

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN
SUPERIOR DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA**



**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS
EN CIENCIAS DE LA VIDA**

**Uso de hábitat de los murciélagos (Chiroptera) en la
ecorregión del desierto del Bajo Colorado, Baja California,
México**

Tesis

para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de
Maestro en Ciencias

Presenta:

Martha Daniela Ramos Enríquez

Ensenada, Baja California, México
2014

Tesis defendida por
Martha Daniela Ramos Enríquez

y aprobada por el siguiente Comité

Dr. Horacio Jesus de la Cueva Salcedo
Director del Comité

Dr. Stephen Holmes Bullock Runquist
Miembro del Comité

Dr. Jaime Luévano Esparza
Miembro del Comité

Dr. Luis Alberto Delgado Argote
Miembro del Comité

Dra. Rufina Hernández Martínez
Coordinador del Posgrado en Ciencias
de la Vida

Dr. Jesus Favela Vara
Director de Estudios de Posgrado

Agosto 2014

Resumen de la tesis de **Martha Daniela Ramos Enríquez**, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en Ciencias en Ciencias de la Vida con orientación en Biología Ambiental.

Uso de hábitat de los murciélagos (Chiroptera) en la ecorregión del desierto del Bajo Colorado, Baja California

Resumen aprobado por:

Dr. Horacio Jesus de la Cueva Salcedo

Se estudió el uso de hábitat de los murciélagos en la ecorregión del desierto del Bajo Colorado, donde más de la mitad de su cobertura natural ha sido sustituida por campos agrícolas. Los muestreos se hicieron en el oasis del Cañón de Guadalupe y un cultivo en Agrícola Caborca. Se muestreo seis días y 60 horas en total de grabación en septiembre 2012. Se obtuvieron 13, 633 pulsos de ecolocación grabados con un detector acústicos Song Meter SM2+ que se le colocó un micrófono digital SMX-II. Se registraron 13, 586 pulsos de búsqueda y 47 de zumbidos de alimentación. Los resultados se analizaron con el programa SonoBat 3.0. Se describió el uso de hábitat de los murciélagos a través del conteo y proporción de las dos clases de registros. Los registros se correlacionaron con lugar, hora de muestreo, temperatura y humedad relativa medidas con Datalogger y se utilizó el promedio horario durante el periodo de grabación. El uso de hábitat por los murciélagos fue mayor en el oasis que en el cultivo. La temperatura y la humedad relativa no se correlacionaron con la actividad de los murciélagos en el cultivo pero sí en el oasis. Por un mayor uso de hábitat registrado, los oasis parecen satisfacer los requerimientos de refugio, agua y alimento que necesitan los murciélagos para sobrevivir.

Palabras clave: **actividad murciélagos, pulsos de ecolocación, zumbidos de alimentación, desierto Sonorense, oasis, cultivo.**

Abstract of the thesis presented by **Martha Daniela Ramos Enríquez** as a partial requirement to obtain the Master of Science degree in Life Sciences with orientation Environmental Biology

Habitat use of bats (Chiroptera) in the ecoregion of the Lower Colorado Desert, Baja California, Mexico

Abstract approved by:

Dr. Horacio Jesus de la Cueva Salcedo

Abstract

Habitat use of bats in the ecoregion of the Lower Colorado Desert, where more than half of its natural cover has been replaced by agricultural fields was studied. Sampling was done in the Guadalupe Canyon Oasis and culture in Agricultural Caborca. During September 2012 we sampled for six day encompassing 60 hours of recordings. We totalled 13, 633 echolocation pulses recorded with a Song Meter SM2+ digital acoustir recorder, connected to a SMX-II digital microphone. We recorded 13, 586 search pulses, and 47 feeding buzzes. These results were analyzed with SonoBat 3.0. We described habitat use through counts and proportions between the two types of pulses. Recordings were correlated with place, sampling time, temperature, and relative humidity, these last measured with a Datalogger, and using an hourly mean value for the recording periods. Habitat use by insectivorous bats was higher at the oasis than at the agricultural field. Temperature and relative humidity were not correlated with bat activity at the agricultural field, but there was a correlation in the oasis. With a higher habit use registered at the oasis, oases seem to satisfy bats' refuge, water, and food requirements needed for survival.

Keywords: **activity bats, echolocation pulses, feeding buzzes, desert Sonora, oasis, farming.**

Dedicatoria

Para mí motor de vida:

Mis padres y hermanos que estuvieron a mi lado en cada momento brindándome ánimos para continuar hasta el final y siempre mirar de frente sin importar que suceda.

También para mis amigos y personas que creyeron en mí apoyándome en todo momento, enseñándome y aconsejándome que:

“Cada situación y persona que se cruza en tu camino es para darnos una lección de vida”.

“Nunca estas solo, siempre hay gente dándote un impulso para no detenerte en el camino”

“Nadie puede decirte quién eres o quién debes ser, porque es una decisión personal”

“No sabes lo que puede suceder si no lo intentas”

Gracias...

Agradecimientos

A CICESE por brindarme la oportunidad de realizar la maestría en ciencias.

A CONACyT por otorgarme una beca para realizar mis estudios durante mi estancia en el posgrado.

A mi director Dr. Horacio de la Cueva por aceptarme como su alumna en el posgrado y darme la oportunidad de realizar mi maestría.

A los miembros de mi comité el Dr. Stephen Holmes Bullock Runquist, Dr. Jaime Luévano Esparza y el Dr. Luis Alberto Delgado Argote quienes siempre estuvieron brindándome su apoyo y ánimos para lograr acabar mi maestría.

A los coordinadores de mi posgrado en Ciencias de la Vida, la Dra. Rufina Hernández y el Dr. Fernando Díaz.

Al director de estudios de posgrado el Dr. Jesús Favela Vara por su apoyo.

A la M. en C. Verónica Zamora Gutiérrez por apoyarme en mi investigación dándome las herramientas necesarias para llevarla a cabo.

Al técnico Eulogio López por su gran trabajo en campo.

A todo el personal de la biblioteca que además de su gran trabajo son excelentes personas que te llenan de entusiasmo. En especial a Elizabeth Avilés Becerril quien fue un gran apoyo que le agradezco de corazón.

A Adriana Mejía por su apoyo y cooperación en todos los trámites necesarios.

A mis compañeros de generación 2011 con quienes compartí buenos momentos.

A la M. en C. Alma Delia Guzmán Toledo, quién además de su amistad de años, me ayudó en la elaboración de mi mapa.

Finalmente a mis apreciados amigos que estuvieron conmigo en las buenas y en las malas extendiéndome su mano y prestándome su hombro, mostrándome el verdadero significado de la amistad, entre ellos:

Rocío Cabrera Huerta que además de abrirme las puertas de su hogar me brindo su amistad incondicional.

Cecilia Rangel por ser parte de mi vida, ya que su amistad es un tesoro que agradezco a la vida.

Montserrat Luna por llenarme de su optimismo y sabiduría en cada momento.

Liliana Estala quién además de compartir la renta, en algún momento, compartimos alegrías que hacían a meno los malos momentos.

Lilia López por ser un gran apoyo y darme los ánimos hasta el final.

Diego Leyva por su honestidad.

Francisco Morales por su gran sentido del humor.

Adriana Cáceres y Daniela Durazo por su agradable compañía en momentos arduos de trabajo.

A Martin Pérez por ayudarme con la tecnología

Realmente son muchas personas a quién tengo que agradecerles de corazón, y que si no están aquí al momento de leer esto, no es personal pero saben que los aprecio y quiero mucho porque sin ustedes no hubiera concluido una etapa más en mi vida.

Contenido

	Página
Resumen español	ii
Resumen inglés	iii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	ix
Lista de Figuras	ix
Lista de Tablas	x
Capítulo 1. Introducción	1
Capítulo 2. Marco teórico	
2.1 Generalidades de los murciélagos.....	3
2.2 Clasificación.....	3
2.3 Distribución.....	4
2.4 Alimentación e importancia ecológica.....	5
2.5 Reproducción.....	5
2.6 Ecolocación.....	7
Capítulo 3. Antecedentes	
3.1 Justificación.....	13
3.2 Objetivo General.....	13
3.2.1 Objetivos particulares.....	14
3.3 Hipótesis.....	14
Capítulo 4. Materiales y Métodos	
4.1 Área de estudio.....	15
4.2 Descripción de los sitios de estudio.....	16
4.3 Muestreo de los sitios de estudios.....	19
4.4 Muestreo de las variables ambientales.....	20
4.5. Análisis de datos.....	20
4.6. Análisis estadístico.....	22

Contenido (continuación)

Capítulo 5. Resultados

5.1 Descripción y comparación de la actividad.....	23
5.2 Análisis del uso de hábitat de los murciélagos.....	24
5.3 Análisis de la actividad de los murciélagos.....	26

Capítulo 6. Discusiones

6.1 Uso de hábitat de los murciélagos.....	28
6.2 Actividad de los murciélagos.....	30

Capítulo 7. Conclusiones..... 31

Capítulo 8. Recomendaciones..... 32

Lista de referencias 33

Anexo..... 43

Lista de figuras

Figura		Página
1	Clasificación del orden Chiroptera.....	4
2	Representación del sistema de ecolocación en los murciélagos.....	7
3	Características principales en la estructura de los pulsos emitidos por los murciélagos durante la ecolocación (imagen tomada y modificada de Moss y Sinha, 2003).....	9
4	Oasis del Cañón de Guadalupe.....	17
5	Cultivo de espárragos de Agrícola Caborca.....	18
6	Localización geográfica de los sitios de estudio dentro de la ecorregión del desierto de Bajo Colorado, Baja California.....	19
7	Espectrograma de un llamado de ecolocación de murciélago para contar el número de pulsos con la vista “compressed” del programa SonoBat v 3.	21
8	Espectrograma de un llamado de ecolocación de murciélago para contar el número de eventos de zumbidos de alimentación con la vista “real time” del programa SonoBat v 3.	21
9	Gráfica que muestra la correlación entre la temperatura (°C) y la humedad relativa (%).	26

Lista de tablas

Tabla	Página
1 Número de pulsos de llamados de ecolocación y zumbidos de alimentación en el campo agrícola Caborca y oasis del Cañón de Guadalupe.....	23
2 Proporción entre el número de zumbidos de alimentación y el número de pulsos de llamados de ecolocación de los murciélagos en el oasis y cultivo por hora.....	25
3 Correlación entre el número de pulsos de llamados de ecolocación y el número de zumbidos de alimentación por hora en cada hábitat	25
4 Correlación entre el número de pulsos de llamados de ecolocación y el número de zumbidos de alimentación registrado en el oasis y cultivo, con la temperatura y humedad relativa promedio por hora	27

Capítulo 1. Introducción

Los murciélagos son importantes polinizadores de plantas, dispersores de semillas y controladores de poblaciones de otros vertebrados o invertebrados en los ecosistemas (Medellín, 2009). Los estudios del uso de hábitat de los murciélagos contribuye a conocer cuáles son sus requerimientos necesarios para mantener sus poblaciones (Fenton, 1970; Hayes, 1997; MacSwiney et al. 2009; Sherwin et al. 2000; Wang et al. 2010).

