

# **INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA**

**Maestría en Ciencias en Conservación y  
Aprovechamiento de Recursos Naturales.  
Especialidad en Biodiversidad del Neotrópico**

**Caracterización acústica de los murciélagos  
insectívoros del Parque Nacional Huatulco,  
Oaxaca**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**M A E S T R O E N C I E N C I A S**

**P R E S E N T A**

**BIÓL. AIDA TREJO ORTIZ**

Director de Tesis: Dr. Miguel Ángel Briones Salas

SANTA CRUZ XOXOCOTLÁN, OAXACA, ENERO 2011



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

## ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 30 del mes de noviembre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: **"Caracterización acústica de los murciélagos insectívoros del Parque Nacional Huatulco, Oaxaca"**.

Presentada por el alumno:

Trejo	Ortiz	Aída							
Apellido paterno	materno	nombre(s)							
			Con registro:						
			B	0	8	1	3	8	8

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA  
Directora de tesis

Dr. Miguel Ángel Briones Salas

Dr. Alejandro Flores Martínez

Dr. Gabriel Ramos Fernández

M. en C. Sonia Trujillo Agueta

M. en C. Carlos Raúl Bonilla Ruz

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramírez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 30 del mes noviembre del año 2010, el (la) que suscribe **Trejo Ortiz Aída** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B081388**, adscrito (a) al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Miguel Ángel Briones Salas y cede los derechos del trabajo titulado: **“Caracterización acústica de los murciélagos insectívoros del parque Nacional Huatulco, Oaxaca.”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradooax@ipn.mx](mailto:posgradooax@ipn.mx) ó [atrejoo0800@ipn.mx](mailto:atrejoo0800@ipn.mx) Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

**Trejo Ortiz Aída**



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACION PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.

**Más allá de la ley, más allá del honor,  
más allá de la patria, está la verdad  
que debe prevalecer por encima de todo.**

**Justo Sierra Méndez**

## DEDICATORIAS

A mi abuelita Lu, por tus sabios consejos, porque la mejor herencia fue tu experiencia y por tu inmenso cariño. Ahora eres mi angelito.

A mis padres, F. Santiago Trejo Martínez y A. Maricela Ortiz García por haber formado esta familia, por darnos amor, educación, regaños, por mantenernos juntos y sobre todo por comprenderme y apoyarme en todas mis locuras. ¡Los amo!

A mis hermanas, Griselda, porque siempre quise crecer como tú y a Maricruz, por llegar a hacerme compañía, a ambas por su apoyo incondicional y por compartir nuestras vidas. Gracias amigas.

A mi sobrina Andrea Posada Trejo, por ser única, porque los momentos más enternecedores han sido contigo. Te quiero mucho.

A Helxine, por darme la seguridad que necesito para vivir, por motivarme a cumplir mis sueños y por jamás desistir en este camino. “Si te quiero es porque sos mi amor mi cómplice y todo y en la calle codo a codo somos mucho más que dos”.

A la familia Fuentes-Moreno, Ismael, María del Carmen y Axel por todo lo que aprendo con ustedes y por ser un gran apoyo en todo momento.

## AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por otorgarme la beca número 219111, fue fundamental para la realización de este estudio.

Al Dr. Miguel A. Briones Salas por aceptar la dirección de este trabajo.

A la M. en C. Graciela González, al M. en C. Carlos Bonilla Ruz y al Dr. Víctor Sánchez Cordero quienes estuvieron en mi comité desde primer semestre, gracias por leer y dedicar tiempo a este trabajo.

A el comité revisor, Dr. Miguel A. Briones Salas, M. en C. Sonia Trujillo Argueta, M. en C. Carlos Bonilla Ruz, Dr. Alejandro Flores Martínez, M. en C. Gladys Manzanero Medina y al Dr. Gabriel Ramos por las sugerencias para mejorar el escrito.

