



# El Colegio de la Frontera Sur Université de Sherbrooke

Importancia ecológica y estrategias de protección de los  
murciélagos migratorios de México con algún estatus de  
riesgo

TESINA

presentada como requisito parcial para optar al grado de  
Maestría Profesionalizante en Ecología Internacional

por

Adriana Avelina Ruiz Márquez

2018



## El Colegio de la Frontera Sur

Chetumal, Quintana Roo, 14 de mayo de 2018.

Las personas abajo firmantes, integrantes del jurado examinador de: Adriana Avelina Ruiz Márquez hacemos constar que hemos revisado y aprobado la tesina titulada: Importancia ecológica y estrategias de protección de los murciélagos migratorios de México con algún estatus de riesgo, para obtener el grado de Maestro (a) en Ecología Internacional

Nombre

Firma

Tutor/a \_\_\_\_\_

Evaluador/a \_\_\_\_\_

## **Agradecimientos**

A mi papá José María que es mi ejemplo y que siempre está conmigo para apoyarme y motivarme en cada paso que doy.

A mis hermanos Pablo, Laura y MariJo que siempre logran sacar la mejor parte de mí.

A Benjamín que en las buenas, en las malas y en la distancia siempre me acompaña y me da ánimos para lograr mis objetivos.

A mis amigos y familiares Pau, Paula, Lesly, Maria Estela, Dani, Jorge, Edgar, Mari, Carmina y Alma que siempre están pendientes de mí y que en algún momento de este camino me acompañaron con su mejor energía.

A Pablo Ramírez que siempre estuvo con la mejor disposición de revisar mis avances y de aportarme sus comentarios para realizar mi proyecto en Quebec y para la elaboración de esta tesina. A Pedro Macario por ser mi tutor y revisar mis avances.

A El Colegio de la Frontera Sur y a la Université de Sherbrooke, por darme el espacio y los recursos académicos para realizar este posgrado.

Al CONACYT por otorgarme la beca nacional y mixta.

## Resumen

Los murciélagos mexicanos son mamíferos muy diversos adaptados a los diferentes ecosistemas del país. En México existen cinco especies migratorias que se encuentran en algún estatus de riesgo nacional o internacional, dos de ellas son especies insectívoras que migran estacionalmente desde los bosques templados del norte del continente hasta el sur de Estados Unidos y el norte México. Las otras tres son especies nectarívoras que habitan en las zonas áridas y los bosques tropicales secos, y realizan sus migraciones en razón de la disponibilidad de alimentos y su ciclo reproductivo.

En este trabajo se pretende conocer la importancia que tienen estas especies migratorias en riesgo en sus ecosistemas y las estrategias de conservación que existen para protegerlos. En este sentido, se documentan las características particulares de estas especies, el uso que le dan a los ecosistemas que habitan, las principales amenazas que enfrentan y las estrategias de conservación que existen.

Desafortunadamente, aún falta por conocer muchos aspectos biológicos, ecológicos y del comportamiento migratorio de estos murciélagos para poder planear estrategias de conservación que se enfoquen en su protección. Existen algunas organizaciones nacionales e internacionales que buscan proteger a los murciélagos mexicanos, aunque no precisamente a las especies migratorias. Sin embargo, existen propuestas de áreas prioritarias para la conservación de estos mamíferos mexicanos así como de ciertos corredores biológicos que podrían beneficiar a ciertas especies migratorias en riesgo.

**Palabras clave:** Conservación, murciélagos, especies en riesgo, amenazas, migración.

## Résumé

Les chauves-souris mexicaines sont des mammifères très diversifiés adaptés aux différents écosystèmes du pays. Au Mexique, cinq espèces migratrices y habitent qui ont un statut de risque national ou international. Parmi ces espèces, deux sont des insectivores. Elles migrent de manière saisonnière à partir des forêts tempérées du nord du continent jusqu'au sud des États-Unis et au nord du Mexique. Les trois autres espèces sont nectarivores et habitent les zones arides et les forêts tropicales sèches. Elles réalisent leur migration en fonction de la disponibilité de la nourriture et de leur cycle reproductif. Ainsi, cet essai décrit l'importance de ces espèces migratrices menacées, ainsi que les stratégies de conservation existantes pour les protéger. Les caractéristiques particulières de ces espèces, l'usage qui est fait dans les écosystèmes qu'elles fréquentent, les principales menaces auxquelles elles font face et les stratégies de conservation existantes pour leur protection sont documentés.

Malheureusement, de nombreuses études qui pourraient porter sur certains aspects biologiques, écologiques et comportementaux migratoires de ces espèces sont encore manquantes. Ces études permettraient de planifier des stratégies de conservation focalisées vers leur protection. Il existe des organisations nationales et internationales spécialisées dans la protection des chauves-souris mexicaines, mais aucune spécifiquement pour les espèces migratrices. Néanmoins, il y a quelques propositions d'aires prioritaires pour la conservation de ces mammifères mexicains, ainsi que certains corridors écologiques qui pourraient leur être bénéfiques.

**Mots clé :** Conservation, chauve-souris, espèces à risque, menaces, migration.

## Indice

Agradecimientos	iii
Resumen	iv
Résumé	v
Lista de cuadros	viii
Lista de figuras	ix
Introducción	1
Capítulo 1. Los murciélagos de México	3
1.1. Ecología los murciélagos: estrategias de alimentación percha y reproducción	3
1.1.1 Alimentación	3
1.1.2 Sitios de percha	4
1.1.3 Reproducción	6
1.2 Diversidad de los murciélagos mexicanos	8
1.3 Importancia ecológica	12
1.3.1 Controladores de plagas	12
1.3.2 Polinizadores y dispersores de semillas	14
1.3.3 Indicadores	16
1.4 Amenazas	18
1.5 Conclusiones sobre la diversidad e importancia de las especies mexicanas	20
Capítulo 2. La migración: especies mexicanas y en estatus de riesgo	22
2.1 El fenómeno de migración	22
2.1.1 La migración en los murciélagos	24
2.1.2 Migración en murciélagos templados y tropicales	27
2.1.3 Modelos de migración	28
2.1.4 Navegación	30

2.1.5	Adaptaciones para la migración	31
2.2	Especies migratorias	33
2.3	Especies migratorias con algún estatus de riesgo	35
2.3.1	<i>Euderma maculatum</i> (Vespertilionidae)	36
2.3.2	<i>Lasionycteris noctivagans</i> (Vespertilionidae)	38
2.3.4	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i> (Phyllostomidae)	41
2.3.5	<i>Leptonycteris nivalis</i> (Phyllostomidae)	48
2.3.3	<i>Choeronycteris mexicana</i> (Phyllostomidae)	53
2.4	Conclusiones sobre la migración de las especies mexicanas en riesgo	55
Capítulo 3. Estrategias de conservación de los murciélagos migratorios		58
3.1	Estrategias nacionales e internacionales para la protección de especies	58
3.2	Estrategias a considerar	60
Conclusión		64
Referencias		67

## Lista de cuadros

- 1.1 Estrategias de forrajeo en murciélagos insectívoros
- 1.2 Familias y especies de murciélagos que habitan en México
- 1.3 Insectos considerados como plaga en la agricultura y encontrados en la dieta de especies (mexicanas) de murciélagos depredadores
- 1.4 Ejemplos de familias de angiospermas con mayor número de géneros cuyas flores son polinizadas o dispersadas por filostómidos
- 2.1 Variación en los patrones de migración
- 2.2 Comparación de la migración en aves y murciélagos
- 2.3 Murciélagos migratorios de México
- 2.4 Especies bajo algún estatus de riesgo o amenaza nacional o internacional
- 2.5 Principales plantas consumidas por *Leptonycteris yerbabuenae*



## Lista de figuras

- 2.1 Determinación hipotética del modelo óptimo de migración en otoño en murciélagos insectívoros
- 2.3 Murciélago pinto (*Euderma maculatum*)
- 2.4 Distribución geográfica de *Euderma maculatum*
- 2.5 Murciélago de pelo plateado (*Lasionycteris noctivagans*)
- 2.6 Distribución mensual de *Lasionycteris noctivagans*
- 2.7 Murciélago hocicudo mexicano (*Leptonycteris yerbabuenae*)
- 2.8 Distribución de *Leptonycteris yerbabuenae*
- 2.9 Desplazamientos de las poblaciones migratorias de *L. yerbabuenae*
- 2.10 Distribución geográfica de *Leptonycteris nivalis*
- 2.11 Murciélago hocicudo mayor (*Leptonycteris nivalis*)
- 2.12 Ejemplos de cactus columnares polinizados por *Leptonycteris*
- 2.13 Murciélago trompudo (*Choeronycteris mexicana*)
- 2.14 Distribución geográfica de *Choeronycteris mexicana*
- 3.1 Áreas prioritarias para la conservación de murciélagos nectarívoros basadas en la riqueza de especies y la complementariedad entre sitios
- 3.2 Áreas prioritarias para la conservación de murciélagos nectarívoros basadas en la presencia de especies endémicas y de distribución restringida

## Introducción

Los quirópteros son el segundo grupo de mamíferos más diverso que existe en el mundo (Altringham, 2011). Habitan en todos los ecosistemas terrestres salvo en aquellos de mayor latitud, son más diversos en los trópicos y su mayor riqueza se encuentra en el neotrópico (Altringham, 2011). México cuenta con 139 especies ocupando así el quinto lugar de diversidad en el mundo (Ceballos, Arroyo-Cabrales y Vazquez, 2014; Ramírez-Pulido *et al.*, 2014). Entre esta gran riqueza de murciélagos mexicanos existen 29 especies migratorias (Medellín *et al.*, 2009) que han adoptado la migración como medida de adaptación para, en algunos casos, sobrevivir al invierno riguroso de los bosques de Norteamérica y así disminuir los riesgos de mortandad durante la hibernación y, en otros casos, para seguir la estacionalidad de la disponibilidad de recursos (Popa-Lisseanu y Voigt, 2009).

Los murciélagos tienen gran importancia funcional en los ecosistemas y proporcionan servicios ecosistémicos importantes para el hombre como la polinización, el control de plagas de insectos y la dispersión de semillas (Kunz *et al.*, 2011) y tienen además funciones como indicadores ambientales (Medellín y Viquez, 2014). A pesar de su importancia en el ecosistema, diferentes amenazas afectan sus poblaciones como son: el mal manejo de programas de control de especies hematófagas, los disturbios causados por el hombre, el envenenamiento causado por plaguicidas y la pérdida y destrucción de sus hábitats (Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001; Jones *et al.*, 2009). Estas amenazas han provocado que actualmente cinco de las 29 especies migratorias de México se encuentren en algún estatus de riesgo internacional o nacional poniendo

en riesgo, a su vez, las funciones que cumplen en los ecosistemas a los que migran y con ello los servicios ecosistémicos que proveen.

Por eso, el objetivo general de este trabajo es documentar la importancia ecológica y las estrategias de conservación implementadas para los murciélagos migratorios mexicanos que presentan algún estatus de riesgo. Mientras que los objetivos particulares son:

1. Documentar el uso que le dan los murciélagos migratorios a los ecosistemas que ocupan.
2. Presentar las principales problemáticas que enfrentan.
3. Presentar las características de las especies con algún estatus de riesgo.
4. Presentar las estrategias puestas en marcha para protegerlas.

Con los objetivos mencionados es posible conocer el estado del conocimiento actual de las especies en riesgo, comprender mejor su importancia en los ecosistemas donde habitan e identificar los aspectos de la ecología de aquellas cuya información aún es deficiente y es necesario generar más investigación. Por otro lado, con dichos objetivos también se puede valorar, a escala nacional e internacional, las estrategias actuales puestas en marcha para contrarrestar las amenazas que enfrentan las especies en riesgo así como aquellas estrategias que buscan conservarlas. Finalmente estos objetivos también pueden llevar a planear otras estrategias de conservación que podrían no estar siendo consideradas para aquellas especies con las que se cuenta con mayor información.

## **Capítulo 1. Los murciélagos de México**

### **1.1. Ecología los murciélagos: estrategias de alimentación percha y reproducción**

#### **1.1.1 Alimentación**

Los murciélagos (Altringham, 2011) son un grupo de mamíferos que evolucionaron teniendo una radiación ecológica que ahora les permite ocupar cada nivel trófico de la cadena alimenticia, siendo desde consumidores primarios hasta terciarios (Medellín, Equihua y Amin, 2000), de modo que pueden alimentarse de insectos (y otros artrópodos que generalmente son incluidos en esta categoría), mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces, sangre, carroña, fruta, flores, néctar, polen, semillas y hojas (Norberg y Rayner, 1987; Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001; Altringham, 2011), pero el 70% de las especies de este orden son insectívoros facultativos u obligados (Norberg y Rayner, 1987; Schmidt-French y Bulter, 2009; Kunz *et al.*, 2011). Debido a la abundancia de especies que se alimentan de insectos, existen varias estrategias de forrajeo (Cuadro 1.1), que los murciélagos utilizan de forma oportunista, como la de lanzamiento rápido y de largo alcance, el de lento y de corto alcance, el atrape sobre el agua, la suspensión y colecta y el atrape en vuelo o en perchas (Norberg y Rayner, 1987).

La dieta de los murciélagos está influenciada por el rango geográfico donde habitan y esta característica se relaciona con la talla de la especie, de tal forma que, aquellas que habitan en zonas templadas suelen ser insectívoras y de talla más pequeña que las que habitan en zonas tropicales donde, por lo general, se alimentan de frutos o de otra variedad amplia de recursos disponibles (Norberg y Rayner, 1987). Sin embargo, a pesar de que la dieta incluya diferentes categorías de alimentos, muchas especies no

son especialistas y, por ejemplo, algunas especies frugívoras pueden compensar cierta falta de proteínas comiendo algunos insectos. (Norberg y Rayner, 1987).

Cuadro 1.1: Estrategias de forrajeo en murciélagos insectívoros

<b>Estrategia</b>	<b>Características (Norberg y Rayner, 1987)</b>
Lanzamiento rápido y de largo alcance	Dependen de su velocidad y agilidad de atrapar insectos, vuelan altitudes considerables, generalmente por encima del dosel o en sitios abiertos. Utilizan ecolocación para detectar presas lejanas.
Lanzamiento lento y de corto alcance	Necesitan maniobrar lentamente para atrapar a sus presas durante el vuelo y utilizan la ecolocación de corto alcance.
Atrape sobre el agua	Utilizan las mismas técnicas del lanzamiento lento y de corto alcance, pero necesitan de alas más alargadas.
Suspensión y colecta	Se mantienen suspendidas o flotando brevemente mientras encuentran su alimento, y lo colectan desde paredes, troncos o el suelo, por lo que pueden atrapar insectos voladores antes de que tomen vuelo así como insectos no voladores.
Atrape en vuelo o en perchas	Utilizan la estrategia de “sentarse y esperar” (ya sea durante el vuelo o perchado) para mantenerse desapercibido antes de atrapar a su presa.

### 1.1.2 Sitios de percha

Los murciélagos, al igual que los demás mamíferos, necesitan lugares para vivir, reproducirse, hibernar y mantener a sus crías, ellos pasan la mayor parte de sus vidas en sus perchas y por lo tanto estos sitios tienen una notoria importancia ecológica en estas especies (Kunz, 1982a; McCracken, Lumsden y Kunz, 2006; Altringham, 2011).

Los quirópteros suelen tener fidelidad a sus sitios de descanso y pueden perchar en lugares como cuevas, grietas rocosas, árboles (incluyendo sus ramas, cavidades o follaje), nidos de aves o de termitas y de hormigas arbóreas, o incluso fabricar sus propias carpas con hojas de ciertas plantas tropicales, también hacen uso de estructuras hechas por el hombre como minas, túneles, cavidades en construcciones de madera, grietas de edificios o puentes de concreto (Kunz, 1982a; Schmidt-French y Bulter, 2009; Altringham, 2011).

Estos mamíferos tienen la característica de ser extremadamente sociables por lo que pueden formar colonias que, en ocasiones, llegan a superar los varios cientos o miles de individuos (Altringham, 2011), esta particularidad les da ciertos beneficios ya que perchar en grupos les beneficia al reducir el riesgo de ser depredado, mantener microclimas estables, protegerse contra las adversidades del clima, reducir el costo de la termorregulación (ya que tienen menor superficie corporal expuesta a la pérdida de calor) y mantener cierta cooperación y transferencia de información, gracias a que se familiarizan con ciertas perchas y pueden compartir información sobre el forrajeo a otros individuos (Kunz, 1982a; Altringham, 2011).