En México gran parte de las investigaciones del uso de hábitat de los murciélagos están enfocados en la región Neotropical y son escasos en las áreas áridas subtropicales del Neártico (Mittermeier y Mittermeier, 1992; Monrrone, 2005; Rascón, 2010). El estado Baja California se ubica en el Neártico y presenta una región climática mediterránea al noroeste y un clima extremoso semiárido al noreste (Mittermeier y Mittermeier, 1992; Lorca et al. 1993).

Al noreste se ubica la ecorregión del desierto del Bajo Colorado considerado como uno de los desiertos más calientes y secos de Norteamérica donde las temperaturas suelen pasar los 50°C en verano (González-Abraham et al. 2010). Los murciélagos para sobrevivir a las condiciones extremas en los desiertos requieren zonas con cubierta vegetal densa, refugios de descanso, alimento y fuentes de agua (Bos y Carthew, 2003; Korine y Pinshow, 2004; Meyer et al. 2010; Wang et al. 2010).

En el desierto del Bajo Colorado existen oasis que son importantes refugios de riqueza biológica contrastante con la biota circundante (Arriaga, 1997; Coria, 1997) y poco se sabe acerca de los oasis en el estudio de la ecología de quirópteros. Mientras que en algunas partes del desierto del Bajo Colorado la cobertura natural ha sido sustituida en un 70% por cultivos agrícolas (Howell, 2001) y la falta de conocimiento sobre los murciélagos en la ecorregión no permite estimar su vulnerabilidad al cambio en su hábitat.

Actualmente los métodos de detección acústica permiten evaluar el uso de hábitat de los murciélagos a través de sus sonidos de ecolocación como una medida de la actividad de los murciélagos (Furlonger et al. 1987). Sin embargo, esta herramienta no puede estimar la abundancia de la población de murciélagos porque los llamados de ecolocación que son detectados y grabados, puede significar varios individuos de diferentes especies o un solo individuo que pasa constantemente por el detector (Hayes 1997; Williams-Guillén y Perfecto, 2011).

La presente investigación está enfocada en conocer el uso de hábitat de los murciélagos insectívoros en un oasis y cultivo en el desierto del Bajo Colorado, ya que no existe información sobre la ecología de los murciélagos en estos tipos de hábitats de Baja California. Los estudios en el uso de hábitat de los murciélagos suponen una preferencia de algunos hábitats sobre otros, si los otros no cumplen con sus requerimientos necesarios para subsistir (Rogers et al. 2006; Meyer et al. 2010; Wang et al. 2010). Este estudio nos dará información sobre las bases ecológicas necesarias para la conservación de los murciélagos.

Capítulo 2. Marco teórico

2.1 Generalidades de los murciélagos

Los murciélagos aparecieron hace más de 60 millones de años durante el Eoceno en el período Terciario (Villar, 1966). Son los únicos mamíferos que desarrollaron el vuelo que les permite una mayor movilidad hacia otros áreas en busca de mejores condiciones de refugio y alimento (Findley, 1993). Las diferentes especies de murciélagos presentan diversas adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento que les permiten ocupar una gran variedad de refugios, hábitat y recursos alimenticios (Schnitzler y Kalko, 2001; Pennycuick, 2008).

El concepto y mitos que se tiene sobre los murciélagos muchas veces provocan que los humanos acaben con las poblaciones de los murciélagos locales. Mientras que en otros lugares, aprovechan sus excrementos como fertilizantes en la agricultura por su alto contenido en nitrógeno (Sánchez y Romero, 1995).

2.2 Clasificación

Los murciélagos (Chiroptera) son el segundo orden más diverso de especies de mamíferos después de los roedores, con aproximadamente 1, 232 especies en todo el mundo (Flores y Chumacero, 2010; Salas et al. 2012). Se clasifican en dos subórdenes: megaquirópteros y microquiróteros, Figura 1 (Sánchez y Romero, 1995; Airas, 2003).

El suborden megaquiróptero está formado por la familia Pteropodidae y son comúnmente conocidos como murciélagos zorros o del Viejo Mundo. La longitud de los megaquiróptero suele variar entre los 40 y los 220 mm, su masa, corporal de 20 a 1500 g, y su envergadura alar puede llegar hasta aproximadamente 2 m. Por su parte, el suborden microquiróptero está constituido por alrededor de 17 familias, con amplia diversidad en tamaño (2-110 mm), sonidos de ecolocación, alimentación, distribución y fenología (Airas, 2003).

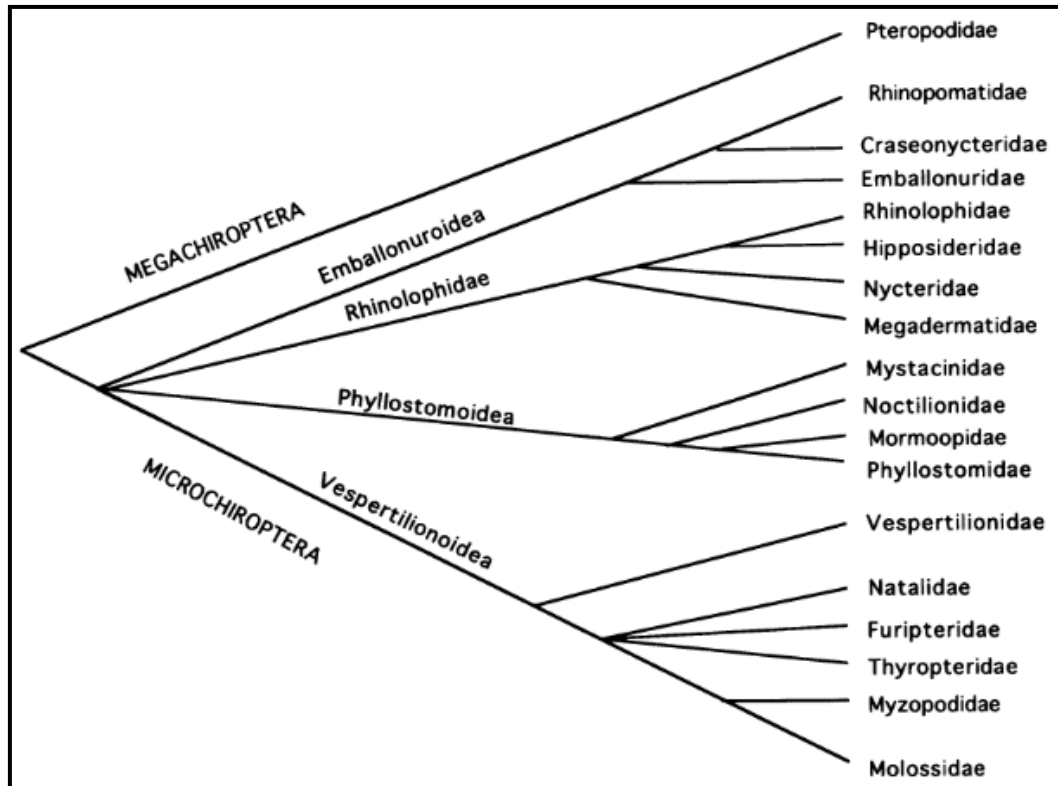


Figura 1. Clasificación del orden Chiroptera (Airas, 2003).

2.3 Distribución

Los murciélagos se distribuyen en casi todo el planeta con excepción de los polos (Airas, 2003). Los murciélagos ocupan una gran variedad de refugios diurnos o nocturnos como sitios de percha para alimentarse, descansar, hibernar, reproducción y crianza de los neonatos (Sánchez y Romero, 1995; Ortiz-Ramírez et al. 2006). Estos refugios presentan diferentes condiciones de luz, humedad y temperatura que les brindan seguridad y tranquilidad ante los factores ambientales cambiantes o los depredadores. Por ejemplo, suelen ocupar cuevas, árboles, palmas, edificios abandonados, minas o puentes (Ortiz-Ramírez et al. 2006; MacSwiney, 2010).

2.4 Alimentación e importancia ecológica

Su pequeño tamaño y consecuente pérdida de calor, más el alto costo del vuelo, las especies del orden microquiroptera tienen un gasto energético alto, por lo que necesitan consumir gran cantidad de alimento. El tipo de alimento que consumen es variado de los quirópteros, puede ser a base de insectos, frutas, polen y néctar, peces, sangre u otros vertebrados (Simmons et al. 1979; Kunz et al. 2011). Algunas especies son polinizadoras importantes de plantas, dispersoras de semillas y controladoras de plagas de insectos, convirtiéndose en un componente importante en el proceso de reciclaje de nutrientes y energía como en el movimiento de genes e individuos para los ecosistemas (Medellín, 2009; Sélem et al. 2012). Proveen distintos servicios ecosistémicos que incrementan el bienestar humano (Medellín, 2009; Kunz et al. 2011). Por ejemplo, el murciélago *Tadarida brasiliensis*, cuyo peso está entre 9-12 g, puede consumir del 50 al 70 % de su peso en insectos cada noche (Kunz y Diaz, 1995). Los murciélagos frugívoros tropicales dispersan semillas de varias especies de plantas importantes en las selvas (Galindo-González, 1998). Los murciélagos polinizadores suelen abundar más cuando la productividad de flores es mayor (Cornejo-Latorre et al. 2011), creándose una asociación animal-planta.

2.5 Reproducción

La reproducción de los murciélagos es estacional y está relacionada con la disponibilidad de alimento para satisfacer las demandas de energía que requieren para la reproducción y la crianza de los neonatos (Sánchez y Romero, 1995; Balmori, 1998). Existen cuatro patrones de reproducción que pueden mostrar los murciélagos que se describen a continuación (Sánchez y Romero, 1995).

- El patrón *monoestro estacional* describe a los murciélagos que se reproducen anualmente como las especies de la familia Vespertilionidae. Este patrón puede presentar a su vez cuatro modalidades en los murciélagos:

a) El primero inicia con la cópula a fines de otoño y las hembras retienen el esperma durante el invierno, la fecundación del óvulo comienza en la primavera y los nacimientos de los neonatos ocurren en verano.

b) Una segunda modalidad empieza con la cópula y fecundación a finales de otoño, después los embriones entran en un periodo de diapausa durante el invierno, se reinicia el desarrollo de la gestación a términos de la primavera y los neonatos nacen a fines de ésta o principios de verano.

c) En la tercera modalidad los machos maduran en otoño y almacenan el esperma en invierno donde copulan a las hembras, la gestación se presenta a inicios de la primavera y los nacimientos se producen al final de esta estación o comienzos de verano.

d) La cuarta modalidad se presenta principalmente en los murciélagos tropicales y la copula ocurre a mediados de invierno, los nacimientos se producen a finales de la primavera o inicios del verano.

- El patrón *monoestro asincrónico* que no parece tener un periodo de mayores niveles de actividad reproductiva aunque cada hembra tiene un solo ciclo al año.

- *Poliestro continuo* donde los murciélagos tienen entre tres o cuatro periodos de nacimientos por año.

- *Poliestro continuo*, con un marcado periodo de inactividad reproductiva, los nacimientos y copulas puede ser poliestro bimodal o poliestro trimodal.