A la M. en C. Gladys Manzanero M. y al Dr. Alejandro Flores M. por apoyarme con la beca PIFI y movilidad. Por confiar en mí y por su amistad.

A la M. en C. Dehni Salinas Ordaz, directora del Parque Nacional Huatulco por permitirnos trabajar en la zona, por preocuparse y por creer en este trabajo. Al Biól. Eugenio Villanueva Franck por el interés en los murciélagos y por su ayuda. Al Biól. Cruz Antonio Vázquez Gil por su apoyo y por hacer tan agradable la estancia en el Sabanal, a ambos gracias por su amistad.

Al personal del parque Arturo, Alfredo y Amadeo por acompañarnos a los refugios de murciélagos y por ¡salvarnos la vida!, estamos en deuda con ustedes. A Alejandro quien amablemente compartió los mapas del área. A todo el personal de la CONANP-Parque Nacional Huatulco por su amabilidad.

Al M. en C. Helxine Fuentes Moreno, por apoyarme a lo largo de mi maestría, por los días enteros planeando este trabajo, por enseñarme a usar el Anabat, por compartir todo lo que sabes de murciélagos, porque jamás faltaste a una salida, por las noches enteras analizando espectrogramas y leyendo la tesis, por encontrar siempre una solución a los imprevistos, por tu paciencia, ¡Por ser más que mi mano derecha!, no lo olvidaré.

A todas las personas que me apoyaron en campo, gracias por arriesgarse conmigo a Mireya Valdez G., Fernando Huerta G., Lourdes Mateos M., Nallely Flores R. y Maricruz Trejo Ortiz, por hacer liviano el trabajo, por pasar hambre, calor, lluvia, sed, sustos, por desvelarse conmigo y por los momentos divertidos. Prometo atenderlos mejor para la siguiente ¡mil gracias a todos!

Al Dr. Bruce Miller quien sin conocerme me apoyó en la revisión de los espectrogramas, en la explicación del índice de actividad y en la revisión del abstract. Excelente ejemplo de que cuando se tienen ganas de trabajar no hay pretextos.

A la M. en C. Nayelly Martínez Sánchez y la Lic. Alicia Rodríguez Varela, a quienes molesté mucho y siempre tuvieron el tiempo y la paciencia para orientarme en los trámites, gracias por realizar con amabilidad su trabajo. A Alejandro Cruz porque fuiste un gran apoyo y por supuesto, por ayudarme con los discos.

Al Dr. Antonio Santos Moreno por compartir sus conocimientos en clases, por su disposición y paciencia para resolver dudas, por su apoyo moral y porque indirectamente su trabajo me ha motivado a seguir. Gracias por su amistad.

A la Dra. Yolanda D. Ortiz Hernández por su sencillez, sinceridad y tenacidad para obtener las cosas, porque valen más los hechos que mil palabras.

Al Biól David Uribe Villavicencio por aconsejarme y por los dolores de cabeza que te causé jaja. Admiro tu valentía por querer cambiar lo que está mal.

A mis compañeros de generación y tareas, Elena E. García, Eduardo Ortiz, Hermenegildo, Elías y David U., por la convivencia y por compartir momentos estresantes.

A toda mi familia (Trejo, Monroy, Díaz y cuñados) porque cada vez que los veo me recuerdan que la vida es para disfrutarse y no para quejarse.

A mis amigos quienes de manera directa o indirecta compartieron esta etapa, a mi amigo de hace 15 años J. Guillermo, nuestras terapias en “grupo” fueron un pilar para echarle ganas. A Mireya y Fernando, por los momentos alegres compartidos, por estar juntos en las buenas y en las malas, mejor compañía no encontré en Oaxaca. A Xóchitl I., Salvador R., Omar V., Lázaro G. y Luis R. por estar ahí a pesar de la distancia.