Los hábitos de percha están influenciados por características como la disponibilidad y abundancia de los sitios de descanso y de los recursos alimenticios, el riesgo de depredación, la organización social y el ambiente físico (Kunz, 1982a). De este modo, cada especie puede organizarse de diferente manera, algunas pueden perchar con hembras y machos juntos, mientras que otras forman colonias exclusivas de hembras con sus crías dejando aparte a los machos que pueden quedar solos o en pequeños grupos (Altringham, 2011). En otras especies se da que un solo macho percha con su harem de hembras y en otros casos se forman pequeñas colonias o grupos de familias

(Altringham, 2011). En el caso de las colonias que se forman con segregación de sexos, puede deberse a que, a diferencia de los machos que pueden tener periodos de letargo para ahorrar energía y así perchar en sitios más fríos, las hembras deben permanecer homeotérmicas durante el embarazo y la lactancia para favorecer el crecimiento del feto y la producción de leche, por lo que necesitan de lugares con las mejores condiciones para mantenerse y encontrar suficiente alimento sin tener que competir con los machos (Altringham, 2011).

### **1.1.3 Reproducción**

Los murciélagos muestran diferentes adaptaciones en sus comportamientos y sus ciclos reproductivos de acuerdo con las presiones ambientales en las que se encuentran. De este modo, algunas especies pueden ser monógamas, polígamas, formar harems o formar grupos mixtos (Altringham, 2011).

Todas las especies que viven en latitudes templadas, así como algunas especies tropicales, tienen un ciclo reproductivo monoestral (Racey, 1982; Altringham, 2011), este patrón está estimulado por el fotoperiodo y otros factores ambientales, de manera que, por lo general, el apareamiento se da en el otoño y el embarazo comienza en la primavera (Altringham, 2011). Las mayoría de las especies tropicales, en cambio, presentan un ciclo poliestral que puede darse dos y tres veces teniendo entre dos y tres crías al año (Racey, 1982; Altringham, 2011), este patrón está determinado por los factores ambientales como las lluvias y la temperatura que determinan la disponibilidad de alimento (Altringham, 2011).

Los periodos de apareamiento, gestación, lactancia, destete y desarrollo pueden ser complicados y limitantes para las especies de climas templados debido a la corta temporada de verano, por esta razón, dichas especies han evolucionado separando el apareamiento de las demás etapas (gestación, lactancia, destete y desarrollo ) y manteniendo una ovulación o una fertilización atrasada (Altringham, 2011). Así, algunas especies se aparean al final del verano o al principio del otoño y las hembras pueden mantener los espermatozoides en el útero o el oviducto hasta el final del invierno cuando se da la ovulación y se produce la fertilización; en otros casos, los machos de algunas especies producen el espermatozoides al final del verano y pueden almacenarlo hasta el invierno cuando se aparean (Altringham, 2011). En ambos casos, la hembra queda fertilizada al final del invierno o el principio de la primavera, y con esto el periodo de gestación puede comenzar en cuanto las condiciones son óptimas, con mejor temperatura y mayor disponibilidad de alimentos (Altringham, 2011).

Por regla general, el período de gestación depende de la talla de la especie, así, entre más grande sea la especie, el periodo de gestación suele ser más largo (Altringham, 2011). Una vez que dan a luz, la tarea de crianza se vuelve exclusiva de la hembra, en casi todas las especies, y las vocalizaciones y las señales visuales y olfativas se vuelven muy importantes en este proceso para identificar a las crías (Altringham, 2011).



## 1.2 Diversidad de los murciélagos mexicanos

Los quirópteros son el segundo orden de mamíferos más diverso en el mundo con cerca de 1100 especies (Medellín, 2003). Casi el 75% de estas especies se encuentran en los trópicos (McCracken, Lumsden y Kunz, 2006) y gracias a que México cuenta con una gran diversidad de tipos de vegetación, una compleja topografía y a que se ubica en el encuentro de las regiones biogeográficas del neotrópico y el neoártico, este país alberga una gran riqueza de especies de este orden (incluyendo especies templadas y tropicales) (Medellín, 2003) alcanzando las 139 especies pertenecientes a ocho familias (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014) como se muestra en el cuadro 1.2, o según Ceballos, Arroyo-Cabrales y Vazquez, (2014) nueve familias, con Antrozoidae integrada por *Antrozous pallidus* y *Bauerus dubiaquercus* quienes según Ramírez-Pulido *et al.*, (2014) son parte de Vespertilinidae; de todas estas especies, 17 de son endémicas (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014) (Ver cuadro 1.2).

Cuadro1.2: Familias y especies de murciélagos que habitan en México

Familias y especies según (Ramírez-Pulido <i>et al.</i> , 2014)		
Familia: Emballonuridae		
<i>Balantiopteryx io</i>	<i>Balantiopteryx plicata</i>	<i>Centronycteris centralis</i>
<i>Diclidurus albus</i>	<i>Peropteryx kappleri</i>	<i>Peropteryx macrotis</i>
<i>Rhynchonycteris naso</i>	<i>Saccopteryx bilineata</i>	<i>Saccopteryx leptura</i>
Familia: Molossidae		
* <i>Cynomops mexicanus</i>	<i>Eumops auripendulus</i>	<i>Eumops ferox</i>
<i>Eumops hansae</i>	<i>Eumops nanus</i>	<i>Eumops perotis</i>
<i>Eumops underwoodi</i>	<i>Molossus alvarezi</i>	<i>Molossus aztecus</i>
<i>Molossus coibensis</i>	<i>Molossus molossus</i>	<i>Molossus rufus</i>

<i>Molossus sinaloae</i>	<i>Nyctinomops aurispinosus</i>	<i>Nyctinomops femorosaccus</i>
<i>Nyctinomops laticaudatus</i>	<i>Nyctinomops macrotis</i>	<i>Promops centralis</i>
<i>Tadarida brasiliensis</i>		
Familia: Natalidae		
* <i>Natalus lanatus</i>	<i>Natalus mexicanus</i>	
Familia: Thyropteridae		
<i>Thyroptera tricolor</i>		
Familia: Mormoopidae		
<i>Mormoops megalophylla</i>	<i>Pteronotus davyi</i>	<i>Pteronotus gymnonotus</i>
<i>Pteronotus parnellii</i>	<i>Pteronotus personatus</i>	
Familia: Noctilionidae		
<i>Noctilio albiventris</i>	<i>Noctilio leporinus</i>	
Familia: Phyllostomidae		
<i>Carollia perspicillata</i>	<i>Carollia sowelli</i>	<i>Carollia subrufa</i>
<i>Desmodus rotundus</i>	<i>Diaemus youngii</i>	<i>Diphylla ecaudata</i>
<i>Anoura geoffroyi</i>	<i>Choeroniscus godmani</i>	<i>Choeronycteris mexicana</i>
<i>Hylonycteris underwoodi</i>	<i>Lichonycteris obscura</i>	<i>Musonycteris harrisoni</i>
<i>Glossophaga commissarisi</i>	<i>Glossophaga leachii</i>	* <i>Glossophaga morenoi</i>
<i>Glossophaga soricina</i>	<i>Leptonycteris nivalis</i>	<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>
<i>Glyphonycteris sylvestris</i>	<i>Lonchorhina aurita</i>	<i>Macrotus californicus</i>
<i>Macrotus waterhousii</i>	<i>Lampronnycteris brachyotis</i>	<i>Micronycteris microtis</i>
<i>Micronycteris schmidtorum</i>	<i>Trinycteris nicefori</i>	<i>Macrophyllum</i> <i>macrophyllum</i>
<i>Trachops cirrhosus</i>	<i>Lophostoma brasiliense</i>	<i>Lophostoma evotis</i>
<i>Mimon cozumelae</i>	<i>Mimon crenelatum</i>	<i>Phylloderma stenops</i>
<i>Phyllostomus discolor</i>	<i>Tonatia saurophila</i>	<i>Chrotopterus auritus</i>
<i>Vampyrum spectrum</i>	* <i>Artibeus hirsutus</i>	<i>Artibeus jamaicensis</i>
<i>Artibeus lituratus</i>	<i>Dermanura azteca</i>	<i>Dermanura phaeotis</i>

<i>Dermanura tolteca</i>	<i>Dermanura watsoni</i>	<i>Enchisthenes hartii</i>
<i>Centurio senex</i>	<i>Chiroderma salvini</i>	<i>Chiroderma villosum</i>
<i>Platyrrhinus helleri</i>	<i>Uroderma bilobatum</i>	<i>Uroderma magnirostrum</i>
<i>Vampyressa thyone</i>	<i>Vampyrodes major</i>	<i>Sturnira hondurensis</i>
<i>Sturnira parvidens</i>		
Familia: Vespertilionidae		
<i>Idionycteris phyllotis</i>	<i>Euderma maculatum</i>	<i>Lasionycteris noctivagans</i>
<i>Myotis albescens</i>	<i>Myotis auriculus</i>	<i>Myotis californicus</i>
<i>Myotis elegans</i>	<i>Myotis evotis</i>	* <i>Myotis findleyi</i>
* <i>Myotis fortidens</i>	<i>Myotis keaysi</i>	<i>Myotis melanorhinus</i>
<i>Myotis nigricans</i>	<i>Myotis occultus</i>	* <i>Myotis peninsularis</i>
* <i>Myotis planiceps</i>	<i>Myotis thysanodes</i>	<i>Myotis velifer</i>
* <i>Myotis vivesi</i>	<i>Myotis volans</i>	<i>Myotis yumanensis</i>
<i>Parastrellus hesperus</i>	<i>Perimyotis subflavus</i>	<i>Eptesicus brasiliensis</i>
<i>Eptesicus furinalis</i>	<i>Eptesicus fuscus</i>	<i>Lasiurus blossevillii</i>
<i>Lasiurus borealis</i>	<i>Lasiurus cinereus</i>	<i>Lasiurus ega</i>
<i>Lasiurus intermedius</i>	<i>Lasiurus seminolus</i> ,	<i>Lasiurus xanthinus</i>
<i>Nycticeius humeralis</i>	* <i>Rhogeessa aeneus</i>	* <i>Rhogeessa alleni</i>
* <i>Rhogeessa bickhami</i>	* <i>Rhogeessa genowaysi</i>	* <i>Rhogeessa gracilis</i>
* <i>Rhogeessa mira</i>	* <i>Rhogeessa parvula</i>	<i>Rhogeessa tumida</i>
* <i>Corynorhinus mexicanus</i>	<i>Corynorhinus townsendii</i>	
<i>Antrozous pallidus</i>	<i>Bauerus dubiaquercus</i>	

Nota: las especies marcadas con asterisco (\*) son las endémicas de México

La familia Phyllostomidae es la segunda familia más grande del orden, la que presenta mayor riqueza en la región Neártica y Neotropical (Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001) y, como se puede observar en el cuadro 1.2, es la más diversa en México con 55

especies conocidas. Este grupo de murciélagos tiene estrategias de forrajeo muy flexibles por lo que se ha sugerido que los primeros filostómidos insectívoros evolucionaron explotando nuevas fuentes de alimento y que, con frecuencia, pudieron haber tomado un poco de fruta, polen, néctar o algún pequeño vertebrado, accidentalmente, mientras intentaban atrapar algún insecto (Villa-Ramírez, 1966; Altringham, 2011).

Actualmente, los murciélagos mexicanos muestran variadas estrategias de forrajeo en sus diferentes familias y, como se mencionó en la sección 1.1.1, la mayoría de las especies son insectívoras, algunos ejemplos de ellas son *Lasiurus borealis*, *Euderma maculatum*, *Eumops perotis*, *Tadarida brasiliensis* y *Antrozous pallidus* (Villa-Ramírez, 1966). Algunas otras especies explotan otras fuentes alimenticias y tienen hábitos frugívoros, como aquellas especies de mayor tamaño presentes en los géneros *Phyllostomus*, *Vampyrum* o *Artibeus*, otras especies más como *Glossophaga soricina*, *Anoura geoffroyi*, *Leptonycteris nivalis* o *Choeronycteris mexicana*, prefieren el polen y néctar de las flores para lo cual tienen adaptaciones en el hocico y en la lengua que les permite alcanzar el fondo de las flores (Villa-Ramírez, 1966). Ciertas especies como *Phyllostomus discolor* y *Vampyrum spectrum* alternan entre fruta y pequeños vertebrados e incluso algunas como *Noctilio leporinus* y *Myotis vivesi* son ictiófagas, además también se conocen tres especies hematófagas en México *Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata* y *Diaemus youngii* (Villa-Ramírez, 1966).

### **1.3 Importancia ecológica**

Las diferentes estrategias alimenticias de las especies mexicanas, y de los murciélagos en general, tienen un impacto importante en los ecosistemas donde habitan proveyendo de servicios ambientales al tener funciones como controladores de plagas de insectos, polinizadores, dispersores de semillas y al redistribuir los nutrientes y energía contenido en su guano (Villa-Ramírez, 1966; Kunz *et al.*, 2011). La importancia que tienen en sus ecosistemas les confiere también una función como indicadores de disturbios ambientales (Medellín, Equihua y Amin, 2000).

#### **1.3.1 Controladores de plagas**

Las especies insectívoras se alimentan, en diferente magnitud, de insectos como lepidópteros, coleópteros, dípteros, homópteros e himenópteros (Ross, 1961) así como de otros artrópodos cuyo consumo depende de la especie, la temporada y el período reproductivo (Kunz *et al.*, 2011). Gracias a este tipo de alimentación en los murciélagos es posible mantener cierta estabilidad en el ecosistema puesto que se ha probado que, en el bosque tropical, pueden reducir las poblaciones de insectos herbívoros hasta en un 153% y con ello a reducir el daño foliar en un 209% (Kalka, Smith y Kalko, 2008). Por otro lado, estos quirópteros, también disminuyen las poblaciones de insectos generadas por la agricultura. En una revisión realizada sobre los servicios ecosistémicos generados por los murciélagos, Kunz *et al.* (2011) enlista ciertos insectos considerados como plagas en la agricultura que han sido encontradas, en diferente proporción, en el estómago o restos fecales de diferentes murciélagos incluyendo a varias especies que ocurren en México (ver cuadro 1.3), por lo que es evidente la importancia de estos mamíferos como controladores de plagas.

Cuadro 1.3: Insectos considerados como plaga en la agricultura y encontradas en la dieta de especies (mexicanas) de murciélagos depredadores. Modificado de Kunz et al. (2011)

Familia de especies consideradas plaga	Especies de murciélago predador
Coleoptera	
Scarabidae	<i>Myotis velifer</i> <i>Tadarida brasiliensis</i> <i>Lasiurus borealis</i> <i>Eptesicus fuscus</i>
Elateridae	<i>Eptesicus fuscus</i>
Chrysomelidae	<i>Eptesicus fuscus</i> <i>Tadarida brasiliensis</i> <i>Nycticeius humeralis</i>
Curculionidae	<i>Lasiurus borealis</i> <i>Eptesicus fuscus</i>
Homoptera	
Cicadelidae	<i>Myotis velifer</i> <i>Eptesicus fuscus</i> <i>Tadarida brasiliensis</i> <i>Perimyotis subflavus</i>
Hemiptera	
Pentatomidae	<i>Tadarida brasiliensis</i> <i>Lasiurus cinereus</i> <i>Eptesicus fuscus</i>
Lepidoptera	
Noctuidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>
Lymantriidae	<i>Lasiurus borealis</i>

### **1.3.2 Polinizadores y dispersores de semillas**

Las especies que se alimentan de frutos, polen y néctar, que en su mayoría pertenecen a la familia Phyllostomidae, juegan un papel importante al dispersar las semillas y polinizar las flores de diferentes plantas que consumen a largo de diferentes ecosistemas, de manera que ayudan a preservar la diversidad y conectividad genética de las comunidades (Kelm, Wiesner y Helversen, 2008) manteniendo así una interacción mutualista con las plantas que dispersan o polinizan (Kunz *et al.*, 2011).

Los murciélagos difieren de los insectos y las aves polinizadoras en su efectividad como polinizadores en al menos dos formas: 1) transportando grandes cantidades de polen en sus cuerpos y depositando muchos granos de este en los estigmas de las flores cada vez que las visitan, y 2) transportando polen en distancias bastantes alejadas entre las flores (Fleming, Geiselman y Kress, 2009). A diferencia de las aves los quirópteros defecan mientras vuelan (Kunz *et al.*, 2011), por lo que son capaces de trasladar nuevas semillas a paisajes abiertos, previamente perturbados, teniendo así una importante función en la regeneración al introducir especies pioneras en los bosques fragmentados (Medellin y Gaona, 1999; Kelm, Wiesner y Helversen, 2008; Fleming, Geiselman y Kress, 2009).