2.6 Ecolocación

El éxito de los murciélagos radica en su sistema de ecolocación (Moss y Sinha, 2003). Logran comunicarse a través de señales sonoras ultrasónicas a distancias que varían según la especie, el ambiente y los mecanoreceptores (Verduzco-Mendoza et al. 2012).

Los sonidos de este sistema de comunicación son en su mayoría de alta frecuencia de 20 a 200 kHz, estos últimos no audibles por el oído humano. Estos sonidos rebotan en un objeto y regresan en forma de eco hacia el animal, los murciélagos interpretan estos ecos para localizar a sus presas u obstáculos a diferentes distancias y determinar sus tamaños, Figura 2 (Griffin, 1944; Hartridge, 1945; Balmori, 1998; Schnitzler y Kalko, 2001; Malo de Molina, 2011).

Desde el punto de vista evolutivo, la ecolocación representa una forma de adaptación ventajosa, ya que permite a los murciélagos volar y detectar a su presa en la oscuridad (Fenton, 1984). El éxito de esta estrategia de caza depende de la coordinación entre el sistema motor y auditivo del murciélago (Moss y Sinha, 2003).

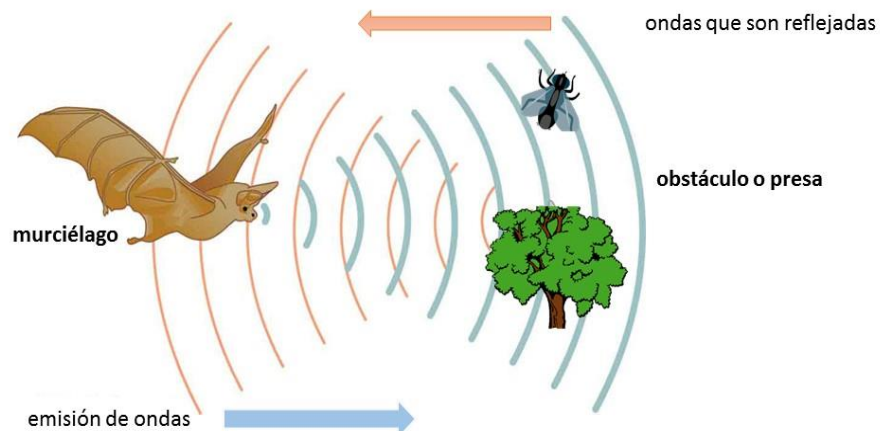


Figura 2. Representación del sistema de ecolocación en los murciélagos.

Los sonidos de los murciélagos se producen por la laringe y son emitidos en la boca o narinas y se captan por las orejas (Balmori, 1998). La secuencia de pulsos suelen seguir intervalos de silencio durante los cuales el animal escucha ecos. La duración de los pulsos es breve, milésimas de segundo, con lo cual los ecos no se superponen. La cantidad de pulsaciones emitidas varía con relación a la cantidad de información que necesita el animal. Esto es que cuando no enfoca su atención a un blanco completamente emite pocos pulsos, pero cuando se acerca a uno llega a producir de 200 o más pulsos en milisegundos (Stevens y Worshofsky, 1976; Malo de Molina, 2011).

En los llamados de ecolocación la estructura de los pulsos presenta patrones de formas que se utilizan para la identificación de las especies (Figura 3). De acuerdo con Lisón (2011) podemos encontrar principalmente pulsos con los siguientes componentes: a) Frecuencia Modulada (FM), son pulsos de corta duración y ancho de banda amplio, b) Frecuencia Constante (FC) donde la frecuencia se mantiene en un cierto intervalo de tiempo, y c) Frecuencia Modulada-Casi Constante (FQC) una combinación de las anteriores.

La secuencia de pulsos puede cambiar en duración y frecuencia con base en la actividad que realizan los murciélagos. En el esquema b) de la Figura 3, se muestra dos gráficos con especies de murciélagos diferentes, se observa una secuencia de pulsos que describe cuando un murciélago está navegando dentro de un lugar en busca de alimento, la duración y frecuencia de los pulsos se mantiene constante.

Los murciélagos cuando detectan a su presa hay un cambio brusco en la frecuencia, la duración de los pulsos y la duración entre el intervalo de los pulsos, lo que se escucha como zumbidos de alimentación o conocido como feeding buzzes (término en inglés). Durante esta fase en la secuencia de pulsos de los murciélagos no es recomendable para la identificación de especies porque la apreciación de los pulsos no es la más adecuada (Lisón, 2011). La secuencia de pulsos de ecolocación en los murciélagos aporta información valiosa sobre sus niveles de actividad y uso de hábitat en un momento y espacio determinado.

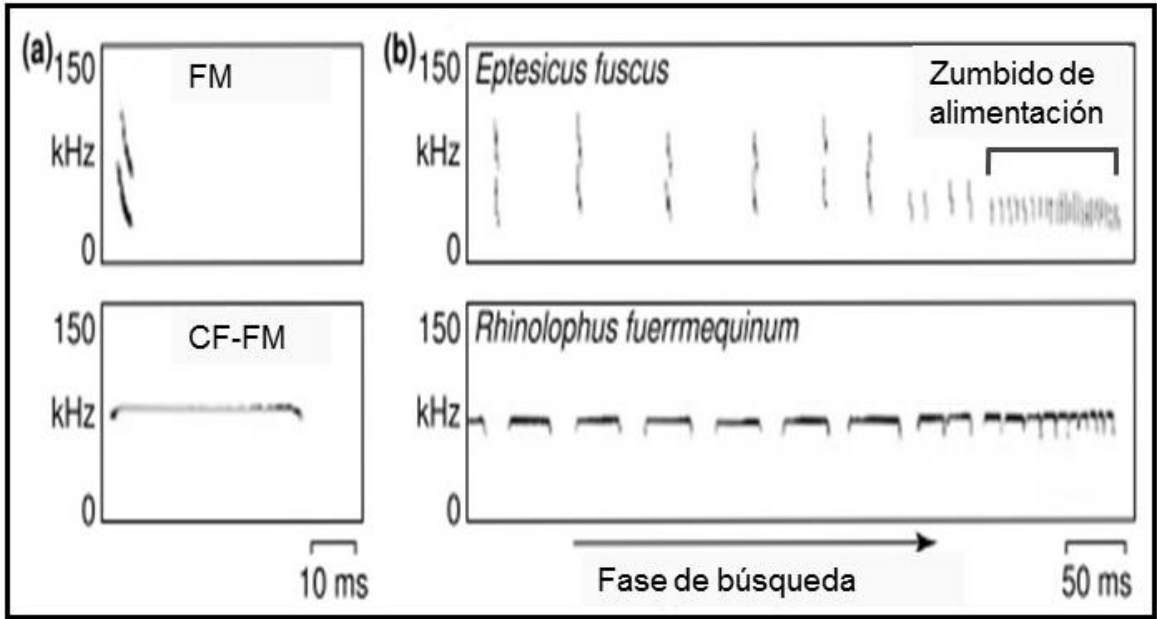


Figura 3. Características principales en la estructura de los pulsos emitidos por los murciélagos durante la ecolocación (imagen tomada y modificada de Moss y Sinha, 2003).

Capítulo 3. Antecedentes

En México se pueden encontrar dos regiones biogeográficas, la Neotropical y Neártica (Mittermeier y Mittermeier, 1992). En ambas regiones del país están reportadas aproximadamente 139 especies de murciélagos (Ceballos y Simonetti, 2002). La región Neártica ocupa más de la mitad del territorio mexicano y se caracteriza por sus áreas áridas (Mittermeier y Mittermeier, 1992). Para esta región las especies de murciélagos insectívoros son más diversos y abundantes; su distribución, diversidad y abundancia dependen de la variedad de refugios, disponibilidad de alimento y heterogeneidad del paisaje (Coleman y Barclay, 2013).

El estado de Baja California se localiza en la región Neártica y presentan una gran biodiversidad y endemismo de vertebrados (Mittermeier y Mittermeier, 1992). Se sabe poco se sabe acerca de los murciélagos en el estado, ya que la mayoría de los trabajos se han desarrollado en ambientes tropicales del sur del país (Rascón, 2010).

Al noreste del estado se encuentra la ecorregión del desierto del Bajo Colorado perteneciente a la región desértica y una de las áreas más áridas (González-Abraham et al. 2010). En esta ecorregión las temperaturas llegan alcanzar más de 50°C en los meses de mayo a septiembre que corresponden al verano (Ranzoni, 1968; Fryxell y Rzedowski, 1982; Walsberg, 2000, INEGI, 2014). Estas condiciones propician que los murciélagos requieran zonas con cubierta vegetal densa y fuentes de agua donde puedan encontrar refugios y alimento para subsistir (Korine y Pinshow, 2004).

En el desierto de Bajo Colorado existen los oasis donde la disponibilidad de agua o humedad permanente brinda condiciones muy particulares para el establecimiento de vegetación que en la región circundante no podría prosperar (Maya et al. 1997). Para algunos murciélagos del desierto, los oasis son áreas importantes de refugio y alimentación por el tipo de vegetación (presencia de palmares) y cuerpos de agua (mayor concentración de insectos) (Álvarez et al. 1997). Se ha encontrado que los murciélagos son más diversos y abundantes donde existe mayor diversidad vegetal, y

está diversidad disminuye en donde hay pequeños manchones de vegetación porque limita las oportunidades de refugio y alimentación (Sánchez y Romero, 1995).

Por otro lado, en el noreste de la ecorregión del desierto del Bajo Colorado se encuentra el Valle de Mexicali donde se observa una mayor pérdida y fragmentación de la cobertura natural que ha sido sustituida hasta un 70% por cultivos agrícolas (Howell, 2001). La fragmentación del hábitat ocasionan mayor número de parches de alimentación para muchos murciélagos que tiene que recorrer mayores distancias entre los diferentes sitios de forrajeo, lo que implica un gasto de energía elevado (Walsberg, 2000).

El cambio y uso de suelo de la cobertura natural por las actividades agrícolas podría ser una opción de áreas de alimentación para muchos murciélagos insectívoros porque suelen albergar altas densidades de presas (Walsberg, 2000; Wickramasinghe et al. 2004), además de que los cultivos pueden proporcionar fuentes de agua y refugios para los murciélagos durante la noche (Rascón, 2010). En los campos de algodón al norte de México se ha registrado la presencia de hembras del murciélago *Tadarida brasiliensis* aprovechan el la disponibilidad de presas (Medellín 2009), consumen entre el 50 a 70 % de su peso corporal (9-12 g) por noche (Kunz et al. 1995). El murciélago *Eptesicus fuscus* consume 1.3 millones de larvas de insectos por año, lo que equivale a 4 a 8 gramos de insectos cada noche, contribuyendo a que se rompa el ciclo larval de los insectos que pueden ser plaga para los cultivos (Boyles et al. 2011). Esto refleja que los murciélagos insectívoros son de hábitat generalistas y su presencia se limita principalmente a la disponibilidad de insectos-presas (Altringham, 1996; Walsh y Harries, 1996; Thies et al. 2006).