# ÍNDICE

---

<b>RESUMEN</b>	<i>i</i>
	<i>ii</i>
<b>ABSTRACT</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	4
ECOLOCALIZACIÓN	4
MUESTREO ACÚSTICO	7
<b>III. ANTECEDENTES</b>	9
<b>IV. OBJETIVOS</b>	12
GENERAL	12
PARTICULARES	12
<b>V. ÁREA DE ESTUDIO</b>	13
<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	17
1. FASE DE CAMPO	17
OBTENCIÓN DE LAS VOCALIZACIONES	17
REDES DE NIEBLA	18
2. FASE DE GABINETE	18
PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	18
ÍNDICE DE ACTIVIDAD ACÚSTICA (IA)	20
EVENTOS DE CAZA	21
<b>VII. RESULTADOS</b>	22
MONITOREO ACÚSTICO	22
REDES DE NIEBLA Y REFUGIOS	24
CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE LAS ESPECIES	25
EMBALLONURIDAE	25
<i>BALANTIOPTERYX PLICATA</i>	25
<i>SACCOPTERYX BILINEATA</i>	26
NOCTILIONIDAE	27
<i>NOCTILIO LEPORINUS</i>	27
MOORMOPIDAE	28
<i>MORMOOPS MEGALOPHYLLA</i>	28
<i>PTERONOTUS DAVYI</i>	29
<i>PTERONOTUS PARNELLII</i>	30
MOLOSSIDAE	31
<i>CYNOMOPS MEXICANUS</i>	31

<i>MOLOSSUS RUFUS</i>	32
<i>TADARIDA BRASILIENSIS</i>	33
VESPERTILIONIDAE	33
<i>LASIURUS BLOSSEVILLII</i>	33
<i>LASIURUS INTERMEDIUS</i>	34
<i>LASIURUS XANTHINUS</i>	35
EVENTOS DE CAZA	39
ÍNDICE DE ACTIVIDAD ACÚSTICA (IA)	40
<b>VIII. DISCUSIÓN</b>	50
CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE LAS ESPECIES	52
EVENTOS DE CAZA Y ACTIVIDAD DE LOS MURCIÉLAGOS	58
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	62
<b>LITERATURA CITADA</b>	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b> Estructura del llamado del murciélago insectívoro <i>Pteronotus parnellii</i> .	5
<b>Figura 2.</b> Llamados de diferentes familias de murciélagos. <b>A.</b> Vespertilionidae, <b>B.</b> Noctilionidae, <b>C.</b> Mormoopidae.	5
<b>Figura 3.</b> Secuencia de llamados de una especie de murciélago insectívoro, dada en kilohertz y segundos.	6
<b>Figura 4.</b> Fases de forrajeo de un murciélago insectívoro. <b>A.</b> Fase de búsqueda, <b>B.</b> Fase de aproximación, <b>C.</b> Fase de caza.	6
<b>Figura 5.</b> Detector acústico para murciélagos <i>AnaBat<sup>TM</sup>SD1</i> (Titley Electronics, Ballina, New South Wales, Australia).	7
<b>Figura 6.</b> Poligonal del PNH y sitios muestreados.	16
<b>Figura 7</b> Características cuantitativas de los llamados de ecolocalización de <i>Balantiopteryx plicata</i> . Algunas medidas no son visibles (S1 y Fmean) y todas dependen de la forma del llamado. Las abreviaturas se explican en el texto.	20
<b>Figura 8.</b> Archivos totales y útiles grabados por mes en el PNH.	22
<b>Figura 9. A.</b> Secuencia de <i>P. personatus</i> grabada en La Venta, Juchitán Zaragoza (Fuentes-Moreno, 2010).	24
<b>Figura 10.</b> Vocalización de <i>B. plicata</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	26
<b>Figura 11.</b> Vocalización de <i>S. bilineata</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	27
<b>Figura 12.</b> Vocalización de <i>N. leporinus</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	28
<b>Figura 13.</b> Vocalización de <i>M. megalophylla</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	29
<b>Figura 14.</b> Vocalización de <i>P. davyi</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	30