Se sabe que en la región neotropical un total de 549 especies de 191 géneros pertenecientes a 62 familias de angiospermas son dispersadas por murciélagos filostómidos (Lobova, Geiselman y Mori, 2009) y alrededor de 360 especies en 159 géneros de 44 familias son polinizadas por la misma familia (Fleming, Geiselman y Kress, 2009), algunos ejemplos de las familias mayormente beneficiadas se observan en el cuadro 1.4.

Cuadro 1.4: Ejemplos de familias de angiospermas con mayor número de géneros cuyas flores son polinizadas o dispersadas por filostómidos. Modificado de Kunz et al. (2011)

Polinización	Dispersión de semillas
Cactaceae (26)	Arecaceae (15)
Fabaceae (23)	Cactaceae (11)
Malvaceae (18)	Moraceae (10)
Solanaceae (7)	Myrtaceae (10)
Bignoniaceae	Sapotaceae (6)
Bromeliaceae	
Gesneriaceae (6)	

En México, diferentes especies son importantes polinizadores y dispersores de semillas (Arizmendi *et al.*, 2002), pero especialmente las dos especies del género *Leptonycteris* (*L. nivalis* y *L. yerbabuenae*) así como *Choeronycteris mexicana* tienen una importante función en las cactáceas y agaváceas (Valiente-Banuet *et al.*, 1996; Arizaga *et al.*, 2000; Arizmendi *et al.*, 2002; López-Hoffman *et al.*, 2010), estas últimas con importancia económica y cultural en el país por la producción de tequila. En las regiones áridas y semiáridas de México, donde domina la vegetación de especies de cactus columnares, se ha encontrado que el 69% de estas especies florecen durante la noche y 60% presentan características del síndrome quiropterófilo (Valiente-Banuet *et al.*, 1996), y se ha reportado también que ciertas especies de murciélagos pueden ser los únicos polinizadores de algunos de estos cactus (Valiente-Banuet *et al.*, 1996). Por otro lado, en las regiones tropicales de este país, se ha reportado también la importancia que tiene el rol de los murciélagos en la dispersión de especies pioneras como aquellas del género *Cecropia* para la regeneración de los bosques (Medellin y Gaona, 1999).



### 1.3.3 Indicadores

Las especies indicadoras son aquellas que cuentan con ciertas características como presentar facilidad y rentabilidad al ser medidas, tener un amplio conocimiento de la especie por parte de la comunidad científica y tener un grado de sensibilidad al ambiente para dar información de un cambio, entre otras (Noss, 1990). Estas especies son importantes porque son capaces de dar información sobre las condiciones ambientales de un sitio o sobre el estatus de alguna otra especie (Landres, Verner y Thomas, 1988). En este sentido, los murciélagos son considerados como indicadores del grado de perturbación del ecosistema gracias a que cumplen con ser taxonómica y funcionalmente diversos, tener una amplia distribución geográfica, ser fáciles de muestrear, tener una alta abundancia relativa y a que son sensibles a cambios en el clima y en su hábitat (Jones *et al.*, 2009; Medellín y Viquez, 2014).

De acuerdo con estudios realizados en las selvas neotropicales se sabe que, en general, existe mayor diversidad de murciélagos en sitios sin perturbación que en aquellos mayormente perturbados (Fenton *et al.*, 1992). En algunos estudios Emballonuridae, Vespertilionidae y Thyropteridae han sido familias encontradas en bosques primarios o bosques con poca perturbación (Wilson, Ascorra y Solari, 1996). Pero especialmente la subfamilia Phyllostominae (familia: Phyllostomidae), que presenta un alto grado de especialización en su dieta y en la selección de sus perchas (Medellín, Equihua y Amin, 2000), ha sido sugerida como indicadora de sitios con mejor grado de conservación (Fenton *et al.*, 1992; Wilson, Ascorra y Solari, 1996; Medellín, Equihua y Amin, 2000). Las especies de esta subfamilia encontradas en México son *Macrophyllum macrophyllum*, *Trachops cirrhosus*, *Lophostoma brasiliense*, *Lophostoma*

*evotis*, *Mimon cozumelae*, *Mimon crenelatum*, *Phylloderma stenops*, *Phyllostomus discolor*, *Tonatia saurophila*, *Chrotopterus auritus* y *Vampyrum spectrum*.

Por otro lado, la subfamilia Carollinae (familia: Phyllostomidae), cuyas especies encontradas en México son *Carollia perspicillata*, *Carollia sowelli* y *Carollia subrufa*, ha mostrado también ser indicadora pero de sitios con mayor grado de disturbio, en particular la especie *Carollia perspicillata* (Fenton *et al.*, 1992; Wilson, Ascorra y Solari, 1996). El vampiro *Desmodus rotundus* (subfamilia: Desmodontinae; familia: Phyllostomidae) también es un buen indicador de disturbios ya que se encuentra en sitios con perturbaciones producidas principalmente por la introducción del ganado (Fenton *et al.*, 1992; Wilson, Ascorra y Solari, 1996).

Por otro lado, murciélagos de diferentes continentes, también han sido seleccionados como indicadores del impacto negativo del cambio climático sobre el estatus de las especies migratorias (Newson *et al.*, 2009). Entre estas especies se encuentra la insectívora *Tadarida brasiliensis*, especie mexicana que a través de la medición de sus poblaciones en sus perchas de maternidad, es indicadora de los cambios en la temperatura y de otros patrones climáticos regionales (Newson *et al.*, 2009).

#### 1.4 Amenazas

Los murciélagos, al igual que muchas otras especies, se enfrentan a diferentes problemáticas actuales que tienen que ver con la pérdida y/o fragmentación de sus hábitats, el cambio climático, las especies invasivas, entre otras que se presentan a continuación.

La destrucción y modificación de hábitats producida por la deforestación, la creación de carreteras y la expansión de los asentamientos humanos afectan a los murciélagos ya que implica, en muchos casos, la pérdida de sus sitios de percha (Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001). Estas perturbaciones antrópicas también provocan la contaminación de los cuerpos de agua que, como consecuencia, afectan a las comunidades de insectos que sirven de alimento para muchas especies insectívoras (Jones *et al.*, 2009). Entre otras modificaciones del hábitat, la expansión de la agricultura también afecta a estos mamíferos ya que, además de significar la pérdida de hábitats, el clareo previo a la siembra también implica la disminución en la disponibilidad de insectos por la creación de monocultivos o el uso de pesticidas (Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001).

Los pesticidas, además, son una amenaza ya que se ha probado que la acumulación de estas sustancias han tenido un papel importante en la disminución drástica de especies como *Tadarida brasiliensis* (Clark, 2001). Además estas sustancias, cuando están presentes en las hembras, son transmitidas a las crías durante la lactancia (Clark, Martin y Swineford, 1975). Específicamente en especies migratorias como *T. brasiliensis*, ha sido demostrado que durante el desplazamiento migratorio los residuos de estas sustancias, contenidos en las grasas, se movilizan hasta llegar al cerebro provocando síntomas de envenenamiento (Geluso, Altenbach y Wilson, 1976), por lo que claramente la presencia de pesticidas transmitidos por las madres son una seria

amenazada para las crías que realizan su primer vuelo migratorio (Geluso, Altenbach y Wilson, 1976).

El cambio climático es una amenaza que provoca que los cambios de temperatura extremos y las sequías alteren la disponibilidad de alimento y aumenten la mortandad en las crías (Jones *et al.*, 2009). El cambio climático provoca también el incremento en las precipitaciones lo que impide que estos mamíferos tengan sus actividades de forrajeo como normalmente lo hacen y que el aumento del nivel del mar pueda disminuir el acceso a cuevas subterráneas (Jones *et al.*, 2009).

Otra amenaza que enfrentan los murciélagos es el síndrome de blanqueamiento de nariz, provocado por el hongo *Geomyces destructans* (Warnecke *et al.*, 2012). Este hongo introducido de Europa invade a las especies que hibernan mostrándose visiblemente en el hocico, orejas y membranas de las alas provocando la muerte de millones de murciélagos en América (Blehert *et al.*, 2009; Fenton, 2012; Warnecke *et al.*, 2012). *G. destructans* induce el agotamiento de las reservas de grasas y hace que los murciélagos despierten de la hibernación antes de tiempo dejándolos sin energía y sin fuentes de alimento por la falta de disponibilidad de insectos (Warnecke *et al.*, 2012).

Los murciélagos también se ven amenazados por creencias que les dan mala fama o por miedo a los vampiros que pueden afectar tanto a personas como al ganado (Villa-Ramírez, 1966), por lo que muchas veces se les mata sin identificar realmente a las especies hematófagas (Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001). Así, para no sentirse amenazadas, algunas personas erradican las colonias de murciélagos con armas de fuego, electrocución en cuevas, humo o fuego, dinamita, gasolina, bombas o gas venenoso y bombas biológicas, también hay quienes queman las cavidades de los

árboles donde pudieran perchar y en ocasiones ponen paredes de concreto o puertas en la entrada de las cuevas para impedir su salida (Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001).

Finalmente, las instalaciones de energía eólica son un problema más para las especies migratorias pues se ha observado que matan a numerosos murciélagos (Kunz *et al.*, 2007; Baerwald y Barclay, 2011). Kunz *et al.* (2007) propone que algunas hipótesis sobre dónde, cómo, cuándo y por qué ocurren estas muertes. Entre dichas hipótesis propone que la disposición de las turbinas podría marcar paisajes lineales a seguir. También propone que podrían ser percibidas como perchas, o que podrían atraer a los murciélagos por los insectos que normalmente se encuentran en los paisajes perturbados a los alrededores de dichas instalaciones. Posiblemente también sean atraídos por el sonido producido por las turbinas, y en otra hipótesis propone que los cambios de presión podrían desorientarlos mientras se alimentan o migran cerca de las turbinas causándoles lesiones internas.

### **1.5 Conclusiones sobre la diversidad e importancia de las especies mexicanas**

Con todo lo explicado anteriormente en este capítulo, se puede resumir que los murciélagos presentan variadas estrategias de alimentación, refugio y reproducción lo que les permite adaptarse a las diferentes condiciones de topografía y vegetación del territorio mexicano así como al encuentro de las regiones neártica y neotropical presentes en el mismo. Su función como controladores de plagas, indicadores, polinizadores y dispersores de semillas es muy importante ya que no sólo proporciona beneficios a los ecosistemas, como la regeneración de los bosques, sino que también

provee otros servicios ecosistémicos de carácter cultural y de aprovisionamiento como en el caso de la producción del tequila. Por lo tanto las amenazas hacia sus hábitats como la fragmentación, la introducción de especies exóticas y el cambio climático, son amenazas que implican la pérdida de los murciélagos así como de los servicios ecosistémicos que ellos proveen, lo cual podría verse reflejado en una importante pérdida económica y de valores culturales.

Las amenazas descritas anteriormente podrían agravarse cuando se trata de especies migratorias dado que algunas de ellas tienen diferentes funciones y grado de impacto en cada ecosistema al que migran, por esto en el siguiente capítulo se explica el comportamiento migratorio en estos mamíferos, sus adaptaciones y las características principales de aquellas especies mexicanas en riesgo.

## Capítulo 2. La migración: especies mexicanas y en estatus de riesgo

### 2.1 El fenómeno de migración

El desplazamiento en los animales es indispensable para satisfacer, dentro de su dominio vital, sus necesidades de alimento, refugio y reproducción. Existen dos desplazamientos que se dan fuera de este dominio: 1) la dispersión, que implica el establecimiento permanente en un nuevo dominio vital una vez que se han encontrado los recursos, y 2) la migración, que aleja periódicamente a los animales de su dominio vital hasta encontrar recursos adecuados (Dingle, 2006; Dingle y Drake, 2007). De esta manera, la migración puede definirse como un tipo de adaptación en la cual ciertos animales se mueven siguiendo los cambios espacio-temporales del clima y de la disponibilidad de recursos (Dingle y Drake, 2007; Altringham, 2011; Krauel y McCracken, 2013), y que, a diferencia de la dispersión, dicho desplazamiento es unidireccional (Krauel y McCracken, 2013).

La migración puede ser clasificada de diferentes maneras según el enfoque en que se estudie. Dingle y Drake (2007) ordenan ciertos patrones de migración de acuerdo con las categorías: organismo, espacio, tiempo y medio, como se muestra en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1: Variación en los patrones de migración (Dingle y Drake, 2007)

Categorías	Patrón
Organismo	Obligado, facultativo, parcial, diferencial.
Espacio	Ida y vuelta, viaje redondo, una vía, altitudinal, nómada.
Tiempo	Estacional, irregular.
Medio	Diadrómico, deriva.

Así, Dingle y Drake (2007) explican que, para la categoría de organismo, una especie dada puede migrar siempre (obligado) o solo hacerlo en respuesta a las condiciones locales (facultativo), además puede que migre solamente una parte de la población (parcial), o que la migración siga ciertos patrones relacionados con la edad o el sexo de los individuos (diferencial). En cuanto a la categoría de espacio, la migración de ida y vuelta, así como la de viaje redondo, implica el desplazamiento a sitios muy diferentes estacionalmente donde uno es de reproducción y el otro de hibernación; la diferencia es que, en la migración de ida y vuelta, los organismos regresan al área de reproducción donde nacieron siguiendo siempre las mismas rutas, mientras que en la de viaje redondo pueden tomar caminos diferentes para regresar a su lugar de origen. En la migración de una vía se desplazan del lugar donde nacieron a otro lugar donde se reproducen antes de morir. En la altitudinal, como su nombre lo indica, los desplazamientos se dan entre diferentes elevaciones terrestres; y en la nómada, no se siguen algún patrón regular, sólo se llega a sitios de reproducción temporales en donde las condiciones favorables son efímeras. Por otro lado, en la categoría de tiempo, las migraciones estacionales son migraciones de viaje redondo que se sincronizan con diferentes temporadas del año, mientras que las irregulares son movimientos ocasionales que se dan en una proporción significativa de la población. Finalmente la categoría de medio incluye la diadrómica que se da en medios distintos (como agua dulce y agua salada), y la de deriva que permite la migración a través de un medio de locomoción, como el viento.

Las especies migratorias, ya sea que vuelen, naden, caminen, floten o utilicen algún otro medio para desplazarse, comparten ciertas características durante este comportamiento. Dingle (1996) señala que, si bien la distancia, duración, ritmo,



frecuencia y destino final varían, los migrantes siempre muestran por lo menos alguna de las siguientes características: 1) ser perseverante, es decir, obtienen ciertos recursos del hábitat de origen y esperan durante el traslado a otro hábitat donde obtendrá otros recursos, 2) realizar viajes en líneas más rectas que durante sus forrajes dentro de su dominio vital, 3) no distraerse, durante sus trayecto migratorios, con estímulos (como la presencia de alimento) que normalmente detendrían sus movimientos si estuvieran dentro de su dominio, 4) mostrar ciertos comportamientos previos a la partida o posteriores a la llegada como la hiperfagia, y 5) almacenar energía específicamente para usar durante el viaje.

### **2.1.1 La migración en los murciélagos**

De las más de 1,100 especies de murciélago conocidas en el mundo, se sabe que sólo entre 30 y 40 de ellas son migratorias (Altringham, 2011) y sus patrones de migración varían entre ellas. Algunas especies tienen un patrón de migración parcial (LaVal, 1973), pero la mayoría muestra tener un patrón diferenciado entre sexos (Altringham, 2011) en donde las hembras tienden a mostrar más este comportamiento, ya sea como únicas migrantes o porque ellas comienzan su trayecto antes que los machos (Fleming y Eby, 2003). Altringham (2011) señala que, esta diferenciación de sexo se debe a que las hembras necesitan aprovechar al máximo los recursos que les esperan en su hábitat de verano, así ellas son capaces de compensar la demanda de energía que tienen durante el embarazo y la lactancia; además las hembras también deben llegar antes para encontrar perchas, con las mejores condiciones, que sirvan de guardería para

sus crías, mientras que los machos, por su parte, pueden permanecer en hábitats menos favorables.

Los migrantes aéreos recorren distancias que varían de acuerdo con el grupo del que se trate. Así, en el caso de los murciélagos, Holland (2007) señala que el comportamiento espacial de estos mamíferos migratorios se puede dividir en dos categorías:

1. Migrantes regionales cuyo desplazamiento varía de entre 100 y 500 km, y
2. Migrantes de largas distancias, que alcanzan trayectos mayores a 1000 km,

Dado que las migraciones de la última categoría no sobrepasan los 1800 o 2000 km, en comparación con el comportamiento de aves de talla similar, algunos autores (Fleming y Eby, 2003) consideran que estos murciélagos no son verdaderos migrantes de largas distancias.