Sin embargo, Fuller et al. (2005) señalan que la composición e intensidad de manejo de los campos agrícolas es un factor importante que puede restringir la actividad de los murciélagos en estos hábitats. En el Valle de Mexicali el uso de plaguicidas para eliminar plagas de insectos son de uso común (Moreno y López, 2005). El uso de plaguicidas puede ser un factor importante que influye en el descenso de poblaciones de algunos murciélagos o restringirlos a alimentarse en estas áreas. En un estudio

realizado por Sasse (2005) con el murciélago *Myotis grisescens* que se alimentaba en cultivos que usaban plaguicidas, encontró que los murciélagos insectívoros están expuestos a los contaminantes utilizados en los campos agrícolas. Mientras que Fuller et al. (2005) encontró que los cultivos orgánicos parecen ser una mejor opción de áreas de alimentación para los murciélagos comparados con los cultivos intensivos que usan plaguicidas.

Por otra parte, la temperatura, luz, la precipitación y la humedad relativa afectan tanto en la actividad de murciélagos como en la abundancia de insectos (Brigham et al. 1992; Saunders y Barclay, 1992; Hayes, 1997; Thies et al. 2006; Mossman et al. 2012; Santos-Moreno et al. 2010; Kraker-Castañeda et al. 2013). Cuando las variables mencionadas se conjuntan se presentan dos patrones de mayor actividad tanto en los murciélagos como en sus presas, el primero al caer la noche, y el segundo antes del amanecer (Hayes, 1997; Pavey et al. 2001).

Los estudios del uso de hábitat de los murciélagos a través de su actividad pueden ser complicados si no se cuenta con los métodos adecuados. Muchas especies de murciélagos, principalmente los insectívoros, vuelan a grandes alturas sobre el nivel del suelo y su sistema de ecolocación permite detectar las redes de niebla u otras trampas con facilidad (Pech-Canché et al. 2010).

La tecnología ha facilitado el desarrollo de sistemas de detección acústica automatizados que graban los llamados de ecolocación emitidos por los quirópteros mientras navegan. Los detectores acústicos de murciélagos reúnen gran cantidad de datos de forma continua para poder estimar y caracterizar la actividad en un determinado tiempo y espacio (Fenton, 1970; Hayes, 1997; Sowler y Middleton, 2013).

Estos aparatos son de fácil transporte y pueden ser programados para grabar en un determinado momento e incluso colocarlos en el sitio durante varios días, semanas o meses para el registro de los llamados (Cohn, 2007). Sin embargo, esta herramienta tiene su limitante para estimar abundancias de la población de murciélagos porque los

llamados de ecolocación que son detectados y grabados, puede significar varios individuos de diferentes especies o un solo individuo que pasa constantemente por el detector (Hayes 1997; Williams-Guillén y Perfecto, 2011).

3.1 Justificación

Los estudios sobre el uso de hábitat por murciélagos a través de su actividad en diferentes ambientes son útiles en los estudios ecológicos porque incorporan factores de su historia natural, distribución, tipo de hábitat, refugios, forma y tipo de alimentación, estrategias reproductivas y dinámica poblacional que pueden utilizar los tomadores de decisiones en la conservación de los quirópteros (Fenton, 1970; Sánchez y Romero, 1995; Hayes, 1997; Sherwin et al. 2000; MacSwiney et al. 2009; Wang et al. 2010).

A través de herramientas como los sistemas de detección acústica automatizados que graban los llamados de ecolocación emitidos por los quirópteros, es posible estimar y caracterizar la actividad en un determinado tiempo y espacio (Fenton, 1970; Hayes, 1997; Sowler y Middleton, 2013). Por lo tanto, es necesario identificar cuáles son las variaciones en la actividad de los murciélagos en el uso de hábitat para determinar y evaluar sus necesidades ecológicas y así facilitar su conservación (Wang et al. 2010) o bien el manejo de los hábitats que utilizan.

3.2 Objetivo general

Determinar el uso de hábitat de los murciélagos en un oasis y un cultivo agrícola en el desierto del Bajo Colorado, Baja California.

3.2.1 Objetivos particulares

- a) Clasificar y cuantificar el número de pulsos de llamados de ecolocación grabados y registrados como medida de la actividad de los murciélagos en el oasis y cultivo agrícola.
- b) Estimar la proporción entre el número de pulsos de ecolocación y número de zumbidos de alimentación, para determinar la actividad de forrajeo de los murciélagos.
- c) Correlacionar la temperatura y la humedad relativa con la actividad de murciélagos para saber si son factores causales en el uso del hábitat.

3.3 Hipótesis

H_0 : No existe diferencia significativa en el uso de hábitat por los murciélagos en el oasis y cultivo.

H_0 : No hay evidencias de una correlación entre la temperatura y humedad relativa como factores causales del uso del hábitat de los murciélagos en el oasis y el cultivo agrícola.

Capítulo 4. Materiales y métodos

4.1. Área de estudio

El muestreo se realizó en la ecorregion del desierto del Bajo Colorado o desierto de San Felipe que pertenece a la región desértica (Desierto Sonorense) (González-Abraham et al. 2010). El desierto del Bajo Colorado tiene un área aproximada de 5000 km² que abarca el municipio Mexicali, B. C (capital estatal homónima) y la frontera con Estados Unidos al norte, rodeado entre el Golfo de California al este, al oeste con las Sierra Juárez y San Pedro Mártir que sirven de barrera para los vientos húmedos del Pacífico y al sur con bahía de los Ángeles (Roberts 1989; Delgadillo-Rodríguez y Macías-Rodríguez 2002).

El desierto del Bajo Colorado presenta condiciones muy similares al desierto Sonorense, uno de los ecosistemas desérticos más importantes del país por su gran extensión junto al desierto Chihuahuense (Reynoso, 2006). El desierto del Bajo Colorado está catalogado como el área más árida de toda la península de Baja California por las altas temperatura que oscilan entre 45-50°C en el día y 28-32°C por la noche durante el verano, encontrándose las tasas más altas de evaporación, bajas tasas de precipitación, fuertes insolaciones y poca humedad (Ranzoni 1968; Walsberg 2000). La precipitación es de 50- 200 mm en los meses noviembre hasta abril (Delgadillo, 1992).

El paisaje del desierto del Colorado es bastante heterogéneo con algunas llanuras arenosas, dunas, lechos de arroyos, oasis, arbustos, cactáceas columnares y zonas de grandes cultivos agrícolas (Delgadillo-Rodríguez y Macías-Rodríguez 2002; Ezcurra et al. 2002).

La vegetación del desierto del Bajo Colorado se caracteriza por una elevada cobertura arbórea (González- Abraham et al. 2010). La flora está representada por un 90% de plantas de la familia Ambrosieae (*Ambrosia dumosa* y *A. chenopodifolia*), y

Burseraceae (*Bursera microphylla*). En menor proporción especies de la familia Heliantheae (*Enselia farinosa*), Salicaceae, Fouquieriaceae, así como del género *Pachycereus* (cardones), *Cercidium* (*Cercidium microphyllum*) y *Prosopis* (mesquite). También se pueden encontrar *Dalea schottii*, *Olneya tesota* (Palo fierro) y especies de los géneros *Yucca* y *Opuntia* (Roberts 1989; Minch *et al.* 1998).

En el desierto del Bajo Colorado reside la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado decretada así el 10 de Junio de 1993. Es un Área Natural Protegida por su valor ecológico, social, cultural y económico desde el punto de vista de la conservación (Díaz, 2010). Dentro del área de reserva destaca el río Colorado que tiene origen en las montañas Rocallosas del Colorado EE.UU., atraviesa por el Valle de Mexicali y San Luis Río Colorado; y desemboca en el Golfo de California (Delgadillo, 1992).

4.2. Descripción de los sitios de estudio

Las grabaciones de los llamados de ecolocación de los murciélagos se hicieron en el oasis del Cañón de Guadalupe y un cultivo agrícola en la empresa Agrícola Caborca durante el verano de septiembre 2012, ambos ubicados en la ecorregión del desierto del Bajo Colorado a una . Los sitios fueron georreferenciados con un GPS Garmin Geko 201.

La distancia entre el oasis del Cañón de Guadalupe y el cultivo agrícola de Agrícola Caborca es de 75.33 km. Esto permitió evitar un traslape espacial de los murciélagos cuando salen de sus refugios en búsqueda de alimento, ya que teóricamente pueden viajar de 8 a 10 km en una noche dependiendo de la disponibilidad del recurso (Galindo-González, 1998).

El oasis del Cañón de Guadalupe está ubicado geográficamente a 32° 23' 14.7" N y 115° 48' 01.9" O (Figura 6). Las condiciones microclimáticas del oasis son diferentes a las de su entorno por la comunidad vegetal sostenida por el agua (Coria, 1997) y por la sombra provisto por el cañón. Existen palmares que crecen junto a los arroyos

que concentran la humedad del lugar; los cuerpos de agua superficiales se forman durante la temporada de lluvias en invierno (Maya et al. 1997). En general, se espera que los oasis tengan una alta productividad relativa por su característica métrica, por lo que son refugio para encontrar especies de flora y fauna de afinidad contrastante de la biota circundante (Arriaga y Rodríguez, 1997). El cañón abastece sitios de refugio en forma de las grietas y cuevas entre las rocas del cañón y también en las mimas palmas por sus faldas de hojas secas.

La vegetación del oasis tiene un importante componente de palmas (*Washingtonia filifera*). También existen arbustos micrófilos resistentes a la sequía como gobernadora (*Larrea tridentata*) y ocotillo (*Fouquieria splendens*). A lo largo de los arroyos se encuentran algunas plantas leñosas como palo fierro (*Olneya tesota*), paloverde (*Parkinsonia florida* y *P. microphylla*) y mesquite (*Prosopis pubescens* y *P. glandulosa* var. *torreyana*) (González-Abraham et al. 2010).

La actividad económica principal en el “Cañón de Guadalupe” es el turismo atraído por su gran dinamismo biológico (Maya et al. 1997).



Figura 4. Oasis del Cañón de Guadalupe

El cultivo agrícola se seleccionó aleatoriamente en los terrenos de la empresa Agrícola Caborca localizada a $32^{\circ} 21' 38.7''$ N y $115^{\circ} 00' 02.7''$ O en el Valle de Mexicali (Figura 6). La cobertura vegetal del cultivo era de espárragos y a su alrededor existía canales de agua para su riego provenientes del río Colorado. El método de cultivo era del tipo intensivo con maquinaria dedicada a la actividad agrícola y uso de agroquímicos.



Figura 5. Cultivo de espárragos de Agrícola Caborca.

