <i>Micronycteris microtis</i>	RBVTC	I	IS
7 <i>Diphylla ecaudata</i>	RBBM	II	H
8 <i>Desmodus rotundus</i>	RBVTC, RBBM	III	H
9 <i>Diaemus youngi</i>	RBVTC	II	H
10 <i>Glossophaga leachii</i>	RBVTC	I	N ³
11 <i>Glossophaga soricina</i>	RBVTC, RBBM	I	N ³
12 <i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	RBVTC, RBBM	II	N ²

<i>13 Leptonycteris nivalis</i>	RBVTC, RBBM	III	N ¹
<i>14 Anoura geoffroyi</i>	RBVTC, RBBM	I	N ³
<i>15 Choeronycteris mexicana</i>	RBVTC, RBBM	I	N ³
<i>16 Sturnira lillium</i>	RBVTC, RBBM	I	F ³
<i>17 Sturnira ludovici</i>	RBVTC, RBBM	II	F ³
<i>18 Chiroderma salvini</i>	RBVTC	II	F ³
<i>19 Artibeus jamaicensis</i>	RBVTC, RBBM	III	F ¹
<i>20 Artibeus lituratus</i>	RBVTC, RBBM	IV	F ¹
<i>21 Artibeus aztecus</i>	RBBM	I	F ¹
<i>22 Artibeus phaeotis</i>	RBVTC	I	F ¹
<i>23 Artibeus toltecus</i>	RBBM	I	F ¹
<i>24 Centurio senex</i>	RBVTC	I	F ²