Muchos aspectos de la migración de los murciélagos son desconocidos, pero la información existente sobre la migración de las aves ha permitido hacer ciertas comparaciones e incluso desarrollar modelos de migración en los murciélagos basados en los de las aves. Fleming y Eby (2003) resumen las similitudes y diferencias de la migración de ambos grupos como se muestra en el cuadro 2.2. Se puede observar que, en los murciélagos; este comportamiento es de menor incidencia y extensión que en las aves, más común en especies de climas templado debido a que, en algunos casos, está asociado a la hibernación; que las hembras migran embarazadas y que existe una segregación diferente de sexos durante los hábitats de verano e invierno. Los murciélagos migratorios de largas distancias, al igual que las aves, necesitan de mucha energía para navegar por lo que, en periodos alternos de carga de energía y vuelo, la

almacenan utilizando adaptativamente los vientos para evitar gastarla innecesariamente (Fleming y Eby, 2003; Hedenström, 2009).

Cuadro 2.2: Comparación de la migración en aves y murciélagos (Fleming y Eby, 2003)

Parámetro	Aves paseriformes	Murciélagos
Proporción de migrantes que son “migrantes de largas distancias”	Alto	Bajo
Distancia máxima de migración	>>1800 km	1800 km
Proporción de migrantes que se someten a desplazamientos intercontinentales	Alto	Bajo
¿Vuelos largos ininterrumpidos durante la migración?	Común	Raro
Cantidad de grasa acumulada antes de la migración	>50% de masa magra	<<50% de masa magra
¿Migración asociada con la hibernación?	No	Común en murciélagos templados
¿Migración diferenciada por sexo?	No, ambos sexos migran	Sí, con frecuencia; hembras más propensas
¿Escalas durante la migración de larga distancia?	Si	Si
¿Apareamiento en sitios de verano?	Si	No
¿Las hembras migran embarazadas?	No	Si
Segregación geográfica o de hábitat entre sexos durante:		
-Sitios de verano	No	Si
-Sitios de invierno	Si	No

La migración en los murciélagos puede tener ciertas ventajas y desventajas, ya que a pesar de que puede dar acceso a nuevas fuentes de alimento, microclimas más favorables, y disminuir el riesgo de enfermarse, ser depredado o parasitado, este comportamiento también resulta bastante costoso en términos de tiempo y energía y también implica riesgos de mortandad por otros depredadores, escasez de alimento o inclemencias del clima, por lo que puede resultar bastante estresante principalmente para los murciélagos jóvenes (Fleming y Eby, 2003). Asimismo, cuando estos mamíferos migran por lo general lo hacen en grupos a pesar de que algunas especies perchen en solitario (Fleming y Eby, 2003). Tener esta estrategia tiene, también, ciertas ventajas como disminuir el riesgo de depredación, facilitar el aprendizaje de las rutas y escalas y aumenta la probabilidad de encontrar individuos del sexo opuesto para reproducirse aunque, por otro lado, también puede implicar mayor competencia por alimento o por pareja (Fleming y Eby, 2003).

### **2.1.2 Migración en murciélagos templados y tropicales**

El comportamiento migratorio en los murciélagos es diferente en las especies de clima templado a las de clima tropical. Los habitantes de climas templados tienen que adaptarse al frío invernal, de modo que muchas especies adoptan la estrategia de hibernación en cuevas o edificios, sin embargo aquellas que utilizan árboles para percharse (aunque también algunas que utilizan cuevas) tienen menos protección contra las rigurosidades del invierno (Popa-Lisseanu y Voigt, 2009). Por esta razón, algunas especies tienen que migrar varios cientos de kilómetros de sus sitios de reproducción en verano hacia latitudes más bajas para pasar el invierno y así evitar

bajas temperaturas que pudieran ponerlos en riesgo durante su hibernación y/o evitar la baja disponibilidad de alimento de las zonas templadas (Fleming y Eby, 2003). Las especies de zonas tropicales, en cambio, migran según la estacionalidad de las lluvias, en razón de la cambiante disponibilidad y distribución geográfica de su alimento (Fleming y Eby, 2003; Popa-Lisseanu y Voigt, 2009).

Las especies tropicales y templadas al tener motivos diferentes para migrar tienen un impacto funcional drásticamente diferente en el ecosistema al que llegan. Fleming y Eby (2003) explican que los murciélagos de climas templados no tienen el mismo impacto en sus hábitats de veranos que en los de invierno, ya que en estos últimos migran para hibernar o entrar en periodos de letargo, por lo que su importancia como depredadores de insectos o dispersores de semillas es menor. Por otro lado, dichos autores, también señalan que las especies tropicales, al tener rara vez períodos de inactividad y dado que migran en busca de recursos, constantemente extraen y devuelven la energía del hábitat en el que se encuentren.

### **2.1.3 Modelos de migración**

Para explicar el comportamiento migratorio de los murciélagos, Hedenström (2009) propone un modelo de estrategia de migración, basado en la teoría de migración de las aves (Alerstam y Hedenström, 1998), en el que sugiere que estos mamíferos tienen que aprovechar las noches largas del otoño para viajar y alimentarse antes de que llegue la escasez de alimentos del invierno. Hedenström (2009) señala que la migración es más limitante para ellos que para las aves puesto que estos mamíferos, al ser principalmente nocturnos, no se alimentan ni migran durante el día, por lo que tienen

que distribuir su tiempo para ambas actividades, e indica que el letargo diurno que tienen podría ser una forma de conservar su energía.

Hedenström (2009) desarrolla su modelo que, más que nada, puede ser adaptado para las especies templadas. Así, el modelo propuesto se presenta en la figura 2.1, donde se señala hipotéticamente el momento óptimo en el que la migración otoñal alcanza su mayor velocidad, el cual se sincroniza cuando las noches van aumentando su duración y la abundancia de insectos aéreos va disminuyendo.

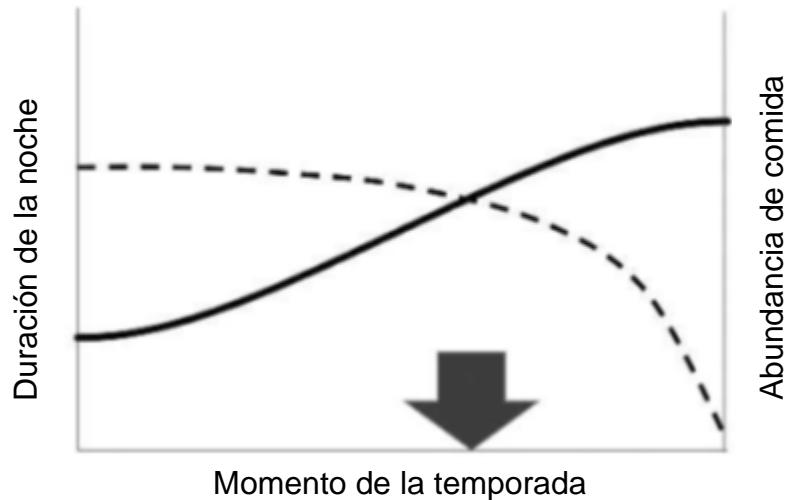


Figura 2.1: Determinación hipotética del momento óptimo de la migración en otoño en murciélagos insectívoros. La línea continua muestra el incremento de la duración de la noche, la línea punteada indica la abundancia de insectos aéreos y la flecha señala el momento en que se alcanza la mayor velocidad durante la migración (Hedenström, 2009)

En el caso de las especies tropicales nectarívoras Moreno-Valdez et al. (2000) propone otro modelo de migración que se explica con dos submodelos: uno de producción de néctar y otro que hipotetiza las reglas que rigen a la migración. Dicho autor señala que

el primer submodelo representa la fenología de las flores y está constituido por la producción, y volumen de néctar consumido, así como por la cantidad de néctar contenido en las flores senescentes y que da como resultado la disponibilidad de néctar de un sitio dado. Mientras que el segundo submodelo, que representa el número individuos presentes en un lugar y momento dado, es el resultado de las inmigraciones y emigraciones que ocurren.

#### **2.1.4 Navegación**

La navegación aérea ha sido estudiada en las aves mucho más que en los murciélagos. Wiltschko y Wiltschko (2003) analizan los mecanismos descritos para la navegación de las aves y explica el modelo de “el mapa y la brújula” de Kramer (1953) en donde dice que las aves son capaces de guiarse de señales a cierta escala geográfica (el mapa) para determinar su posición y así tomar la dirección que indican ciertas señales para seguir el rumbo hacia su objetivo final (la brújula).

Popa-Lisseanu y Voigt (2009) describen la migración como “un comportamiento complejo que involucra ciertas instrucciones genéticamente adquiridas, así como de otras aprendidas”. Los mecanismo de navegación en los murciélagos han sido poco estudiados y actualmente no se sabe si las rutas específicas a seguir durante su primera migración están programados genéticamente durante su primer año de migración, pero es probable que, para el segundo año de migración, posean un mecanismo de navegación que les permita orientarse hacia su destino final (Holland, 2007). Holland et al. (2008) encontraron que estos mamíferos, a diferencia de las aves, tienen partículas de magnetita flotando libremente en sus células sensoriales y que

estas partículas pueden detectar el campo magnético de la Tierra con un receptor de polaridad que funciona como brújula. Por otro lado, Holland (2007) sugiere que los murciélagos podrían calibrar su brújula orientándose también con las estrellas.

Ciertos autores han mencionado que, para orientarse, los quirópteros pueden seguir sus rutas a lo largo de cadenas montañosas (Baerwald y Barclay, 2009), corrientes de agua (Serra-Cobo *et al.*, 2000; Cryan, 2003; Baerwald y Barclay, 2009; Furmankiewicz y Kucharska, 2009) y líneas costeras (Cryan, 2003). Serra-Cobo *et al.* (2000) mencionan, además, que las corrientes de agua no solo son señales de referencia importantes para su navegación, sino que también son áreas que les proporcionan mejores condiciones que ayudan a compensar el alto costo energético de la migración. Dicho autor indica que, dado que la evaporación de agua por el cuerpo es la principal causa de pérdida de agua en los pequeños mamíferos, la humedad atmosférica presente en estos lugares es especialmente importante para evitar esta pérdida.

### **2.1.5 Adaptaciones para la migración**

La migración aérea necesita de adaptaciones para superar los desafíos que este comportamiento requiere. Entre estas adaptaciones, se ha reportado que los murciélagos en sus periodos de migración presentan menor masa magra, así como una disminución en sus riñones y órganos digestivos (McWilliams y Karasov, 2005; McGuire, Fenton y Guglielmo, 2013). Estas características son explicadas, por McGuire *et al.* (2013), como una adaptación a las demandas energéticas de la migración, ya que deben disminuir el esfuerzo de búsqueda de alimento durante este comportamiento. Por otro lado, muestran tener, un incremento en su masa pulmonar lo cual se asocia con el



aumento en su capacidad de ejercicio aeróbico (McGuire, Fenton y Guglielmo, 2013). Además, McGuire et al. (2013) reportan también un aumento en las reservas de grasa en donde, a diferencia de los machos, las hembras almacenan mayores cantidades durante la migración de primavera, debido a la mayor demanda de energía que tienen al migrar embarazadas, y que, en cambio, durante la migración de otoño, no hay diferencias entre ambos sexos en el aumento de reservas de grasas ya que las hembras no migran embarazadas. La acumulación de grasas, junto con los letargos diurnos que realizan los machos durante estos periodos, distingue las estrategias de migración de los murciélagos a las de las aves (Krauel y McCracken, 2013).

Por otra parte, una adaptación importante en la migración aérea se encuentra en la morfología de las alas. Así, se sabe que en los murciélagos migratorios, especialmente aquellos que migran largas distancias, las alas son generalmente alargadas con terminaciones puntiagudas y aquellos que no migran distancias tan largas pueden tener alas menos alargadas (Norberg y Rayner 1987), dicho alargamiento proporciona una mejor eficiencia aerodinámica y menos pérdida de energía (Norberg y Rayner, 1987; Altringham, 2011).

## 2.2 Especies migratorias

En México existen 29 especies de murciélagos identificadas como migratorias (Medellín *et al.*, 2009) que, como se muestra en el cuadro 2.3, pertenecen a las familias Vespertilionidae, con mayor número de especies, seguida por Mosolidae, Phyllostomidae y Mormoopidae. Algunas de estas especies muestran ciertas diferencias entre el listado de especies de Ramírez-Pulido *et al.* (2014) y Ceballos, Arroyo-Cabrales y Vazquez (2014) las cuales se muestran en el cuadro 2.3, donde se observa que cinco especies están clasificadas o nombradas de manera diferente.

Cuadro 2.3: Murciélagos migratorios de México

Especie mencionada en Medellín <i>et al.</i> , (2009)	Especie en Ramírez-Pulido <i>et al.</i> , (2014)	Especie en Ceballos, Arroyo-Cabrales y Vazquez, (2014)
Familia: Vespertilionidae		
<i>Eptesicus fuscus</i>		
<i>Euderma maculatum</i>		
<i>Lasionycteris noctivagans</i>		
<i>Pipistrellus hesperus</i>	<i>Parastrellus hesperus</i>	<i>Parastrellus hesperus</i>
<i>Idionycteris phyllotis</i>		
<i>Lasiurus ega</i>		
<i>Lasiurus intermedius</i>		
<i>Lasiurus blossevillii</i>		
<i>Lasiurus borealis</i>		
<i>Lasiurus cinereus</i>		
<i>Lasiurus xanthinus</i>		
<i>Myotis thysanodes</i>		
<i>Myotis volans</i>		
<i>Myotis velifer</i>		

<i>Myotis californicus</i>		
<i>Myotis ciliolabrum</i>	<i>M. ciliolabrum</i> especie diferente de <i>M. melanorhinus</i>	<i>M. melanorhinus</i> sinónimo de <i>M. ciliolabrum melanrhotus</i> , subespecie de <i>M. ciliolabrum</i>
<i>Myotis lucifugus</i>	<i>M. occultus</i>	Anteriormente era subespecie de <i>M. occultus</i> , actualmente son especies diferentes
<i>Myotis yumanensis</i>		
Familia: Molossidae		
<i>Promops centralis</i>		
<i>Tadarida brasiliensis</i>		
<i>Eumops perotis</i>		
<i>Eumops glaucinus</i>	<i>E. ferox</i> es la única especie del complejo <i>E. glaucinus</i> presente en México	<i>E. ferox</i>
<i>Eumops underwoodi</i>		
<i>Nyctinomops femorosaccus</i>		
<i>Nyctinomops macrotis</i>		
Familia: Phyllostomidae		
<i>Leptonycteris curasoae</i>	<i>L. yerbabuenae</i> : nombre válido de la subespecie de <i>L. curasoae</i> que se distribuye en México y Estados Unidos	<i>L. yerbabuenae</i>
<i>Leptonycteris nivalis</i>		
<i>Choeronycteris mexicana</i>		
Familia: Mormoopidae		
<i>Mormoops megalophylla</i>		

Entre estas especies, según la lista de especies en riesgo de la NOM 059 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010) dos especies se encuentran amenazadas y dos bajo protección especial. Y según la lista roja internacional de especies amenazadas (IUCN, 2017), todas las especies del cuadro 2.3 se encuentran en la categoría de preocupación menor salvo dos de ellas que están cerca de ser amenazadas y una en peligro (cuadro 2.4).

Cuadro 2.4: Especies bajo algún estatus de riesgo o amenaza nacional o internacional

Especie	NOM 059	Lista roja IUCN
Familia: Vespertilionidae		
<i>Euderma maculatum</i>	Sujeta a protección especial	
<i>Lasionycteris noctivagans</i>	Sujeta a protección especial	
Familia: Phyllostomidae		
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>		Cerca de ser amenazada
<i>Leptonycteris nivalis</i>	Amenazada	En peligro
<i>Choeronycteris mexicana</i>	Amenazada	Cerca de ser amenazada

### 2.3 Especies migratorias con algún estatus de riesgo

A continuación se presentan las especies mencionadas que se encuentran con algún estatus de riesgo o amenaza y se describen específicamente para cada una de ellas sus hábitos de alimentación, uso de perchas y reproducción así como sus estrategias de migración, el uso que le dan a cada hábitat que ocupan y la importancia de cada una de ellas.