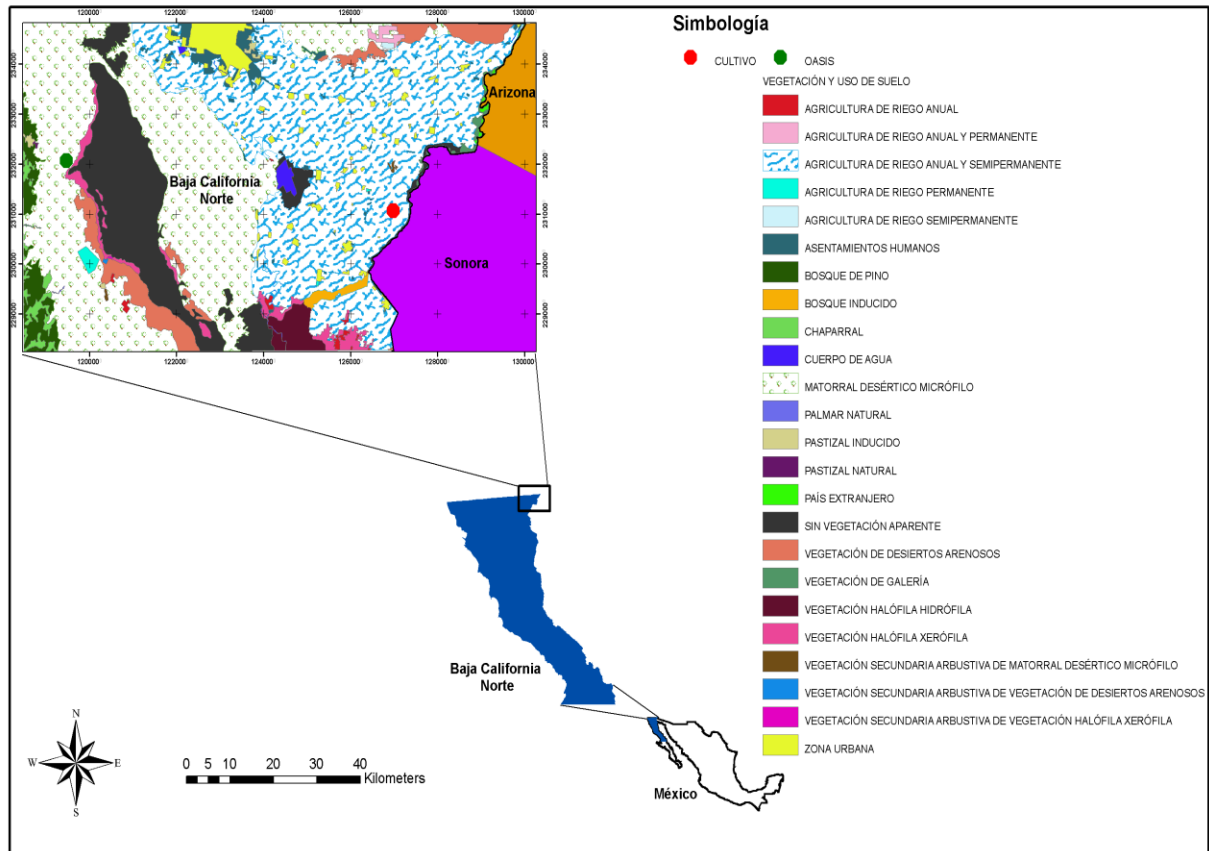


Figura 6. Localización geográfica de los sitios de estudio dentro de la ecorregión del desierto del Bajo Colorado, Baja California.

4.3. Muestreo de los sitios de estudio

Las grabaciones de los llamados de los murciélagos se efectuaron durante la época de verano en septiembre 2012. Las grabaciones en cada sitio se llevaron a cabo durante tres días continuos iniciando a las 19:00 y terminando a las 05:00 del día siguiente. Se realizó un monitoreo pasivo con un detector de murciélagos *Song Meter SM2+* fabricado por *Wildlife Acoustics*. El detector fue proporcionado por Verónica Zamora Gutiérrez. Al detector se le colocó un micrófono modelo SMX-II fabricado por *Wildlife Acoustics*, y ambos forman un sistema digital de grabación autónoma que obtiene grabaciones en tiempo real, configurado a una frecuencia de 384 KHz para grabar los ultrasonidos de los murciélagos y 60 dB como amplificador del sonido.

El detector se colocó en un poste de madera de 2 m de alto con el micrófono hacia arriba con la finalidad de registrar el mayor número de llamado de los murciélagos. El detector es resistente a la intemperie detecta y graba a detalle la amplitud de los armónicos originales de los murciélagos, de además de ser compatible con softwares de análisis de llamados de murciélagos como el SonoBat 3.0 (Song Meter User Manual, 2012). Todos los llamados de ecolocación detectados fueron grabados y guardados en una memoria *SDHC Kingston* de 16 Gb.

4.4. Muestreo de las variables ambientales

Para determinar la relación que existe entre la actividad de murciélagos con las variables ambientales de temperatura y humedad relativa se colocó un sensor con datalogger (EasyLog USB2, Lascar Electronics, Salisbury, UK) programado para tomar los datos ambientales durante las 10 horas de muestreo en periodos de 5 minutos con el detector acústico.

4.5. Análisis de datos

Las grabaciones fueron descargadas a una computadora Toshiba Satellite L735. El análisis y visualización de los llamados de ecolocación se hizo con el programa SonoBat versión 3.0, proporcionado por Verónica Zamora Gutiérrez.

Para medir la actividad de los murciélagos y uso del hábitat se utilizó el método de Rascón (2010) consiste en el conteo del número de pulsos y zumbidos de alimentación por unidad de tiempo. El pulso se definió como una vocalización simple emitida por un murciélago y, un zumbido de alimentación, como una serie de pulsos de alta frecuencia de repetición continua que indica ataques de los murciélagos a sus presas (Griffin et al. 1960; Stevens y Worshofsky, 1976). Los pulsos de ecolocación indican que los murciélagos están en fase de búsqueda de alimento y los zumbidos de alimentación cuando están cazando o alimentándose en el lugar (Griffin et al. 1960). El conteo de pulsos y eventos de zumbidos de alimentación se hizo a través de “compressed” *vista* (Figura 7) del programa y la vista “realtime” donde se identificó el número de eventos de zumbidos de alimentación (Figura 8).

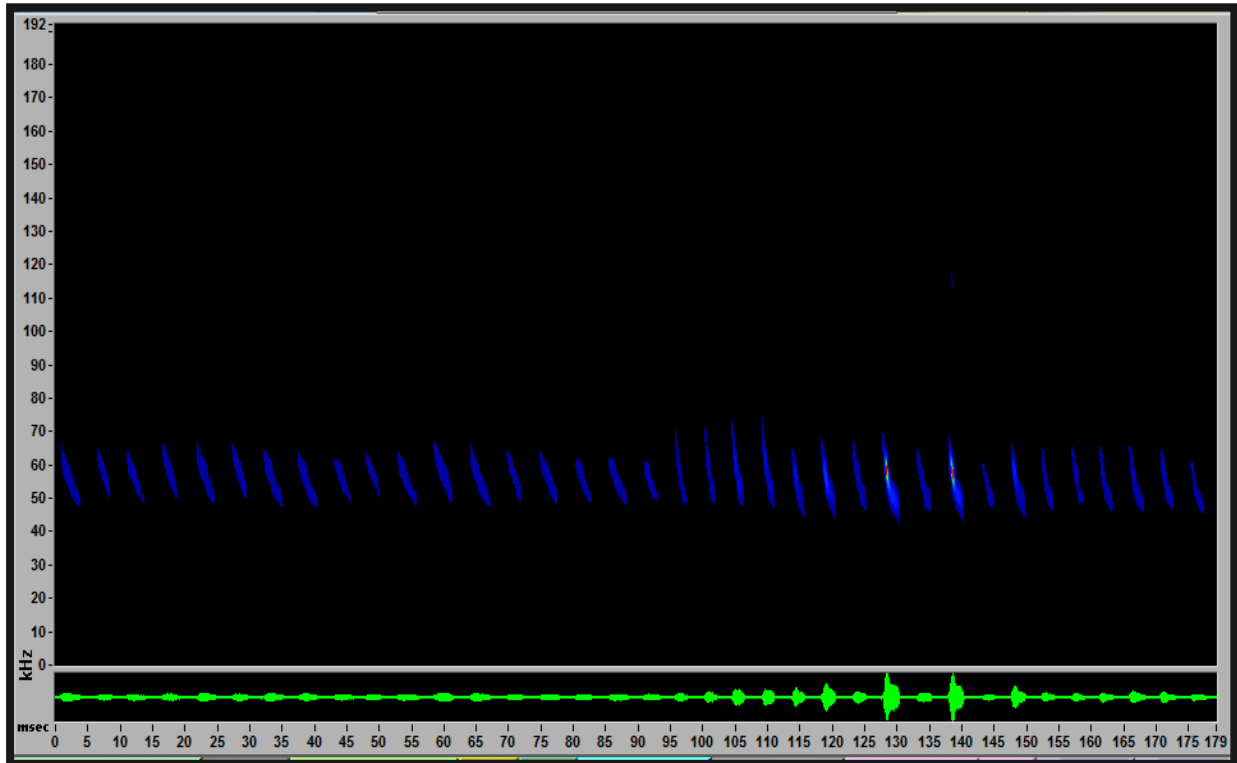


Figura 7. Espectrograma de un llamado de ecolocación de murciélago para contar el número de pulsos con la vista “compressed” del programa SonoBat v 3.

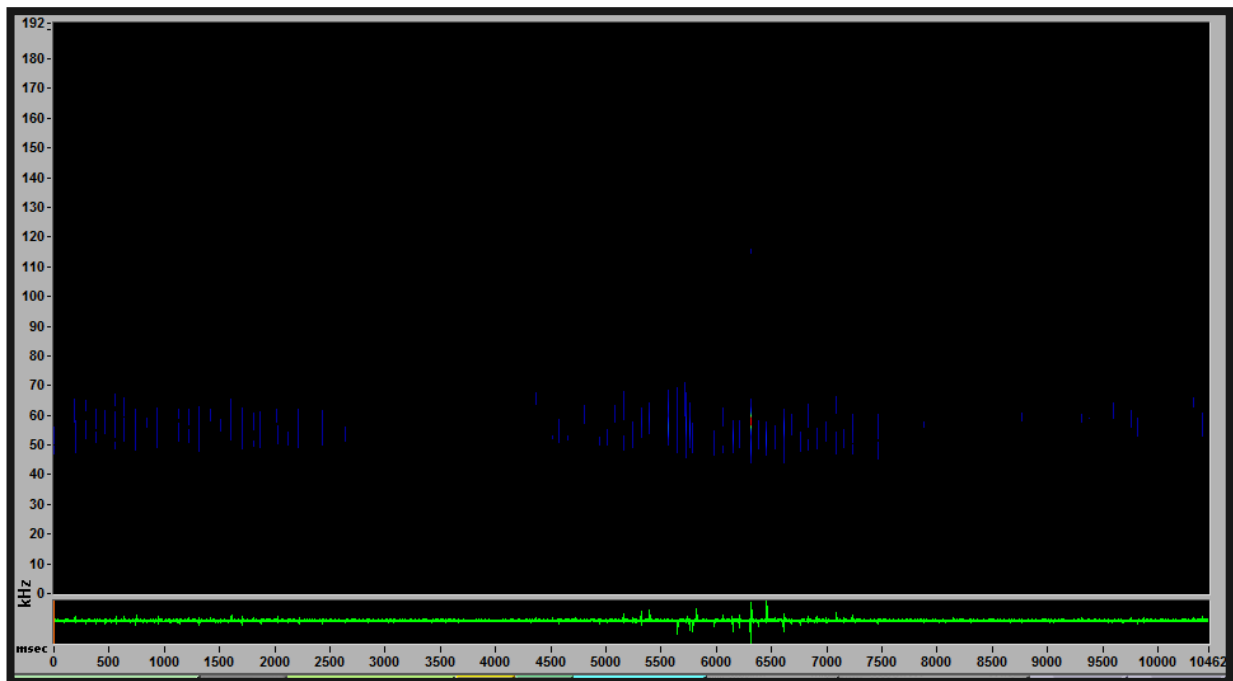


Figura 8. Espectrograma de un llamado de ecolocación de murciélago para contar el número de eventos de zumbidos de alimentación con la vista “real time” del programa SonoBat v 3.