### **2.3.1 *Euderma maculatum* (Vespertilionidae)**

El murciélago pinto (*Euderma maculatum*) (Figura 2.2) es un murciélago insectívoro especialista de polillas (Naughton, 2012) que se distribuye desde Columbia Británica en Canadá pasando por Montana y Wyoming en Estados Unidos hasta el centro de México (Keith, 2000; Naughton, 2012; Ceballos, Arroyo-Cabrales y Vazquez, 2014) (Figura 2.3). Esta especie habita en altitudes de hasta 2,438 m, al norte de su distribución vive en pastizales y bosques de coníferas abiertos, mientras que al sur de su distribución, en México, puede encontrarse en hábitats secos y en zonas áridas como matorrales xerófilos y chaparrales mixtos con presencia de encinos, pinos y cedros (Naughton, 2012; Ceballos, Arroyo-Cabrales y Vazquez, 2014). Forrajea en áreas abiertas como praderas, humedales e incluso en campos agrícolas (Naughton, 2012; Ceballos, Arroyo-Cabrales y Vazquez, 2014).

Se sabe muy poco de su reproducción pero Naughton (2012) indica que forma colonias de maternidad y sugiere que, al igual que la mayoría de las especies templadas, es probable que se aparee en otoño y tenga una implantación atrasada dando lugar a la reproducción entre finales de junio y mediados de agosto como ciertos autores han reportado (Easterla, 1970; Keith, 2000).

El comportamiento migratorio de esta especie no ha sido muy estudiado aunque Naughton (2012) señala que realiza migraciones altitudinales desplazándose a zonas más bajas durante el otoño y que podría realizar también migraciones latitudinales ya que entre los meses de noviembre y marzo sus poblaciones no son detectadas en Canadá (Naughton, 2012).



Figura 2.2: Murciélago pinto (*Eudermidae maculatum*). “*Eudermidae maculatum*” por Paul Cryan, Sin derechos reservados.



Figura 2.3: Distribución geográfica de *Eudermidae maculatum*. Tomado de (Naughton, 2012)

### 2.3.2 *Lasionycteris noctivagans* (Vespertilionidae)

El llamado murciélago plateado (*Lasionycteris noctivagans*) (Figura 2.4) es una especie insectívora que se alimenta de especies de los órdenes Lepidoptera, Diptera, Homoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera, Neuroptera y Trichoptera tanto en sus perchas estacionales como durante sus viajes migratorios (Kunz, 1982b; Reimer, Baerwald y Barclay, 2010)



Figura 2.4: Murciélago de pelo plateado (*Lasionycteris noctivagans*). “*Lasionycteris noctivagans*” por adamdv18, CC-BY-NC.

Este murciélago es una especie solitaria que habita en los bosques de coníferas, de caducifolias o en bosques mixtos desde el sureste de Alaska, atravesando la mitad de Canadá, gran parte de Estados Unidos hasta una porción del noreste de México (Figura 2.5) (Kunz, 1982b). Percha en las grietas de árboles de gran dimensión y de edad avanzada ya que estos les proporcionan grietas con suficiente protección para

refugiarse de la lluvia, el viento y posibles predadores (Barclay, Faure y Farr, 1988), pero al ser un murciélago que depende de los árboles para percharse, la deforestación y las prácticas de manejo forestal son una amenaza que reduce los sitios de refugio disponibles (Kunz, 1982b).



Figura 2.5: Distribución geográfica de *Lasiurus noctivagans*. Tomado de Kunz (1982b)

El murciélago de pelo plateado es un migrante solitario de larga distancia que viaja entre 250 y 300 km por noche (Reimer, Baerwald y Barclay, 2010; McGuire *et al.*, 2012) y que se guía por los bordes de los lagos (Barclay, Faure y Farr, 1988; McGuire *et al.*, 2012) y las líneas de costa (Cryan, 2003) para realizar este comportamiento. Para comprender mejor sus desplazamientos migratorios Cryan (2003) ilustra, como se muestra en la figura 2.6, la distribución mensual de esta especie.



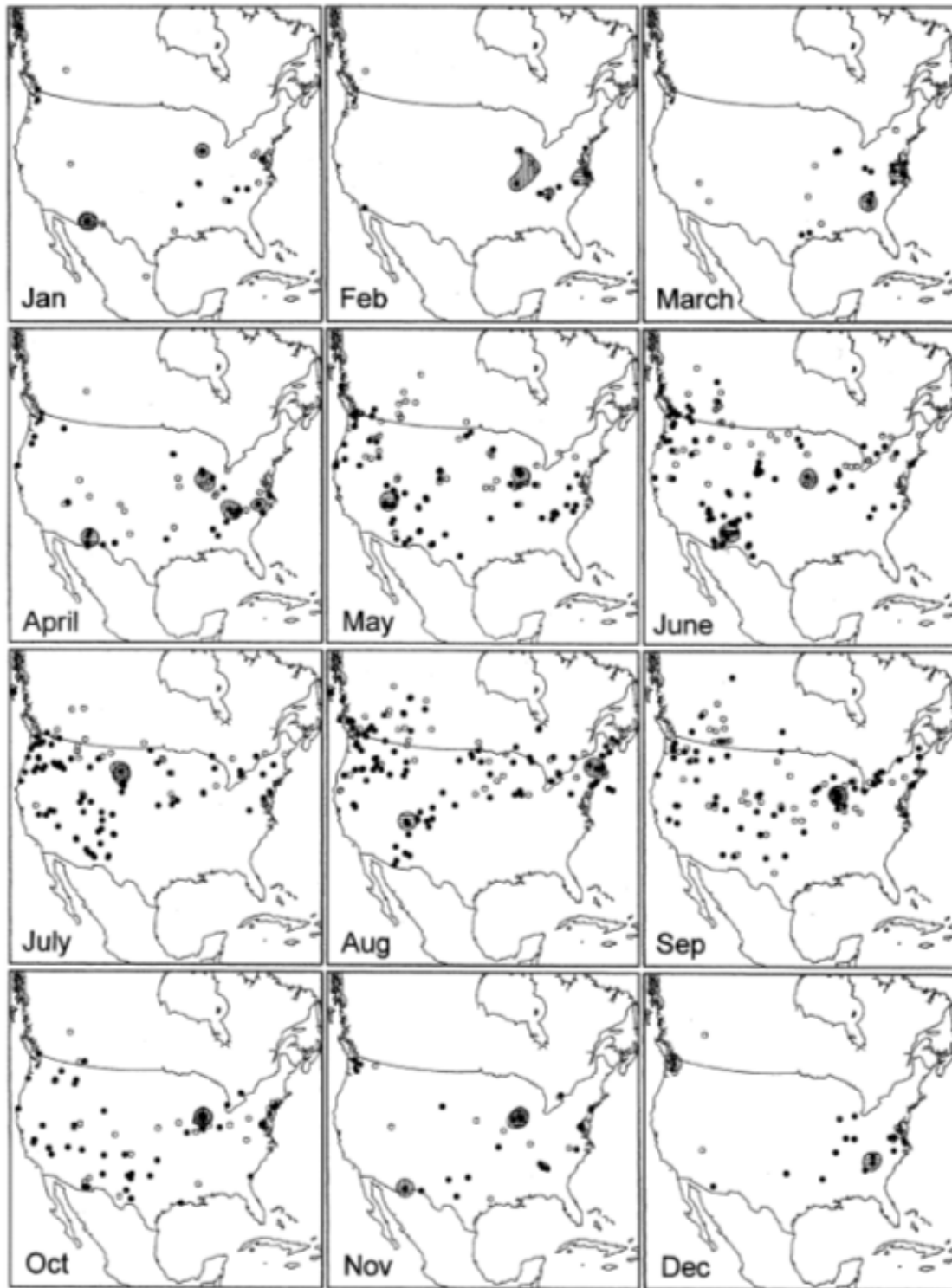


Figura 2.6: Distribución mensual de *Lasionycteris noctivagans*. Los círculos blancos representan a las hembras y los negros a los machos, las manchas más grandes representan las regiones con un alto número de individuos. Tomado de Cryan (2003).

Durante la migración hacia el norte, el murciélago de pelo plateado se desplaza en dos “olas de migración” una en mayo y otra a principios de junio y la mayoría de los migrantes en esta temporada son hembras embarazadas (Barclay, Faure y Farr, 1988) ya que los machos se desplazan menos que las hembras (Cryan, 2003). Mientras que, durante la migración hacia el sur también se desplaza en dos olas, una a finales de agosto y otra a mitad de septiembre (Mcguire *et al.*, 2012) y, dado que las hembras hacen desplazamientos más largos que los machos, cuando se da la migración hacia el sur, las hembras alcanzan a ocupar la distribución de los machos dando lugar a una superposición de ambos sexos para así aparearse durante el otoño y el invierno (Cryan, 2003). Por otro lado, además del letargo diurno que realizan diariamente, tanto en la migración hacia el norte como hacia el sur, se ha observado que hacen escalas de uno o dos días (Barclay, Faure y Farr, 1988; Mcguire *et al.*, 2012) para recargar energía, aunque algunos individuos de esta especie son capaces de realizar su migración sin escalas (Mcguire *et al.*, 2012). Una amenaza importante durante el comportamiento migratorio de esta especie son las instalaciones de energía eólica que han reportado altas tasas de mortandad (Reimer, Baerwald y Barclay, 2010).

#### **2.3.4 *Leptonycteris yerbabuenae* (Phyllostomidae)**

Las especies del género *Leptonycteris* (*L. curasoae* y *L. nivalis*), según Wilkinson y Fleming (1996), comparten un ancestro común que produjo a ambas especies hace cerca de un millón de años, a finales del Plioceno, cuando se levantaron las cadenas montañosas de la Sierra Madre, desplazando a *L. nivalis* a tierras más altas y frías y a *L. curasoae* a zonas más bajas, tal como reporta Arita (1991). Wilkinson y Fleming

(1996) explican que posteriormente *L. curasoae*, quien probablemente habitaba dentro de un corredor árido o semiárido entre México y Sudamérica, formó dos subespecies hace aproximadamente medio millón de años, a mitad del Pleistoceno, cuando este corredor se rompió. Una de estas subespecies, *L. curasoae yerbabuenae*, es aquella identificada como *Leptonycteris yerbabuenae* por ciertos autores (Ceballos, Arroyo-Cabrales y Vazquez, 2014; Ramírez-Pulido *et al.*, 2014) o como sinónimos de *L. sanborni* (Cockrum, 1991) y llamada comúnmente como murciélago hocicudo mexicano (figura 2.7 A y B).



A.



B.

Figura 2.7: Murciélago hocicudo mexicano (*Leptonycteris yerbabuenae*).

A: alimentándose, “*L. yerbabuenae*” por Ken Lamberton, CC-BY-NC.

B: cubierto de polen, “*L. yerbabuenae*” por NPS, sin derechos reservados.

El murciélago hocicudo mexicano es una especie migratoria de larga distancia (>1,500 km) (Ceballos *et al.*, 1997) que habita en cuevas o túneles de minas abandonadas (Cockrum, 1991), y puede ser encontrada en un rango de distribución desde las zonas áridas de Arizona y Nuevo México, en Estados Unidos, pasando por las zonas áridas mexicanas de Sonora y Chihuahua hasta llegar a los bosques tropicales secos del sur de México (Arita, 1991; Cockrum, 1991; Wilkinson y Fleming, 1996) (Figura 2.8).

Esta especie tropical percha en colonias que pueden variar de 5,000 a 75,000 individuos, aproximadamente, y forma perchas de apareamiento (Ceballos *et al.*, 1997), perchas de maternidad de hembras adultas con sus crías, así como perchas transitorias en las que los machos por lo regular ocupan sitios menos cálidas y con mayor altitud que las hembras (Cockrum, 1991). Su alimentación consiste en muy poca cantidad de insectos y principalmente consume néctar, polen y frutas de algunas plantas de quienes también obtiene agua (Fleming y Nassar, 2002). El tipo de escamas presentes en la cutícula de su pelo facilitan la colecta de polen cuando visita flores buscando néctar, por lo que es común verlos cubiertos de polen (Cole y Wilson, 2006) (figura 2.7 B). En las regiones áridas, y durante la migración, aprovecha las plantas de metabolismo CAM alimentándose exclusivamente de especies de la familia Agavaceae y Cactaceae (Arita, 1991; Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg, 1993; Fleming y Nassar, 2002). Mientras que en los bosques tropicales, donde hay una baja densidad de cactus columnares y agaves, son las plantas con metabolismo C3 su principal fuente de alimento (Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg, 1993; Ceballos *et al.*, 1997) (cuadro 2.5).

Cuadro 2.5: Principales plantas consumidas por *L. yerbabuenae*. Modificado de Fleming y Nassar (2002)

Localidad	Familia	Especie	Tipo de alimento
Arizona	Agavaceae	<i>Agave palmeri</i>	Néctar y polen
		<i>A. parrayi</i>	Néctar y polen
		<i>A. deserti</i>	Néctar y polen
		<i>A. schottii</i>	Néctar y polen
	Cactaceae	<i>Carnegiea gigantea</i>	Néctar, polen y flores
		<i>Stenocereus</i> spp.	Néctar, polen y flores
Mexico	Agavaceae	Muchas especies de <i>Agave</i>	Néctar y polen
	Cactaceae	<i>Carnegiea gigantea</i>	Néctar, polen y flores
		<i>Stenocereus</i> spp.	Néctar, polen y flores
		<i>Pachycereus</i> spp.	Néctar, polen y flores
		<i>Neobuxbaumia</i> spp.	Néctar, polen y flores
		Otras cactáceas columnares	Néctar, polen y flores
	Bombacaceae	<i>Bombax ellipticum</i>	Néctar y polen
		<i>Ceiba</i> spp.	Néctar y polen
	Convolvulaceae	<i>Ipomea arborecens</i>	Néctar y polen
	Leguminosae	<i>Bauhinia unguolata</i>	Néctar y polen
	Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i>	Néctar y polen

La migración de este murciélago hociquero parece utilizar los elementos del paisaje para orientarse ya que realiza este comportamiento a través de dos corredores: uno a lo largo de la costa del Pacífico desde el estado de Guerrero hasta el suroeste de Arizona y el otro a lo largo de la Sierra Madre desde Chiapas hasta el sureste de Arizona (Wilkinson y Fleming, 1996) (Figura 2.8). Durante la migración primaveral hacia el norte, quienes toman la ruta de la costa probablemente siguen la floración de los cactus

columnares (Wilkinson y Fleming, 1996), especialmente de las especies *Pachycereus pringlei* y *Stenocereus thurberi* (Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg, 1993; Wilkinson y Fleming, 1996), mientras que los migrantes de la ruta montañosa siguen la floración de los agaves paniculados (Wilkinson y Fleming, 1996). Durante la migración otoñal hacia el sur, en cambio, ambos grupos siguen la ruta de los agaves (Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg, 1993).



Figura 2.8: Distribución de *Leptonycteris yerbabuena*. Se muestra la migración por la ruta costera (círculos) y la ruta montañosa (cuadrados). Tomado de Wilkinson y Fleming (1996)

Este murciélago hocicudo, como se mencionó anteriormente, realiza migraciones estacionales y dicho comportamiento se debe a dos factores relacionados entre sí: 1) el ciclo anual reproductivo y 2) los cambios en la disponibilidad de alimentos (Fleming y

Nassar, 2002). En cuanto al ciclo reproductivo, una vez que ambos sexos se han reunido en sus perchas durante el período de copulación, las hembras migran lejos de los machos en busca de recursos y, cuando las crías nacen y son capaces de volar, dejan esas perchas para ocupar perchas transitorias (Cockrum, 1991). Por otro lado, los cambios en la disponibilidad de alimento pueden ser también responsables de los desplazamientos migratorios, ya que las hembras son atraídas hacia las regiones del norte, cuando ocurre la mayor floración de los cactus columnares durante la primavera y principios de verano, así como la de los agaves paniculados a finales del verano y principios de otoño (Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg, 1993; Fleming y Nassar, 2002). Durante el invierno, en cambio, los cactus columnares y los agaves en las regiones del norte de México y suroeste de Estados Unidos no fructifican, por lo que se da la migración hacia los bosques tropicales y subtropicales secos en donde hay mayor cantidad de recursos comestibles, como flores, durante el final del otoño, el invierno y principios de la primavera (Fleming y Nassar, 2002).

Esta especie tiene dos poblaciones no migratorias que muestran tener diferentes calendarios de reproducción, uno en una población que reside todo el año al sur del estado de Baja California Sur cuyas crías nacen en primavera (Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg, 1993; Fleming y Nassar, 2002) y otra al suroeste del estado de Puebla donde las crías nacen entre septiembre y diciembre (Galindo *et al.*, 2004). Por otra parte, es posible que los individuos migratorios formen también dos poblaciones diferentes con calendarios reproductivos cuyas crías nacen al norte y sur de su distribución durante la primavera y el otoño respectivamente (Ceballos *et al.*, 1997).

Según Ceballos *et al.* (1997), en la llamada cueva de Chamela ubicada en el estado de Jalisco (la cual según dicho autor podría tener una función importante como sitio de apareamiento), así como posiblemente en otras cuevas aledañas, habita una población que en otoño migra al norte para formar sus colonias de maternidad, en el noroeste de México y suroeste de Arizona, para ahí dar a luz en primavera. Por otro lado, los avistamientos de Quiroz, Xelhuantzi y Zamora (1986) quienes reportan haber observado ciertas hembras en periodo de embarazo y lactancia en diciembre y otras también en lactancia en febrero en la Gruta Juxtlahuaca en Guerrero (citado en Ceballos *et al.*, 1997), hacen suponer a Ceballos *et al.*, (1997) que existe otra población al sur de México cuyo calendario de nacimiento se da en invierno ya que, según este autor, al año los machos de esta especie se aparean una vez y las hembras dan a luz una sola vez. Las migraciones de los sitios de apareamiento hacia las perchas de maternidad de estas poblaciones migratorias es esquematizado por Fleming y Nassar (2002) como se muestra en la figura 2.9. Con esto se puede observar que la población no migratoria residente en Baja California da a luz en fechas que coinciden con las de la población migratoria que viaja al noroeste de México y suroeste de Estados Unidos, y dado que las hembras migran en busca de recursos energéticos durante el embarazo (Fleming y Nassar, 2002), la población de Baja California parece haberse adaptado a un comportamiento no migratorio alimentándose durante todo el año de plantas con metabolismo CAM como lo reportaron Ceballos *et al.* (1997), y una situación similar podría estar ocurriendo con la población no migratoria del bosque tropical seco del suroeste de Puebla.





Figura 2.9: Desplazamientos de las poblaciones migratorias de *L. yerbabuenae* donde, en temporadas opuestas, una migra al norte y la otra al sur hacia a las perchas de maternidad para dar a luz (Fleming y Nassar, 2002)

### 2.3.5 *Leptonycteris nivalis* (Phyllostomidae)

*Leptonycteris nivalis*, conocido comúnmente como murciélago hocicudo mayor, es una especie que, como se mencionó en la sección anterior, surgió hace cerca de un millón de años en el momento en que la Sierra Madre se levantó desplazando a esta especie hacia tierras más altas y frías que aquellas donde quedó su congénero *L. yerbabuenae* (Arita, 1991). Esta especie, por tanto, habita en zonas de mayor altitud en la transición de los bosques tropicales caducifolios y los bosques de pino-encino, así como en algunas zonas áridas (Easterla, 1972; Arita, 1991) desde el sur de Texas en Estados Unidos, pasando por México hasta Guatemala (Hensley y Wilkins, 1988) (Figura 2.10).

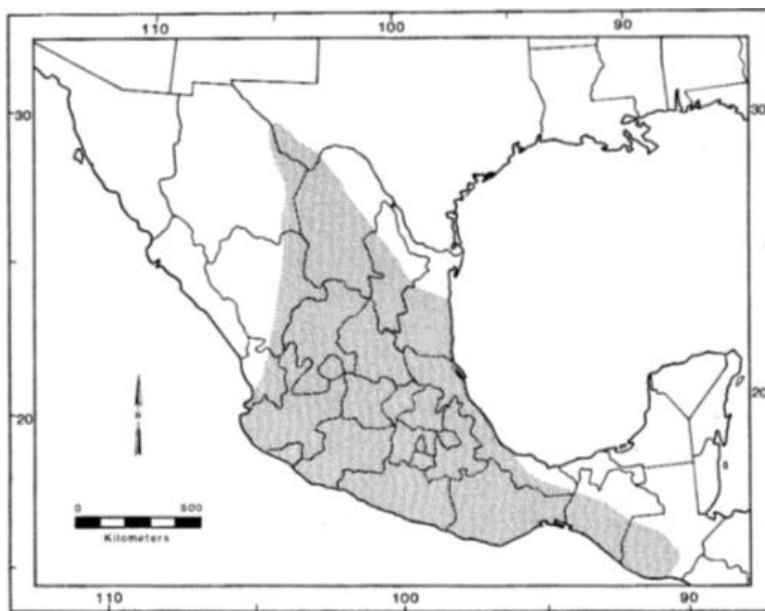


Figura 2.10: Distribución geográfica de *Leptonycteris nivalis*. Tomado de Hensley y Wilkins (1988)

Este murciélago hocicudo habita en cuevas, minas y edificios abandonados (Hensley y Wilkins, 1988), donde forma colonias que pueden llegar a alcanzar cerca de 10,650 individuos con adultos y jóvenes mezclados (Easterla, 1972). Se alimenta principalmente de néctar, polen, frutas y semillas de agaves y cactáceas (Easterla, 1972; Hensley y Wilkins, 1988; Valiente-Banuet *et al.*, 1997; Moreno-Valdez, Honeycutt y Grant, 2004), y es un eficiente polinizador de estas plantas (Fleming, Tuttle y Horner, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1997). Entre finales de mayo y principios de julio es el momento de mayor floración de las especies de *Agave* en el norte de México, y esta temporada coincide con la reproducción y lactancia de este murciélago (Moreno-Valdez, Honeycutt y Grant, 2004).

Durante el verano el murciélago hocicudo mayor (figura 2.11) habita al sur de Estados Unidos en las zonas más altas de Texas y en algunas localidades al norte de México y

posteriormente, dado que esta especie no hiberna, migra al centro de México en donde parte de su distribución coincide con *L. yerbabuena* (Hensley y Wilkins, 1988). La migración de esta especie, al igual que en *L. yerbabuena*, es estacional y responde a su ciclo anual reproductivo y a los cambios en la disponibilidad de alimentos (Fleming y Nassar, 2002) como se explicó en la sección anterior. La migración hacia el sur comienza con la temporada de lluvias y cuando empieza a disminuir la temperatura (Hensley y Wilkins, 1988), mientras que la migración hacia el norte, según Moreno-Valdez, Honeycutt y Grant (2004) quienes señalan que el tamaño de las colonias de esta especie está relacionada con la floración de los agaves y la temperatura ambiente, se da cuando incrementa la temperatura en sus sitio de partida y cuando aumenta la disponibilidad de alimentos en las latitudes más altas.



Figura 2.11: Murciélago hocicudo mayor (*Leptonycteris nivalis*). “L nivalis” por CONABIO, CC-BY-NC-SA.

Los dos murciélagos hocicudos (tanto *L. nivalis* como *L. yerbabuena*) tienen una importante función en las zonas áridas y semiáridas de su distribución donde

generalmente dominan las plantas suculentas (Valiente-Banuet *et al.*, 1997), ya que se ha comprobado la labor que tienen como polinizadores de cactáceas y de agaves así como dispersores de semillas de cactáceas (Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg, 1993; Fleming, Tuttle y Horner, 1996). La estrecha relación de las cactáceas con los murciélagos hocicudos puede observarse en la propia morfología de sus flores ya que presentan el síndrome quiropterófilo, es decir, que tienen flores grandes y robustas de color claro que abren de noche y producen grandes cantidades de néctar y polen (Fleming, Tuttle y Horner, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1997) (figura 2.12 A).

Fleming, Tuttle y Horner (1996), por ejemplo, demostraron que estos murciélagos hocicudos al introducir su cabeza en la corola de las flores de cactus columnares como el cardón (*Pachycereus pringlei*) (figura 2.12 A), el sahuaro (*Carnegiea gigantea*), y la pitaya (*Stenocereus thurberi*) quedan impregnados del polen haciéndolos unos polinizadores bastante eficientes. Especialmente en el caso de cardón, dichos autores demostraron que los murciélagos *Leptonycteris* tienen incluso mayor efectividad en la polinización que otros polinizadores como las aves y las abejas. Además, las tres cactáceas mencionadas presentan diferentes calendarios de producción de néctar, lo que hace suponer que ayuda a reducir la competencia para la polinización (Fleming, Tuttle y Horner, 1996). Por otro lado, Valiente-Banuet *et al.* (1997) también demostraron la importancia de ambas especies de *Leptonycteris*, así como de *Choeronycteris mexicana* (descrita en la siguiente sección), en la polinización de *Neobuxbaumia mezcalaensis* y *Neobuxbaumia macrocephala* (figura 2.12 B y C), cactus columnares gigantes endémicos del valle de Tehuacán y la cuenca del río Balsas en México. Estas cactáceas gigantes son incapaces de producir semillas en ausencia de sus polinizadores y Valiente-Banuet *et al.* (1997) reportaron que los murciélagos

mencionados son los responsables del 90% de la polinización de estas especies. Por lo que es evidente que el hecho de que estas especies de murciélagos se encuentren en un estatus de riesgo amenaza seriamente la producción de frutos y la dispersión de semillas de las plantas dominantes de los ecosistemas áridos y semiáridos.



A.



B.



C.

Figura 2.12: Ejemplos de cactus columnares polinizados por *Leptonycteris*.

A: corola con síndrome quiropterófilo de *Pachycereus pringlei*. “*P. pringlei*” por Wynn Anderson, CC-BY-NC-SA.

B: *Neobuxbaumia mezcalaensis*; “*N. mezcalaensis*” por Arturo Mora, CC-BY-NC.

C: *Neobuxbaumia macrocephala*; “*N. macrocephala*” por Leticia Soriano, CC-BY-NC.

### 2.3.3 *Choeronycteris mexicana* (Phyllostomidae)

*Choeronycteris mexicana*, nombrado comúnmente como murciélago trompudo (figura 2.13), es una especie nectarívora que puede ser encontrada desde el sur de California, Arizona y sureste de Nuevo México en Estados Unidos, hasta Guatemala, el Salvador y Honduras, pasando por gran parte del territorio mexicano (figura 2.14) (Arroyo-Cabrales, Hollander y Jones, 1987). El murciélago trompudo está adaptado a un rango altitudinal de 300 hasta 2,400 m ocupando ecosistemas diversos como bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios, bosques espinosos, matorrales xerófilos, bosques de coníferas y bosques de encinos (Arroyo-Cabrales, Hollander y Jones, 1987).



Figura 2.13: Murciélago trompudo (*Choeronycteris mexicana*). “*Choeronycteris mexicana*” por Lasionycteris, CC-BY-NC.

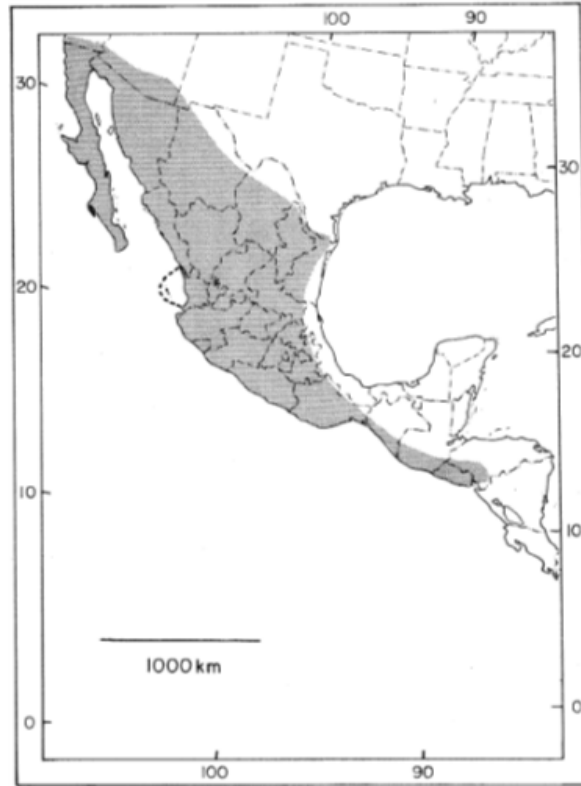


Figura 2.14: Distribución geográfica de *Choeronycteris mexicana*. Tomado de Arroyo-Cabrales, Hollander y Jones (1987)

Este murciélago trompudo se alimenta esencialmente de polen, néctar y fruta de agaves y cactus columnares (Villa-Ramírez, 1966; Valiente-Banuet *et al.*, 1996, 1997; Cajas-Castillo *et al.*, 2015), así como de otras plantas que presentan el síndrome quiropterófilo como ciertas especies de las familias Caesalpinaceae, Sapotaceae y Asteraceae (Cajas-Castillo *et al.*, 2015), pero también se ha reportado la presencia de insectos en su dieta (Cajas-Castillo *et al.*, 2015).

Esta especie percha en cuevas y minas o edificios abandonadas formando grupos pequeños (Watkins, Jones y Genoways, 1972; Arroyo-Cabrales, Hollander y Jones, 1987) y muestra tener segregación de hembras y machos durante los períodos de reproducción y lactancia (Cajas-Castillo *et al.*, 2015). *Choeronycteris mexicana* tiene

por lo menos dos patrones temporales de reproducción, ya que en el centro y norte de México se sabe que se reproduce entre los meses de junio y septiembre (Watkins, Jones y Genoways, 1972; Arroyo-Cabral, Hollander y Jones, 1987) y al sur de su distribución, específicamente en Guatemala, se ha reportado que se reproduce de marzo a junio (Cajas-Castillo *et al.*, 2015).

Al igual que las especies de *Leptonycteris*, *Choeronycteris mexicana* tiene un rol importante en la polinización de agaves y cactus columnares (Valiente-Banuet *et al.*, 1996, 1997; Arizaga *et al.*, 2000) y estos últimos juegan un papel clave como recurso alimenticio del murciélago trompudo (Cajas-Castillo *et al.*, 2015). Existe poca información sobre los desplazamientos migratorios de esta especie, pero se sabe que tanto *Leptonycteris* como *C. mexicana* dependen de los cactus columnares para realizar estos desplazamientos (Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg, 1993). De hecho, las migraciones estacionales de *C. mexicana* dependen de la floración de estas cactáceas (Cajas-Castillo *et al.*, 2015) ya que, al igual que *Leptonycteris*, el murciélago trompudo sigue el corredor de néctar que se encuentra a lo largo de las sierras mexicanas (Arizaga *et al.*, 2000).

## **2.4 Conclusiones sobre la migración de las especies mexicanas en riesgo**

La migración de los murciélagos implica ciertas adaptaciones morfológicas y de comportamiento que dependen del tipo de migración que haga cada especie. Entre las cinco especies mexicanas en riesgo, puede resumirse que dos de ellas (*E. maculatum* y *L. noctivagans*) son especies insectívoras de clima templado, en donde por lo menos *L. noctivagans* es un migrante de larga distancia, mientras que las otras tres (*L.*



*yerbabuenae*, *L. nivalis* y *C. mexicana*) son especies nectarívoras tropicales que realizan migraciones regionales.

Siguiendo la explicación de Fleming y Eby (2003) sobre el impacto funcional en los ecosistemas que ocupan las especies migratorias, *E. maculatum* y *L. noctivagans* al ser especies de climas templados que migran hacia el sur de su distribución para pasar un invierno menos riguroso con periodos de letargo o hibernación, tienen menor impacto como depredadores de insectos en los ecosistemas de invierno que en aquellos de mayor latitud donde pasan el verano. Por el contrario, *L. yerbabuenae*, *L. nivalis* y *C. mexicana*, que migran siguiendo su ciclo reproductivo en función de la disponibilidad de alimentos, son importantes polinizadores y dispersores de semillas que cumplen su función a lo largo de todo año teniendo así un impacto más equitativo en cada ecosistema al que llegan.

Por otra parte, en cuanto a la navegación, a pesar de que no se cuenta con suficiente información de todas las especies, se sabe que algunas de ellas si utilizan diferentes señales geográficas como guía para orientarse y seguir sus rutas migratorias tal como algunos autores han sugerido para explicar la migración de otras especies de quirópteros (Serra-Cobo *et al.*, 2000; Cryan, 2003; Baerwald y Barclay, 2009; Furmankiewicz y Kucharska, 2009). *L. noctivagans*, por ejemplo, se orienta con los bordes de los lagos y las líneas de costa, mientras que las tres especies nectarívoras siguen la ruta de floración de las cactáceas y/o agaves de la Sierra Madre. Esto demuestra cómo los componentes geográficos del paisaje son elementos importantes para la migración de los murciélagos. De modo que, además de las amenazas actuales que ponen en riesgo a cada especie, la fragmentación de los ecosistemas, la pérdida de la biodiversidad y la modificación de los cuerpos de agua, desde una escala

paisajística, pueden ser otras amenazas para el comportamiento migratorio de estas especies.

Una vez consideradas las características de las especies migratorias en riesgo, en el siguiente capítulo se abordan las estrategias actuales nacionales o internacionales que directa o indirectamente buscan la conservación de estas especies así como otras estrategias que podrían ser tomadas en cuenta.