4.6. Análisis estadístico

Se utilizó el programa STATISTICA 7 para el análisis de datos bajo un intervalo de confianza del 95%.

Para someter a prueba las hipótesis sobre la actividad y uso de hábitat por los murciélagos, se realizó una correlación entre el número de pulsos de ecolocación y el número de zumbidos de alimentación por el total de horas muestreadas. De igual forma, se aplicó una correlación entre el número de pulsos de ecolocación y las variables ambientales de temperatura y humedad relativa.

Capítulo 5. Resultados

En cada hábitat se grabó durante 10 horas por noche durante tres días consecutivos con el detector acústico. Se obtuvieron y analizaron 720 archivos de grabación de los llamados de ecolocación de los murciélagos (Tabla 1), el oasis contó con 497 archivos grabados que en el cultivo con 223 archivos de grabación.

En el oasis del Cañón de Guadalupe se obtuvieron más registros de pulsos de ecolocación (n= 9,111) y zumbidos de alimentación (n= 38). En el cultivo agrícola se registró un número menor en pulsos de ecolocación (n= 4, 475) y zumbidos de alimentación (n= 9) en todo el muestreo.

Tabla 1. Número de pulsos de llamados de ecolocación y zumbidos de alimentación en el campo agrícola Caborca y oasis del Cañón de Guadalupe.

Hábitat	Número de archivos grabados	Número de pulsos de ecolocación	Número de zumbidos de alimentación
Oasis	497	9111	38
Cultivo	223	4475	9
Total	720	13586	47

5.1 Análisis del uso de hábitat de los murciélagos

Este estudio realizado en verano de septiembre del 2012, los murciélagos fueron más activos en el oasis del Cañón de Guadalupe sobre el cultivo de Agrícola Caborca, lo que muestra que hacen un mayor uso del hábitat del oasis respecto al cultivo. Sin embargo, se observó que los murciélagos están más activos volando sobre el hábitat que alimentándose, este resultado fue menor de lo que se esperaba en este estudio (Tabla 2).

El periodo de actividad de los murciélagos en el oasis del Cañón de Guadalupe y el cultivo de Agrícola Caborca no presentó una diferencia estadísticamente significativa, mostrándose que los murciélagos estuvieron activos en cada hábitat durante las horas de grabación con el detector acústico (Tabla 3).

Sin embargo, si hubo marcados picos de actividad en cada hábitat. En el oasis el primer periodo de mayor actividad fue en el crepúsculo entre las 19:00 (n= 3514) y al caer la noche 20:00 (n=1015) al ocultarse el sol (19:00). El segundo pico de actividad fue antes del amanecer a las 05:00 horas (n= 1467). El hábitat del cultivo presentó el primer pico de mayor actividad a las 21:00 hasta las 23:00 horas de la noche, un poco más tarde con respecto al oasis. En ambos hábitat coincidió que la actividad se presentó también entre las 23:00 horas de la noche anterior hasta las 01:00 horas del día siguiente.

Tabla 2. Proporción entre el número de zumbidos de alimentación y el número de pulsos de llamados de ecolocación de los murciélagos en el oasis y cultivo por hora.

Horas	Oasis			Cultivo		
	Número de pulsos de ecolocación	Número de zumbidos de alimentación	%	Número de pulsos de ecolocación	Número de zumbidos de alimentación	%
19:00	3514	27	0.77	153	-	-
20:00	1015	-	-	148	-	-
21:00	756	1	0.13	896	2	0.22
22:00	268	-	-	737	-	-
23:00	208	2	0.96	754	4	0.53
00:00	463	1	0.22	496	2	0.40
01:00	420	2	0.48	494	1	0.20
02:00	337	-	-	265	-	-
03:00	400	1	0.25	125	-	-
04:00	263	-	-	205	-	-
05:00	1467	4	0.27	202	-	-

Tabla 3. Correlación entre el número de pulsos de llamados de ecolocación y el número de zumbidos de alimentación por hora en cada hábitat.

Hábitat	# Pulsos de ecolocación/ h	# Zumbidos de alimentación/ h
Oasis	$r = -0.4341, p = 0.1822$ n= 9111	$r = -0.4387, p = 0.1771$ n= 38
Cultivo	$r = -0.3249, p = 0.3296$ n= 4475	$r = -0.2043, p = 0.5467$ n= 9

5.3 Análisis de la actividad de los murciélagos y las variables ambientales

Se realizó un análisis de correlación entre la temperatura (°C) y la humedad relativa (%) y se encontró estadísticamente una correlación negativa, $r = -0.7429$, $p = < 0.01$, entre la temperatura y la humedad relativa, esto que el porcentaje de la humedad relativa disminuye conforme aumentan los grados centígrados en la temperatura (Figura 9).

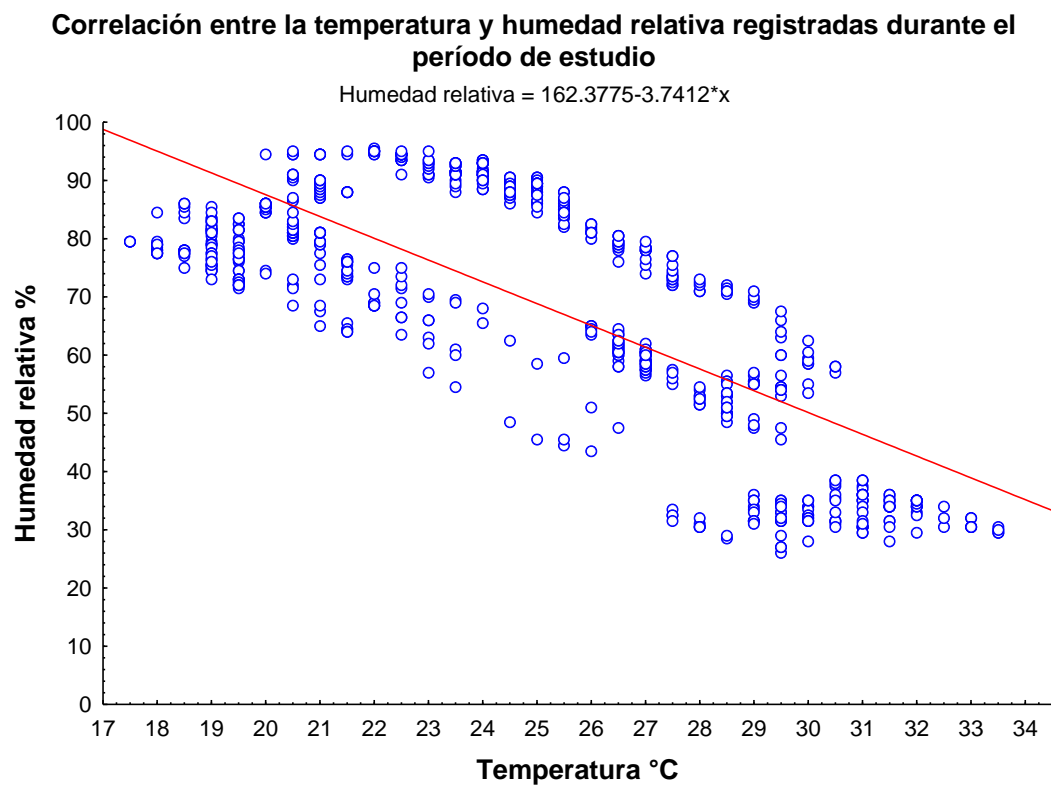


Figura 9. Gráfica que muestra la correlación entre la temperatura (°C) y la humedad relativa (%).

Al buscar una correlación entre las variables ambientales, temperatura y humedad relativa, y la actividad de murciélagos entre los hábitats de estudio, se encontró una correlación significativa en el oasis, pero no en la zona de cultivo (Tabla 4).

Tabla 4. Correlación entre el número de pulsos de llamados de ecolocación y el número de zumbidos de alimentación registrado en el oasis y cultivo, con la temperatura y humedad relativa promedio por hora.

Variable	Oasis		Cultivo	
	<i>Número de pulsos de ecolocación</i>	<i>Número de zumbidos de alimentación</i>	<i>Número de pulsos de ecolocación</i>	<i>Número de zumbidos de alimentación</i>
<i>Temperatura</i>	r= 0.5807, p= 0.05	r = 0.5946, p = 0.05	r= -0.0797, p= 0.82	r= -0.1246, p= 0.72
<i>Humedad relativa</i>	r= -0.6523, p= 0.03	r = -0.6323, p = 0.04	r= 0.1542, p= 0.65	r= 0.1814, p= 0.59

Capítulo 6. Discusiones

6.1 Uso de hábitat de los murciélagos en el oasis y cultivo

En los resultados de esta investigación no se hizo la identificación acústica de las especies de murciélagos en el oasis del Cañón de Guadalupe y tampoco en el cultivo de Agrícola Caborca. Esto limita a evaluar que especies específicas pueden encontrarse en cada tipo de hábitat, sin embargo con base en la literatura es posible encontrar las mismas especies reportadas que también se distribuyen en el área del desierto del Bajo Colorado que en su mayoría son insectívoras (ver Anexo).

Las condiciones extremas en los desiertos hace que los murciélagos requieran zonas con cubierta vegetal densa, refugios de descanso, alimento y fuentes de agua (Bos y Carthew, 2003; Korine y Pinshow, 2004; Meyer et al. 2010; Wang et al. 2010). Los murciélagos son más diversos y abundantes en donde existe mayor diversidad vegetal porque provee oportunidades de refugio y alimentación (Sánchez y Romero, 1995).

La disponibilidad de cuerpos de agua también afecta los patrones de actividad de muchas especies de murciélagos porque son fuentes limitadas en un ecosistema desértico, donde este líquido es escaso (Maya et al. 1997). Los cuerpos de agua también ofrecen a los murciélagos una mayor oportunidad de encontrar alimento. Razgour et al. (2010) hallaron una mayor diversidad de murciélagos insectívoros en estanques de agua permanentes o temporales, porque suelen cazar ahí su alimento. Hayes (1997) también describe que los murciélagos suelen ser más activos en cuerpos de agua, como arroyos, porque la disponibilidad de alimento es mayor.

Por lo anterior, en este trabajo se mostró que los murciélagos de ambientes desérticos tienen un mayor uso de hábitat en los oasis porque encuentran refugios más cercanos como palmares, afloramientos rocosos, cuevas, disponibilidad de cuerpos

de agua y alimento (Álvarez et al. 1997 en Arriaga, 1997; Williams y Dickman (2004). La disponibilidad de recursos que encuentras los murciélagos en los oasis permite recalcar la importancia de estos hábitat en la ecología de los murciélagos en ecosistemas desérticos.