### **Capítulo 3. Estrategias de conservación de los murciélagos migratorios**

#### **3.1 Estrategias nacionales e internacionales para la protección de especies**

Dada la importancia de los murciélagos, las amenazas a las que se enfrentan y la falta de información sobre algunas especies, existen programas que buscan la protección de estos mamíferos. En 1989 la organización estadounidense Bat Conservation International y el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México preocupados por los factores que provocan la disminución de las poblaciones de murciélagos, fijaron ciertas acciones de conservación para proteger a estos mamíferos (Medellín, 2003). Así, decidieron poner atención a las especies migratorias por la preocupación mutua de las especies compartidas entre México y Estados Unidos. Se formó entonces el Programa para la Conservación de Murciélagos Migratorios (Medellín, 2003). En dicho programa se enfocaron en los dos murciélagos hocicudos *Leptonycteris curasoae* y *L. nivalis* así como en el murciélago brasileño de cola suela *Tadarida brasiliensis*. Posteriormente el programa decidió no limitarse a los murciélagos migratorios y cambió su nombre por Programa para la Conservación de los Murciélagos de México con especial atención en las especies endémicas y aquellas incluidas en la lista de especies en riesgo de México, así su estrategia se basa en tres ejes: 1) acciones de conservación, 2) investigación y 3) educación ambiental, teniendo presencia en 14 estados de la república mexicana (Medellín, 2003) .

Por otro lado existe también la Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos que tiene una estrategia de conservación para Latinoamérica y el Caribe con metas, objetivos e indicadores que buscan contrarrestar amenazas como la destrucción del hábitat, la destrucción y perturbación de refugios, los conflictos

murciélago-humano, las enfermedades emergentes, el uso indiscriminado de sustancias tóxicas y las amenazas emergentes (Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos, 2010).

También existe el grupo especializado de murciélagos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza que busca promover la conservación de los murciélagos del mundo (Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001). En 2001, este grupo especializado publicó un plan de acción para la conservación de los microquirópteros que incluye recomendaciones para las especies neárticas y neotropicales con algún estatus de riesgo.

Existen también tratados internacionales que protegen indirectamente a los murciélagos (Hutson, Mickleburgh y Racey, 2001), incluidos los mexicanos, como la Convención Ramsar sobre los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, el Programa del Hombre y la Biosfera, la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres y el Convenio sobre la Diversidad Biológica que aunque no son programas dirigidos específicamente para los murciélagos, los benefician a ellos o a sus hábitats. En México, la Estrategia Nacional sobre la Biodiversidad de México es un instrumento nacional que fija metas para el 2030 con un plan de acción que busca la conservación y el uso sustentable de la diversidad biológica (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2016). En esta estrategia nacional, conformada por seis ejes estratégicos, se integra el eje del conocimiento, el de la conservación y restauración, y el de la atención a los factores de presión para la biodiversidad, que si bien tampoco

son estrategias enfocadas a los murciélagos o a sus migraciones, benefician a estas especies y da lugar a la investigación y a la búsqueda de soluciones que podrían favorecer a estos mamíferos.

### **3.2 Estrategias a considerar**

Como se observó en el capítulo anterior, de las cinco especies migratorias mexicanas con algún estatus de riesgo, no todas cuentan con suficiente información sobre su biología, ecología y comportamiento migratorio, lo que puede explicar la falta de estrategias enfocadas especialmente en las especies en riesgo y en las especies migratorias, de modo que es necesario generar más investigaciones que expliquen dichos aspectos para poder formular mejores estrategias de conservación. Sin embargo, existen estudios como el de Santos y Arita (2001) o el de Arita y Santos-del-Prado (1999) en el que se proponen áreas prioritarias para la conservación de las especies nectarívoras de todo el Neotrópico y de México, respectivamente.

Santos y Arita (2001) indican que dada la falta de información suficiente sobre cada especie, es difícil implementar un plan de conservación, por lo que ellos sugieren la estrategia de seleccionar varias áreas para que sean destinadas a la protección, las cuales podrían brindar un hábitat adecuado a la mayor cantidad de especies. Sugieren que, para las especies nectarívoras, es mejor basar las estrategias en la protección de áreas geográficas que en planes orientados a la conservación de especies. En este sentido, Santos y Arita (2001) proponen ciertas áreas prioritarias para la conservación, y entre ellas eligieron una ubicada en el eje volcánico transversal y la cuenca del río Balsas en México la cual fue seleccionada como la segunda con mayor riqueza de

especies (figura 3.1) y como primer área prioritaria para la conservación de especies endémicas y especies con distribución restringida (figura 3.2).



Figura 3.1: Áreas prioritarias para la conservación de murciélagos nectarívoros basadas en la riqueza de especies y la complementariedad entre sitios. En orden de importancia son: (1) Región andina y este de Colombia, (2) Eje volcánico transversal y la cuenca del río Balsas, (3) Oeste de Ecuador y noroeste de Perú, (4) Sureste de Brasil, (5) Región amazónica del sur de Venezuela y Norte de Brasil, y (6) Noreste de Colombia y las montañas Mérida de Venezuela. Tomado de (Santos y Arita, 2001).



Figura 3.2: Áreas prioritarias para la conservación de murciélagos nectarívoros basadas en la presencia de especies endémicas y de distribución restringida. En orden de importancia son: (1) Eje volcánico transversal y la cuenca del río Balsas, (2) Costa de Ecuador, (3) Costa norte de Perú, (4) Sureste de Brasil, (5) Noreste de Colombia y las montañas Mérida de Venezuela, y (6) Noroeste de la región amazónica de Brasil. Tomado de (Santos y Arita, 2001).

El área prioritaria del Eje volcánico transversal y la cuenca del río Balsas se encuentra en la transición de la región Neotropical y Neártica y coincide con las áreas prioritarias de conservación propuestas por Arita y Santos-del-Prado (1999), en México, e incluye la mayoría de los ecosistemas terrestres del país. Por lo tanto comprende zonas áridas

como el Valle de Tehuacán en donde existe la mayor diversidad de cactus columnares (Valiente-Banuet *et al.*, 1996) de gran importancia para las especies nectarívoras *L. yerbabuena*, *L. nivalis* y *C. mexicana*, así como bosques tropicales secos que también muestran ser hábitats importantes para estas especies.

El área ubicada en México propuesta por Santos y Arita (2001) es una alternativa para beneficiar a las especies nectarívoras que habitan en ese sitio como son, además de *L. yerbabuena*, *L. nivalis* y *C. mexicana*, *Anoura geoffroyi*, *Choeroniscus godmani*, *Glossophaga morenoi*, *G. commissarisi*, *G. leachii*, *G. soricina*, *Hylonycteris underwoodi*, *Musonycteris harrisoni*. Dichas especies podrían ser complementarias con las demás áreas propuestas en todo el Neotrópico, y como mencionan los autores, el siguiente paso sería establecer estrategias más puntuales de conservación para las especies.

Sin embargo, aunque el área propuesta beneficiaría a tres de las especies migratorias tratadas en el capítulo anterior (*L. curasoe*, *L. nivalis* y *C. mexicana*), tal como Arita y Santos-del-Prado (1999) puntualizan, es necesario pensar en estrategias específicas para estas especies migrantes ya que son más susceptibles a la extinción. Por esto, sería importante enfocar los esfuerzos de conservación en los hábitats preferidos de estas especies en riesgo, incluyendo las cuevas donde perchan, así como en conectar sus hábitats preferidos por medio de los corredores de cactáceas y agaves propuestos por Fleming, Nuñez y Lobo Sternberg (1993) y Wilkinson y Fleming (1996) que, como se mencionó en la sección 2.3.4, se encuentran a lo largo de la costa del pacífico desde Guerrero, en México, hasta el suroeste de Arizona, en Estados Unidos y a lo largo de la Sierra Madre desde Chiapas hasta el sureste de Arizona.



## Conclusión

La diversidad de murciélagos mexicanos comprende nueve familias de las cuales hay mayor riqueza en las familias Phyllostomidae seguida de Vespertilionidae. Las especies migratorias en riesgo nacional o internacional pertenecen justamente a esas familias. *Leptonycteris yerbabuenae*, *L. nivalis* y *Choeronycteris mexicana*, de la familia Phyllostomidae, se encuentran en estatus de riesgo nacional y/o internacional; mientras que *Euderma maculatum* y *Lasionycteris noctivagans*, de la familia Vespertilionidae, solo se encuentran en la Norma Oficial Mexicana 059.

Las dos especies de la familia Vespertilionidae son especies insectívoras que migran estacionalmente desde los bosques templados de Norteamérica hasta México como estrategia para sobrevivir a pesar de las bajas temperaturas del invierno y la poca disponibilidad de alimentos y para poder cumplir con su ciclo reproductivo. Por otro lado, las tres especies nectarívoras de la familia Phyllostomidae son murciélagos que se refugian en cuevas cuya migración depende de su ciclo reproductivo y de los cambios en la disponibilidad de alimentos. *Leptonycteris yerbabuenae*, *L. nivalis* y *Choeronycteris mexicana* son especies sumamente importantes en las zonas áridas así como en los bosques tropicales secos de donde habitan, ya que cumplen funciones como polinizadores y dispersores de semillas, especialmente de las familias Agavaceae y Cactaceae.

Entre las amenazas que enfrentan estas especies son el cambio climático, la destrucción y modificación de sus hábitats, la creación de monocultivos, el uso de pesticidas y la persecución por confusión de especies hematófagas. Particularmente para *Lasionycteris noctivagans*, al ser una especie que depende de los árboles para

percharse y tener refugio, la deforestación es su principal amenaza y con ella las instalaciones de energía eólica que son un peligro mortal durante sus desplazamientos migratorios. Por otro lado, *Leptonycteris yerbabuenae*, *L. nivalis* y *Choeronycteris mexicana*, que utilizan las cuevas para percharse, se ven afectadas por el envenenamiento, el fuego o el cierre de las cuevas por la ignorancia y miedo a supuestos vampiros.

Existen pocas estrategias dedicadas a la conservación de murciélagos y menos aún para las especies migratorias, por lo que es necesario primeramente enfocarse en conocer con mayor precisión la biología, ecología y migración de estas especies para poder sustentar y planear estrategias útiles para ellas. Por esto es recomendable poner atención en generar más conocimientos a través de la investigación para en un futuro planear mejores acciones conservación dedicadas a las especies migratorias en riesgo. Por otra parte, las características del paisaje son importantes durante la navegación de los murciélagos migratorios en riesgo por lo que sería recomendable realizar estrategias de conservación enfocadas en la conectividad de los ecosistemas que utilizan durante las diferentes temporadas del año a través de corredores biológicos, así como evitar la pérdida de las características paisajísticas que actualmente orientan a estas especies durante su migración. Desafortunadamente aún falta mucho por conocer sobre los aspectos ecológicos y el comportamiento migratorio de las especies aquí tratadas, especialmente de *Euderma maculatum* y *Lasionycteris noctivagans*, pero en el caso de los murciélagos nectarívoros ya se han sugerido corredores de floración de cactus columnares y de agaves que sirven como ruta de estas especies durante la migración, por lo que sería recomendable considerarlas para trabajar en la conservación de dichas especies. Además, un esfuerzo conjunto para la planeación de acciones entre los

países a donde llegan las especies migrantes sería muy importante para beneficiar la conectividad de los ecosistemas y para asegurar los servicios ecosistémicos que los murciélagos proveen.

En resumen, se pudo alcanzar de manera parcial el objetivo general de este trabajo debido a la falta de información que existe sobre algunas de las especies tratadas. Desafortunadamente esta misma falta de información se ve reflejada en los pocos esfuerzos, a nivel nacional e internacional, que existen actualmente para proteger específicamente a las especies mexicanas en riesgo. Por esto, resumiendo lo expuesto en esta sección, se hacen las siguientes recomendaciones: 1) generar más investigación sobre la biología, ecología y comportamiento migratorio de las especies mexicanas en riesgo y dar a conocer dicha información a las comunidades que conviven con los murciélagos para ayudar a protegerlos; 2) realizar más esfuerzos para mantener la conectividad actual de los ecosistemas que permiten a los murciélagos orientarse durante la migración, así como restaurar aquellos elementos del paisaje que podrían estar impidiendo dicha orientación, 3) planear estrategias internacionales de conservación que involucren la participación de los países que reciben en algún momento del año a los murciélagos en cuestión poniendo atención en los servicios ecosistémicos que estas especies proveen.

## Referencias

- Alerstam, T. y Hedenström, A. (1998) "The Development of Bird Migration Theory", *Journal of Avian Biology*, 29(4), pp. 343–369.
- Altringham, J. D. (2011) *Bats: from evolution to conservation*. 2da ed. New York: Oxford University Press.
- Arita, H. T. (1991) "Spatial Segregation in Long-Nosed Bats , *Leptonycteris nivalis* and *Leptonycteris curasoae* , in Mexico", *American Society of Mammalogists*, 72(4), pp. 706–714.
- Arita, H. T. y Santos-del-Prado, K. (1999) "Conservation Biology of Nectar-Feeding Bats in Mexico", *Journal of Mammalogy*, 80(1), pp. 31–41.
- Arizaga, S., Ezcurra, E., Peters, E., Ramírez de Arellano, F. y Vega, E. (2000) "Pollination Ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican Tropical Desert . II . The Role of Pollinators", *American Journal of Botany*, 87(7), pp. 1011–1017.
- Arizmendi, M. del C., Valiente-Banuet, A., Rojas-Martinez, A. y Dávila-Aranda, P. (2002) "Columnar Cacti and the Diets of Nectar-Feeding Bats", en Fleming, T. H. y Valiente-Banuet, A. (eds.) *Columnar Cacti and Their Mutualists. Evolution, Ecology and Conservation*. Arizona: The University of Arizona Press, pp. 264–282.
- Arroyo-Cabrales, J., Hollander, R. R. y Jones, J. K. J. (1987) "*Choeronycteris mexicana*", *American Society of Mammalogists*, (291), pp. 1–5.
- Baerwald, E. F. y Barclay, R. M. (2009) "Geographic variation in activity and fatality of migratory bats at wind energy facilities", *Journal of Mammalogy*, 90(6), pp. 1341–

1349. doi: 10.1644/09-MAMM-S-104R.1.

Baerwald, E. F. y Barclay, R. M. R. (2011) "Patterns of activity and fatality of migratory bats at a wind energy facility in Alberta, Canada", *Journal of Wildlife Management*, 75(5), pp. 1103–1114. doi: 10.1002/jwmg.147.

Barclay, R. M. R., Faure, P. A. y Farr, D. R. (1988) "Roosting Behavior and Roost Selection by Migrating Silver-Haired Bats (*Lasionycteris noctivagans*)", *Journal of Mammalogy*, 69(4), pp. 821–825.

Blehert, D. S., Hicks, A. C., Behr, M., Meteyer, C. U., Berlowski-zier, B. M., Buckles, E. L., Coleman, J. T. H., Darling, S. R., Gargas, A., Niver, R., Okoniewski, J. C., Rudd, R. J. y Stone, W. B. (2009) "Bat White-Nose Syndrome: An Emerging Fungal Pathogen?", *Science*, 323, p. 227. doi: 10.1126/science.1163874.

Cajas-Castillo, J. O., Kraker-Castañeda, C., López-Gutiérrez, J. E., Pérez-Consuegra, S. G. y Grajeda-Godínez, A. L. (2015) "*Choeronycteris mexicana* in Guatemala: Temporal occurrence, feeding habits and reproductive activity", *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), pp. 835–838. doi: 10.1016/j.rmb.2015.07.010.

Ceballos, G., Arroyo-Cabrales, J. y Vazquez, D. (2014) "Chiroptera", en Ceballos, G. (ed.) *Mammals of Mexico*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, pp. 667–838.

Ceballos, G., Fleming, T. H., Chavez, C. y Nassar, J. (1997) "Population Dynamics of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Jalisco, Mexico", *Journal of Mammalogy*, 78(4), pp. 1220–1230. doi: 10.2307/1383065.

Clark, D. R. J. (2001) "DDT and the Decline of Free-Tailed Bats (*Tadarida brasiliensis*) at Carlsbad Cavern, New Mexico", *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 40, pp. 537–543. doi: 10.1007/s002440010207.