El uso de hábitat que le dan los murciélagos al cultivo de Agrícola Caborca parece ser más limitado. Se sugiere que el uso de agroquímicos en el Valle de Mexicali podría ser el factor principal. Wickramasinghe et al. (2004) menciona que los campos agrícolas albergan altas densidades de insectos-presa para los murciélagos. Pero el uso intensificado de plaguicidas en los cultivos agrícolas podría estar erradicando drásticamente algunas poblaciones de insectos de la cuales se alimentan muchos murciélagos (Fuller et al. 2005). Se ha documentado que los murciélagos insectívoros suelen ser selectivos en el tipo de insecto que consumen. Pavey et al. (2001) encontró que los murciélagos suelen consumir principalmente especies del orden Coleoptera, Lepidoptera y Diptera y en menos cantidades Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera y Neuroptera, así como algunos arácnidos.

También se plantea que el uso de plaguicidas en los cultivos agrícolas en el Valle de Mexicali, podría estar afectando de manera directa a los murciélagos al consumir los insectos. En un estudio realizado por Sasse (2005) con presencia de contaminantes de plaguicidas de un cultivo en el cual se alimentaba el murciélago *Myotis grisescens*, encontró que los murciélagos están expuestos a los contaminantes utilizados en los campos agrícolas de Arkansas en Estados Unidos. Sin embargo, esta afirmación necesitaría ser ampliamente estudiada para los cultivos agrícolas del Valle de Mexicali sobre las poblaciones de murciélagos.

6.2 Actividad de los murciélagos y su relación con las variables ambientales

Los murciélagos mostraron un patrón de actividad constante en el oasis del Cañón de Guadalupe y el cultivo de Agrícola Caborca en este estudio. Sin embargo, la actividad de alimentación fue menor de lo que se esperaba en ambos hábitats con patrones de actividad mayor durante ciertas horas de la noche para ambos hábitats.

Se ha reportado que los murciélagos se concentran principalmente en aquellos lugares con mayor disponibilidad de presas (Furlonger y Fenton, 1987). No obstante, la variación en la disponibilidad de insectos-presas de la cual se alimentan los murciélagos está relacionada con las condiciones ambientales (Moosman et al. 2012). En el oasis del Cañón de Guadalupe la temperatura y la humedad relativa tuvieron una relación con los patrones de actividad de los murciélagos.

Las condiciones méxicas de los oasis por la presencia de cuerpos de agua favorece el desarrollo de comunidades vegetales que en conjunto determinan los elementos del clima como la temperatura y humedad (Arriaga, 1997; Coria, 1997). En los oasis las variables como temperatura y humedad muestran cambios más marcados conforme se acerca a la cubierta vegetal (Arriaga, 1997). Estas condiciones microclimáticas influyen en algunos macroartrópodos de los oasis (Jiménez et al, 1997). Esto explicaría que la actividad de alimentación de los murciélagos no fue constante durante toda la noche en el oasis del Cañón de Guadalupe. Las variables condiciones microclimáticas en el oasis podrían estar afectando la actividad de insectos.

En el caso del cultivo de Agrícola Caborca no existió una correlación entre la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, la baja actividad de alimentación podría estar relacionada con al efecto de la fragmentación del hábitat. Walsberg (2000) menciona que la distancia entre los parches de alimentación supone un mayor gasto energético en el vuelo de los murciélagos para la búsqueda de alimento.

Capítulo 7. Conclusiones

Los murciélagos muestran el mismo nivel de actividad en el oasis del Cañón de Guadalupe y el cultivo de Agrícola Caborca, pero mostraron preferencia por el oasis sobre el cultivo agrícola.

Los oasis son un hábitat importante de refugio y alimento para los murciélagos. Por lo tanto, es necesario un estudio más a fondo sobre la ecología de los murciélagos en los oasis de los desiertos para implementar estrategias para su conservación.

La actividad de alimentación de los murciélagos fue menor de lo que se esperaba y la razón puede estar en que las variables de temperatura y humedad relativa en el oasis del Cañón de Guadalupe afectan la actividad de los insectos.

La baja actividad de alimentación de los murciélagos en el cultivo de Agrícola Caborca se pudiera explicarse por el uso agroquímicos en el Valle de Mexicali, pero se requiere profundizar en el tema.

Los métodos acústicos son una herramienta alternativa que brinda información suficiente sobre el uso de hábitat de los murciélagos. Se obtiene una gran cantidad de datos en tiempo real. Además evita el estrés de los murciélagos la manipulación.

Capítulo 8. Recomendaciones

Hacer investigaciones a largo plazo del uso de hábitat de los murciélagos insectívoros que permita tener las bases acerca de cuáles son los requerimientos necesarios de los murciélagos para subsistir y brindar a los tomadores de decisiones las bases ecológicas para la conservación de los quirópteros.

Es necesaria la toma de datos de más variables ambientales, además de temperatura y humedad relativa, por ejemplo, durante fases lunares y durante vientos que pudieran estar estrechamente relacionadas con la actividad de los murciélagos insectívoros o de su presa.

Es necesaria la colecta de insectos, conocer su variabilidad temporal y su calidad alimentaria en el hábitat de estudio, pues pudieran darnos una mejor interpretación de la respuesta en el uso de hábitat de los murciélagos insectívoros.

También se requiere información sobre los costos y distancias de vuelo de los murciélagos a sus sitios de refugio.

También es importante que se hagan muestreos de murciélagos con otros métodos, como redes de niebla o trampas arpas, que nos permitan asegurar la identificación de las especies de murciélagos.

Aunque la literatura demuestra que los campos agrícolas con uso de agroquímicos pueden ser un factor que afecta el uso de hábitat de estos sitios por parte de los murciélagos insectívoros, haría falta hacer una relación de análisis toxicológico de los murciélagos, colecta de insectos, los agroquímicos utilizados y el tipo de cultivo que podría arrojar un resultado más significativo de la respuesta de los murciélagos insectívoros y el uso de agroquímicos en los campos agrícolas.

Lista de referencias

- Airas, M. (2003). Echolocation in bats. In *Proceedings of spatial sound perception and reproduction. The postgrad seminar course of HUT Acoustics Laboratory*, pp. 1-25.
- Altringham, J. D., Hammond, L. and McOwat, T. (1996). *Bats: biology and behaviour* p. 262. Oxford University Press.
- Alvarez, S., Galina, P., y Arnaud, G. (1997). Introducción. En: L. Arriga y R. E. Rodríguez (Eds.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 249-259.
- Arriaga, L. (1997). Introducción. En: L. Arriga y R. E. Rodríguez (Eds.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 1-4.
- Balmori Martínez, A. (1998). El estudio de los Quirópteros a través de sus emisiones ultrasónicas: Métodos en Mastozoología. *Galemys: Boletín SECEM*, 10(1), 12-19.
- Brigham, R. M., Aldridge, H. D. J. N. and Mackey, R. L. (1992). Variation in habitat use and prey selection by Yuma bats, *Myotis yumanensis*. *Journal of Mammalogy*, 640-645.
- Bos, G. D., and Carthew, M. S. (2003). The influence of behaviour and season on habitat selection by a small mammal. *Ecography*, 26(6), 810-820.
- Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F., & Kunz, T. H. (2011). Economic Importance of bats in Agriculture. *Science*, 332, 41-42.

- Ceballos, G. and Oliva, G. (2005). *Los mamíferos silvestres de México* (Vol. 986). México, DF: Fondo de Cultura Económica.
- Ceballos, G y Somonetti, J. A. (2002). Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales. CONABIO-UNAM, México, D.F. pp. 377-413.
- Coleman, J. L. and Barclay, R. M. (2013). Prey availability and foraging activity of grassland bats in relation to urbanization. *Journal of Mammalogy*, 94(5), 1111-1122.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2007). Programa de Conservación, y Manejo. Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado México. Recuperado el 19 de agosto de 2014 de: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/Final_Alt_oGolfo.pdf
- Cornejo-Latorre, C., Rojas-Martínez, A. E., Aguilar-López, M., and Juárez-Castillo, L. G. (2011). Abundancia estacional de los murciélagos herbívoros y disponibilidad de los recursos quiropterófilos en dos tipos de vegetación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Therya*, 2(2), 169–182.
- Delgadillo, J. R. (1992). Florística y ecología del norte de Baja California. *Mexicali: Universidad Autónoma de Baja California* p. 339
- Delgadillo-Rodríguez, J. D., and Macías-Rodríguez, Á. M. (2002). Componente florístico del desierto de San Felipe, Baja California, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 70, 45-65.

- Díaz García, D. A. (2010). La Reserva Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado y su zona de influencia: planeación territorial y distribución espacial de actividades antropogénicas. Tesis de maestría en administración integral del ambiente, COLEF.
- Ezcurra, E., E. Peters, A. Búrquez, and E. Mellink. (2002). Los desiertos de Sonora y Baja California. In: R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, P. Robles-Gil, J. Pilgrim, G.A.B. da Fonseca, T. Brooks, and W.R. Konstant (eds.) *Áreas Silvestres. Las últimas áreas vírgenes del mundo*. CEMEX (Monterrey), Conservation Internacional (Washington, D.C.) and Agrupación Sierra Madre (México, D.F.). pp. 315–333.
- Fenton, M. B. (1984). Echolocation: implications for ecology and evolution of bats. *Quarterly Review of Biology*, 33-53.
- Fenton, M. B. (1970). A technique for monitoring bat activity with results obtained from different environments in southern Ontario. *Canadian Journal of Zoology*, 48(4), 847-851.
- Fenton, M. B., and Morris, G. K. (1976). Opportunistic feeding by desert bats (*Myotis* spp.). *Canadian Journal of Zoology*, 54(4), 526-530.
- Findley, J. S. (1993). *Bats: a community perspective*. CUP Archive.
- Flores, J. W. T., and Chumacero, L. M. G. (2010). Perspectivas sobre el origen y la filogenia de los murciélagos. *ContactoS*, 77, 5-9.
- Fryxell, P. a., and Rzedowski, J. (1982). Vegetación de México. *Taxon*, 31(4), 793.

- Fuller, R. J., Norton, L. R., Feber, R. E., Johnson, P. J., Chamberlain, D. E., Joys, a C., Mathews, F., Stuart, R. C., Townsend, M. C., Manley, W. J., Wolfe, M. S., Macdonald, D. W., and Firbank, L. G. (2005). Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa. *Biology letters*, 1(4), 431-434.
- Furlonger, C. L., Dewar, H. J., and Fenton, M. B. (1987). Habitat use by foraging insectivorous bats. *Canadian Journal of Zoology*, 65(2), 284-288.
- Galindo, J. (1998). Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*, 1(073), 55-74.
- González-Abraham, C. E., Garcillán, P. P., and Ezcurra, E. (2010). Ecorregiones de la península de Baja California: Una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (87), 69-82.
- Griffin, D. R. (1944). Echolocation by blind men, bats and radar. *Science*, 100 (2609), 589-590.
- Griffin, D. R., Webster, F. A., and Michael, C. R. (1960). The echolocation of flying insects by bats. *Animal Behaviour*, 8(3), 141-154.
- Guevara-Carrizales, A. A., Zamora-Gutiérrez, V., Gonzáles-Gómez, R., and Martínez-Gallardo, R. (2013). Catálogo de los murciélagos de la región del delta del Río Colorado, México. *Therya*, 4(1), 47-60.
- Hayes, J. (1997). Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies. *Journal of Mammalogy*, 78(2), 514–524.
- Howell, S. N. G. (2001). Regional distribution on the breeding avifauna of the Baja California Peninsula. *Monographs in field Ornithology* 3, 10-22.