- Clark, D. R., Martin, C. O. y Swineford, D. M. (1975) "Organochlorine Insecticide Residues in the Free-Tailed Bat (*Tadarida brasiliensis*) at Bracken Cave, Texas", *American Society of Mammalogists*, 56(2), pp. 429–443.
- Cockrum, E. L. (1991) "Seasonal distribution of northwestern populations of the long-nosed bats, *Leptonycteris sanborni* family Phyllostomidae", *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 62(2), pp. 181–202.
- Cole, F. R. y Wilson, D. E. (2006) "*Leptonycteris yerbabuenae*", *American Society of Mammalogists*, 797(797), pp. 1–7.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2016) "Estrategia Nacional Sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016 - 2030". México, p. 388.
- Cryan, P. M. (2003) "Seasonal Distribution of Migratory Tree Bats ( *Lasiurus* and *Lasionycteris*) in North America", *American Society of Mammalogists*, 84(2), pp. 579–593.
- Dingle, H. (1996) *Migration: The Biology of Life on the Move*. New York: Oxford University Press.
- Dingle, H. (2006) "Animal migration: Is there a common migratory syndrome?", *Journal of Ornithology*, 147(2), pp. 212–220. doi: 10.1007/s10336-005-0052-2.
- Dingle, H. y Drake, A. (2007) "What is migration?", *BioScience*, 57(2), pp. 113–121. doi: 10.1641/B570206.
- Easterla, D. A. (1970) "First Records of the Spotted Bat in Texas and Notes on its Natural History", *The American Midland Naturalist*, 83(1), pp. 306–308.
- Easterla, D. A. (1972) "Status of *Leptonycteris nivalis* (Phyllostomatidae) in Big Bend National Park , Texas", *Southwestern Association of Naturalists*, 17(3), pp. 287–

- Fenton, A. M. B., Acharya, L., Audet, D., Hickey, M. B. C., Merriman, C., Obrist, M. K., Syme, D. M. y Adkins, B. (1992) "Phyllostomid Bats (Chiroptera : Phyllostomidae) as Indicators of Habitat Disruption in the Neotropics", *Biotropica*, 24(3), pp. 440–446.
- Fenton, M. B. (2012) "Bats and white-nose syndrome", *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 109(18), pp. 6794–6795. doi: 10.1073/pnas.1204793109.
- Fleming, T. H. y Eby, P. (2003) *Ecology of bat migration, Bat ecology*. Editado por T. H. Kunz y M. B. Fenton. Chicago: University of Chicago Press.
- Fleming, T. H., Geiselman, C. y Kress, W. J. (2009) "The evolution of bat pollination: A phylogenetic perspective", *Annals of Botany*, 104, pp. 1017–1043. doi: 10.1093/aob/mcp197.
- Fleming, T. H. y Nassar, J. (2002) "Population Biology of the Lesser Long-Nosed Bat *Leptonycteris curasoae* in Mexico and Northern South America", en Fleming, T. H. y Valiente-Banuet, A. (eds.) *Columnar Cacti and Their Mutualists. Evolution, Ecology and Conservation*. Arizona: The University of Arizona Press, pp. 283–305.
- Fleming, T. H., Nuñez, R. A. y Lobo Sternberg, L. da S. (1993) "Seasonal changes in the diets of migrant and non-migrant nectarivorous bats as revealed by carbon stable isotope analysis", *Oecologia*, 94, pp. 72–75. doi: 10.1007/BF00317304.
- Fleming, T. H., Tuttle, M. D. y Horner, M. A. (1996) "Pollination Biology and the Relative Importance of Nocturnal and Diurnal Pollinators in Three Species of Sonoran Desert Columnar Cacti", *Southwestern Association of Naturalists*, 41(3), pp. 257–

- Furmankiewicz, J. y Kucharska, M. (2009) "Migration of Bats along a Large River Valley in Southwestern Poland", *Journal of Mammalogy*, 90(6), pp. 1310–1317. doi: 10.1644/09-MAMM-S-099R1.1.
- Galindo, C. G., Sanchez, A. Q., Quijano, R. H. y Herrera, L. G. (2004) "Population Dynamics of a Resident Colony of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Central México", *Biotropica*, 36(3), pp. 382–391.
- Geluso, K. N., Altenbach, J. . S. y Wilson, D. E. (1976) "Bat Mortality: Pesticide Poisoning and Migratory Stress", *Science*, 194(4261), pp. 184–186.
- Hedenström, A. (2009) "Optimal migration strategies in bats", *Journal of Mammalogy*, 90(6), pp. 1298–1309.
- Hensley, A. P. y Wilkins, K. T. (1988) "*Leptonycteris nivalis*", *American Society of Mammalogists*, (307), pp. 1–4.
- Holland, R. A. (2007) "Orientation and navigation in bats : known unknowns or unknown unknowns?", *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61, pp. 653–660. doi: 10.1007/s00265-006-0297-7.
- Holland, R. A., Kirschvink, J. L., Doak, T. G. y Wikelski, M. (2008) *Bats use magnetite to detect the earth's magnetic field*, *PLoS ONE*. doi: 10.1371/journal.pone.0001676.
- Hutson, A. M., Mickleburgh, S. P. y Racey, P. A. (2001) *Microchiropteran Bats: global status survey and conservation action plan*. Editado por IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. Gland, Switzerland y Cambridge, UK: IUCN. doi: 10.4103/0250-474X.84603.
- IUCN (2017) *Red List, The IUCN Red List of Threatened Species*. Disponible en: <http://www.iucnredlist.org/> (Consultado: el 8 de marzo de 2018).



- Jones, G., Jacobs, D. S., Kunz, T. H., Willig, M. R. y Racey, P. A. (2009) "Carpe noctem : the importance of bats as bioindicators", *Endangered species Research*, 8, pp. 93–115. doi: 10.3354/esr00182.
- Kalka, M. B., Smith, A. R. y Kalko, E. K. V. (2008) "Bats limit arthropods and herbivory in a tropical forest", *Science*, 320(5872), p. 71. doi: 10.1126/science.1153352.
- Keith, G. (2000) "Distribution of the Spotted Bat (*Euderma maculatum*) in Nevada, Including Notes on Reproduction", *The Southwestern Naturalist*, 45(3), pp. 347–352.
- Kelm, D. H., Wiesner, K. R. y Helversen, O. Von (2008) "Effects of artificial roosts for frugivorous bats on seed dispersal in a neotropical forest pasture mosaic", *Conservation Biology*, 22(3), pp. 733–741. doi: 10.1111/j.1523-1739.2008.00925.x.
- Kramer, G. (1953) "Wird die Sonnenhöhe bei der Heimfindeorien-tierung verwertet?", *Journal für Ornithologie*, 94, pp. 201–219.
- Krauel, J. J. y McCracken, G. F. (2013) "Recent advances in bat migration", en Adams, R. A. y Pedersen, S. C. (eds.) *Bat evolution, ecology, and conservation*. New York: Springer, p. 532.
- Kunz, T. H. (1982a) "Roosting Ecology of Bats", en Kunz, T. H. (ed.) *Ecology of bats*. New York: Plenum Press, pp. 1–56.
- Kunz, T. H. (1982b) "*Lasionycteris noctivagans*", *Mammalian Species*, (172), pp. 1–5.
- Kunz, T. H., Arnett, E. B., Erickson, W. P., Hoar, A. R., Johnson, G. D., Larkin, R. P., Strickland, M. D., Thresher, R. W. y Tuttle, M. D. (2007) "Ecological Impact of Wind Energy Development on Bats: questions, Research Needs, and Hypotheses", *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5(6), pp. 315–324.

- Kunz, T. H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T. y Fleming, T. H. (2011) "Ecosystem services provided by bats", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223(1), pp. 1–38. doi: 10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x.
- Landres, P. B., Verner, J. y Thomas, J. W. (1988) "Ecological Uses of Vertebrate Indicator Species : A Critique", *Conservation Biology*, 2(4), pp. 316–329.
- LaVal, R. K. (1973) "Observations on the Biology of *Tadarida brasiliensis cynocephala* in Southeastern Louisiana", *The American Midland Naturalist*, 89(1), pp. 112–120.
- Lobova, T. A., Geiselman, C. K. y Mori, S. A. (2009) *Seed dispersal by bats in the Neotropics*. Memoirs of The New York Botanical Garden.
- López-Hoffman, L., Varady, R. G., Flessa, K. W. y Balvanera, P. (2010) "Ecosystem services across borders : a framework for transboundary conservation policy", *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(2), pp. 84–91.
- McCracken, G. F., Lumsden, L. F. y Kunz, T. H. (2006) "Roosting ecology and population biology", en Zubaid, A., McCracken, G. F., y Kunz, T. H. (eds.) *Functional and Evolutionary Ecology of Bats*. New York: Oxford University Press, pp. 179–184.
- McGuire, L. P., Fenton, M. B. y Guglielmo, C. G. (2013) "Phenotypic flexibility in migrating bats: seasonal variation in body composition, organ sizes and fatty acid profiles.", *The Journal of experimental biology*, 216(Pt 5), pp. 800–8. doi: 10.1242/jeb.072868.
- Mcguire, L. P., Guglielmo, C. G., Mackenzie, S. A., Philip, D., McGuire, L. P., Guglielmo, C. G. y Mackenzie, S. A. (2012) "Migratory stopover in the long-distance migrant silve haired bat, *Lasionycteris noctivagans*", *Journal of Animal Ecology*, 81(2), pp. 377–385.

- McWilliams, S. R. y Karasov, W. H. (2005) "Migration takes guts: digestive physiology of migratory birds and its ecological significance", en Marra P. y Greenberg, R. (eds.) *Birds of two worlds: the ecology and evolution of migration*. Washington, D. C.: Smithsonian Inst. Press, pp. 67–78.
- Medellín, R. A. (2003) "Diversity and conservation of bats in Mexico: research, priorities, strategies, and actions", *Wildlife Society Bulletin*, 31(1), pp. 87–97.
- Medellín, R. A., Abreu-Grobois, A., Arizmendi, M. C., Mellink, E., Ruelas, E., Santana, E. y Urbán, J. (2009) "Conservación de especies migratorias y poblaciones transfronterizas, en, vol. II", en *Capital natural de México*. Méco: CONABIO, pp. 459–515.
- Medellín, R. A., Equihua, M. y Amin, M. A. (2000) "Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical Rainforest", *Conservation Biology*, 14(6), pp. 1666–1675.
- Medellín, R. A. y Gaona, O. (1999) "Seed Dispersal by Bats and Birds in Forest and Disturbed Habitats of Chiapas, Mexico", *Biotropica*, 31(3), pp. 478–485. doi: 10.1111/j.1744-7429.1999.tb00390.x.
- Medellín, R. A. y Viquez, L. R. (2014) "Los murciélagos como bioindicadores de la perturbación ambiental", en González Zuarth, C. A., Villarino, A., Pérez Jiménez, Juan Carlos Low Pfeng, A. M., y Pfeng, A. M. L. (eds.) *Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental*. México: ECOSUR, INECC, pp. 521–542.
- Moreno-Valdez, A., Grant, W. E. y Honeycutt, R. L. (2000) "A simulation model of Mexican long-nosed bat (*Leptonycteris nivalis*) migration", *Ecological Modelling*, 134, pp. 117–127. doi: 10.1016/S0304-3800(00)00253-2.

- Moreno-Valdez, A., Honeycutt, R. L. y Grant, W. E. (2004) "Colony Dynamics of *Leptonycteris nivalis* (Mexican Long-Nosed Bat) Related to Flowering Agave in Northern Mexico", *Journal of Mammalogy*, 85(3), pp. 453–459.
- Naughton, D. (2012) *The Natural History of Canadian Mammals*. Toronto: University of Toronto Press.
- Newson, S. E., Mendes, S., Crick, H. Q. P., Dulvy, N. K., Houghton, J. D. R., Hays, G. C., Hutson, A. M., MacLeod, C. D., Pierce, G. J. y Robinson, R. A. (2009) "Indicators of the impact of climate change on migratory species", *Endangered species Research*, 7, pp. 101–113. doi: 10.3354/esr00162.
- Norberg, U. M. y Rayner, J. M. V. (1987) "Ecological Morphology and Flight in Bats ( Mammalia ; Chiroptera ) : Wing Adaptations , Flight Performance , Foraging Strategy and Echolocation", *Royal Society*, 316(1179), pp. 335–427.
- Noss, R. F. (1990) "Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach", *Conservation Biology*, 4(4), pp. 355–364.
- Popa-Lisseanu, A. G. y Voigt, C. C. (2009) "Bats on the Move", *Journal of Mammalogy*, 90(6), pp. 1283–1289. doi: 10.1644/09-MAMM-S-130R2.1.
- Quiroz, D. L., Xelhuantzi, M. S. y Zamora, M. C. (1986) "Análisis palinológico del contenido gastrointestinal de los murciélagos *Glossophaga soricina* y *Leptonycteris yerbabuena* de las Grutas de Juxtlahuaca, Guerrero". Instituto Nacional de Antropología e Historia, Serie Prehistoria, pp. 1–62.
- Racey, P. A. (1982) "Ecology of Bat Reproduction", en *Ecology of bats*. New York: Plenum Press, pp. 57–104.
- Ramírez-Pulido, J., González-Ruiz, N., Gardner, A. L. y Arroyo-Cabral, J. (2014) *List of Recent Land Mammals of Mexico*, *Journal of Business Communication*.

Editado por R. J. Baker. Texas: Museum of Texas Tech University. doi: 10.1177/002194368302000404.

Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos (2010) *Estrategia para la conservación de los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe*, RELCOM. Disponible en: <http://www.recomlatinoamerica.net/images/PDFs/Estrategia.pdf>.

Reimer, J. P., Baerwald, E. F. y Barclay, R. M. R. (2010) "Diet of Hoary ( *Lasiurus cinereus* ) and Silver-haired ( *Lasionycteris noctivagans* ) Bats While Migrating Through Southwestern Alberta in Late Summer and Autumn", *The American Midland Naturalist*, 164(2), pp. 230–237.

Ross, A. (1961) "Notes on Food Habits of Bats", *Journal of Mammalogy*, 42(1), pp. 66–71.

Santos, M. y Arita, H. T. (2001) "Priority Areas for the Conservation of New World Nectar-Feeding Bats", en Fleming, T. H. y Valiente-Banuet, A. (eds.) *Columnar Cacti and Their Mutualists. Evolution, Ecology and Conservation*. Arizona: The University of Arizona Press, pp. 342–363.

Schmidt-French, B. A. y Bulter, C. A. (2009) *Do Bats Drink Blood?: Fascinating Answers to Questions About Bats*. New Brunswick: Rutgers University Press.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010) "Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT". Diario Oficial, p. 78.

Serra-Cobo, J., López-Roig, M., Marquès-Bonet, T. y Lahuerta, E. (2000) "Rivers as possible landmarks in the orientation flight of *Miniopterus schreibersii*", *Acta Theriologica*, 45(3), pp. 347–352. doi: 10.4098/AT.arch.00-34.

Valiente-Banuet, A., Arizmendi, M. del C., Rojas-Martinez, A. y Dominguez-Canseco, L. (1996) "Ecological Relationships between Columnar Cacti and Nectar-Feeding

- Bats in Mexico”, *Journal of Tropical Ecology*, 12(1), pp. 103–119.
- Valiente-Banuet, A., Rojas-Martínez, A., Del Coro Arizmendi, M. y Dávila, P. (1997) “Pollination biology of two columnar cacti (*Neobuxbaumia mezcalaensis* and *Neobuxbaumia macrocephala*) in the Tehuacan Valley, Central Mexico”, *American Journal of Botany*, 84(4), pp. 452–455. doi: 10.2307/2446020.
- Villa-Ramírez, B. (1966) *Los Murciélagos de México: Su Importancia en la Economía y la Salubridad- Su Clasificación Sistemática*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- Warnecke, L., Turner, J. M., Bollinger, T. K., Lorch, J. M., Misra, V., Cryan, P. M., Wibbelt, G., Blehet, D. S. y Willis, C. K. R. (2012) “Inoculation of bats with European *Geomyces destructans* supports the novel pathogen hypothesis for the origin of white-nose syndrome”, *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 109(18), pp. 6999–7003. doi: 10.1073/pnas.1200374109.
- Watkins, L., Jones, J. K. J. y Genoways, H. (1972) *Bats of Jalisco, México*. Texas: Texas Tech University. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/museummammalogy/176>.
- Wilkinson, G. S. y Fleming, T. H. (1996) “Migration and evolution of lesser long-nosed bats *Leptonycteris curasoae*, inferred from mitochondrial DNA”, *Molecular Ecology*, 5(3), pp. 329–339. doi: 10.1111/j.1365-294X.1996.tb00324.x.
- Wilson, D., Ascorra, C. F. y Solari, S. (1996) “Bats as indicators of habitat disturbance”, en Wilson, D. E. y Sandoval, A. (eds.) *Manu, The Biodiversity of southeastern Peru*. Washington, D. C y Lima, Perú: National Museum of Natural History, Smithsonian Institute ; Editorial Horizonte.

Wiltschko, R. y Wiltschko, W. (2003) "Avian navigation : from historical to modern concepts", pp. 257–272. doi: 10.1006/anbe.2003.2054.