INEGI. (2014). Clima. Recuperado de: <http://cuentame.inegi.org.mx>

IUCN. (2012). The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 20 de junio de 2012 de: <http://www.iucnredlist.org>.

Jiménez, M. L., Palacios, C., y Tejas, A. (1997). Introducción. En: L. Arriga y R. E. Rodríguez (Eds.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 107-120.

Korine, C., and Pinshow, B. (2004). Guild structure, foraging space use, and distribution in a community of insectivorous bats in the Negev Desert. *Journal of Zoology*, 262, 187–196.

Kraker-Castañeda, C., Santos-Moreno, A., and García-García, J. L. (2013). Riqueza de especies y actividad relativa en una selva tropical y pastizales en Oaxaca, México. *Mastozoología Neotropical*, 20 (2), 255–267.

Kunz, T. H., and Diaz, C. A. (1995). Folivory in fruit-eating bats, with new evidence from *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Biotropica*, 106-120.

Kunz, T. H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T., and Fleming, T. H. (2011). Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223, 1–38.

Lisón, F. (2011). Clave de identificación de las llamadas de ecolocación de los murciélagos de la Península Ibérica. Recuperado de: <http://quiromur.blogspot.com/p/publicaciones.html>

Lorca, M. P., Ariza, F. J. A., Delgadillo, J., & Suárez, I. A. (1993). Fitogeografía de la península de Baja California, México. In *Anales del Jardín Botánico de Madrid* (Vol. 51, No. 2, pp. 255-277). Real Jardín Botánico.

- MacSwiney G., M. C., Bolívar Cimé, B., Clarke, F. M., and Racey, P. A. (2009). Insectivorous Bat Activity at Cenotes in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Acta Chiropterologica*, 11(1), 139–147.
- Malo, J. A., and Molina, D. (2011). Ecolocación y detectores de quirópteros. *Revista Barbastella*, 1–9.
- Maya, Y., Coria, R., Dominguez, R. (1997). Introducción. En: L. Arriga y R. E. Rodríguez (Eds.). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. 5-25.
- Medellín, R. A. (2009). Sustaining transboundary ecosystem services provided by bats. *Conservation of Shared Environments: Learning from the United States and Mexico*, 171-187.
- Medellín, R. A., H. Arita y O. Sánchez. (1997). Guía de identificación de los murciélagos de México. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad. México p. 83
- Meyer, C. F. J., Aguiar, L. M. S., Aguirre, L. F., Baumgarten, J., Clarke, F. M., Cosson, J.-F., Villegas, S. E., Fahr, J., Faria, D., Furey, N., Henry, M., Hodgkison, R., Jenkins, R. K. B., Jung, K. G., Kingston, T., Kunz, T. H., MacSwiney Gonzalez, M. C., and Kalko, E. K. V. (2010). Long-term monitoring of tropical bats for anthropogenic impact assessment: Gauging the statistical power to detect population change. *Biological Conservation*, 143(11), 2797–2807.
- Minch, J., E. Minch, y J. Minch. (1998). *Roadside Geology and biology of Baja California*. United States of America, John Minch and Associates, Inc.

- Mittermeier, R., y Mittermeier, C. (1992). *La importancia de la diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad* pp. 1–14.
- Moosman, P. R., Howard, Jr., Thomas, H. and Pierre, J. V. (2012). Diet of the widespread insectivorous bats *Eptesicus fuscus* and *Myotis lucifugus* relative to climate and richness of bat communities. *Journal of Mammalogy* 93(2):491-496.
- Morrone, J. J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 76(2), 207-252.
- Moss, C. F., and Sinha, S. R. (2003). Neurobiology of echolocation in bats. *Current Opinion in Neurobiology*, 13(6), 751–758.
- Ortiz-Ramírez, D., Lorenzo, C., Naranjo, E y León-Paniagua, L. (2006). Selección de refugios por tres especies de murciélagos frugívoros (Chiroptera: Phyllostomidae) en la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77, 261-270.
- Pavey, C. R., Burwell, C. J., and Marshall, C. J. (2001). Dietary Benefits of Twilight Foraging by the Insectivorous Bat, 33(4), 670–681.
- Pech-Canché, J., MacSwiney, M. C., and Estrella, E. (2010). Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos neotropicales. *Therya*, 1, 227-234.
- Pennycuik, C. J. (2008). The Membrane Wings of Bats and Pterosaurs. *Theoretical Ecology Series*, 5, 135-160.

- Ranzoni, F. V. (1968). Fungi isolated in culture from soils of the Sonoran Desert. *Mycologia*, 356-371.
- Rascón-Escajeda, J. A. (2012). Uso del hábitat por los murciélagos (Chiroptera) en la cuenca baja del río Nazas, Durango. Tesis de maestría CIDIIR, IPN.
- Razgour, O., Korine, C., y Saltz, D. (2010). Pond characteristics as determinants of species diversity and community composition in desert bats. *Animal Conservation* 13, 505–513. Reynoso, V. H. 2006. La vida en los desiertos mexicanos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77, 313-315.
- Roberts, N. C. (1989). Baja California: Plany field guide. Natural History Publishing Company. Universidad de California. Páginas 309.
- Rogers, D. S., Belk, M. C., González, M. W., and Coleman, B. L. (2006). Patterns of habitat use by bats along a riparian corridor in northern Utah. *The Southwestern Naturalist*, 51(1), 52-58.
- Salas, C., Garrido, J., and Betancourt, S. (2012). Riqueza y abundancia de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. *Bioagrocencias*, 5(1), 11–14.
- Sánchez, H. C y Romero, A. M. L. (1995). *Murciélagos de Tabasco y Campeche una propuesta para su conservación*. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México, D.F.
- Santos-Moreno, A., Ruiz Velásquez, E., and Sánchez Martínez, A. (2010). Efecto de la intensidad de la luz lunar y de la velocidad del viento en la actividad de murciélagos filostómidos de Mena Nizanda, Oaxaca, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81(3), 839-845.

- Sasse, D. B. (2005). Pesticide residues in guano of gray bats. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, 59.
- Saunders, R., y Barclay, R. M. R. (1992). Ecomorphology of Insectivorous Bats: A Test of Predictions Using Two Morphologically Similar Species. *Ecology* 73 (4): 1335-1345.
- Schnitzler, H. U., and Kalko, E. K. V. (2001). Echolocation by Insect-Eating Bats. *BioScience*, 51(7), 557–569.
- Sélem, S. C. I., Tun, G. J., Hernández, B. S., Chablé, S. J., y Ortiz, D. J. J. (2012). Riqueza y abundancia de murciélagos (Mammalia: Chiroptera) en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. *Bioagrocencias*, 5, 11-14.
- Sherwin, R., Gannon, W., and Haymond, S. (2000). The efficacy of acoustic techniques to infer differential use of habitat by bats. *Acta Chiropterologica*, 2(2), 145–153.
- Simmons, J. a, Fenton, M. B., and O’Farrell, M. J. (1979). Echolocation and pursuit of prey by bats. *Science (New York, N.Y.)*, 203(4375), 16–21.
- Song Meter User Manual. (2012). Wildlife Acoustics, Inc. www.wildlifeacoustics.com
- Sowler, S y Middleton, N. (2013). “Bat Passes”-Redundant or Still Useful? *InPractice*, (79), 16–18.
- Stevens, S. S., Worshofsky, F. (1976). Sonido y audición. México, D.F., Time-Life.
- Thies, W., Kalko, E. J. V., y Ulrich Schnitzler, H. (2006). Influence of environment and resource availability on activity patterns of *Carollia castanea* (PHYLLOSTOMIDAE) in Panama. *Journal of Mammalogy* 87, 331-338.

- Verduzco-Mendoza, A., Alfaro-rodríguez, A., y Arch-Tirado, E. (2012). Etología y bioacústica en ratas y cobayos. *Revista Mexicana de Comunicación, Audiología, Otoneurología y Foniatría*, 1(1), 7–12.
- Villar-R, B. (1966). Los murciélagos de México: Su importancia en la economía y la salubridad – Su clasificación sistemática. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. México. pp. 491
- Walsberg, G. E. (2000). Small Mammals in Hot Deserts: Some Generalizations Revisited. *BioScience*, 50(2), 109.
- Walsh, A., and Harris, S. (1996). Foraging habitat preferences of vespertilionid bats in Britain. *Journal of Applied Ecology*, 33(3), 508–518.
- Wang, J., Kanwal, J., Zhang, C., Jiang, T., Lu, G., and Feng, J. (2010). Seasonal habitat use by greater horseshoe bat *Rhinolophus ferrumequinum* (Chiroptera: Rhinolophidae) in Changbai Mountain temperate forest, Northeast China. *mammalia*, 74, 257–266.
- Wickramasinghe, L. P., Harris, S., Jones, G., and Vaughan Jennings, N. (2004). Abundance and Species Richness of Nocturnal Insects on Organic and Conventional Farms: Effects of Agricultural Intensification on Bat Foraging. *Conservation Biology*, 18(5), 1283–1292.
- Williams, A., and Dickman, C. (2004). The ecology of insectivorous bats in the Simpson Desert central Australia: habitat use. *Australian Mammalogy*, (1995), 205–214.
- Williams-Guillén, K., and Perfecto, I. (2011). Ensemble composition and activity levels of insectivorous bats in response to management intensification in coffee agroforestry systems. *PloS one*, 6(1), e16502.

Anexo

Listado de familias y especies reportadas para el área del desierto del Bajo Colorado en el estado de Baja California (Medellín et al. 1997; Ceballos y Olivia, 2005; CONANP, 2007; IUCN, 2012; Guevara-Carrizales et al. 2013).

Familia	Especie
Phyllostomidae	<i>Macrotus californicus</i>
	<i>Choeronycteris mexicana</i>
Molossidae	<i>Tadarida brasiliensis</i>
	<i>Nyctinomops femorosaccus</i>
	<i>N.ctinomops macrotis</i>
	<i>Eumops perotis</i>
Vespertilionidae	<i>Myotis californicus</i>
	<i>M. yumanensis</i>
	<i>M. volans</i>
	<i>M. thysanodes</i>
	<i>M. evotis</i>
	<i>M. ciliolabrum</i>
	<i>M. melanorhinus</i>
	<i>Pipistrellus hesperus</i>
	<i>Eptesicus fuscus</i>
	<i>Lasiurus xanthinus</i>
	<i>L. blossevillii</i>
	<i>L. cinereus</i>
	<i>Corynorhinus townsendii</i>
	<i>Antrozus pallidus</i>