<b>Figura 15.</b> Vocalización de <i>P. parnellii</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	31
<b>Figura 16.</b> Vocalización de <i>C. mexicanus</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	32
<b>Figura 17.</b> Vocalización de <i>M. rufus</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	32
<b>Figura 18.</b> Vocalización de <i>T. brasiliensis</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	33
<b>Figura 19.</b> Vocalización de <i>L. blossevillii</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	34
<b>Figura 20.</b> Vocalización de <i>L. intermedius</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda.	35
<b>Figura 21.</b> Vocalización de <i>L. xanthinus</i> . <b>A.</b> Características cuantitativas; <b>B.</b> Secuencia en la fase de búsqueda de <i>L. xanthinus</i> .	36
<b>Figura 22.</b> Número de eventos de caza registrados por mes en el PNH.	40
<b>Figura 23.</b> Minutos de actividad de especies de la Familia Emballonuridae por sitio.	42
<b>Figura 24.</b> Minutos de actividad de especies de las familias Noctilionidae, Mormoopidae y Molossidae por sitio.	43
<b>Figura 25.</b> Minutos de actividad de especies de las familias Molossidae y Vespertilionidae por sitio.	44
<b>Figura 26.</b> Horarios de actividad de especies de murciélagos registradas por monitoreo acústico en el PNH.	49

## ÍNDICE DE CUADROS

---

<b>Cuadro 1.</b> Puntos de muestreo en el PNH y sus alrededores.	15
<b>Cuadro 2.</b> Especies de murciélagos insectívoros capturadas y grabadas por monitoreo acústico en el PNH. El orden taxonómico de la lista se presenta de acuerdo a Ramírez-Pulido <i>et al.</i> , 2005.	23
<b>Cuadro 3.</b> Especies registradas en cada sitio muestreado en el PNH y sus alrededores.	25
<b>Cuadro 4.</b> Promedios ( $\pm 1$ Desv. Est.) y max y min de las medidas de los llamados de ecolocalización, en fase de búsqueda, de 12 especies de murciélagos, grabados en el PNH. $n$ = número de llamados, $D$ = duración, $F_{max}$ = frecuencia máxima, $F_{min}$ = frecuencia mínima, $F_{mean}$ = frecuencia media, $F_k$ = frecuencia de la rodilla, $T_k$ = tiempo del inicio del llamado a la rodilla, $F_c$ = frecuencia característica, $T_c$ = inclinación del cuerpo, $S_1$ = inclinación inicial, $S_c$ = inclinación característica.	37
<b>Cuadro 5.</b> Número de eventos de caza por especie y por sitio de algunas especies de murciélagos grabadas en el PNH. $n$ = número total de archivos; $n_{caza}$ = número total de eventos de caza. 0= indica que la especie estuvo presente en el sitio, pero no se registraron eventos de caza; $N_p$ = indica que la especie no estuvo presente en el sitio.	39
<b>Cuadro 6.</b> Minutos y porcentajes totales de la actividad (abundancia relativa) de los murciélagos insectívoros del PNH.	41

## RESUMEN

Los murciélagos usan sonidos ultrasónicos para su orientación y detección de presas. De los variados sonidos de ecolocalización que emiten, los de la fase de búsqueda se sabe que son característicos de familias, géneros y especies y son llamados firmas vocales. Las firmas vocales ayudan a identificar especies en vuelo libre. Esto provee un método no invasivo para muestrear comunidades de murciélagos logrado así obtener inventarios más completos, entendiendo las preferencias de hábitat, abundancia relativa y patrones temporales de actividad. Este estudio describe las vocalizaciones de los murciélagos insectívoros no filostómidos del Parque Nacional Huatulco y provee información acerca del forrajeo y la actividad relativa en los sitios de muestreo. El muestreo se llevó a cabo de febrero a julio, septiembre y noviembre 2009. Los datos acústicos fueron registrados usando el AnaBat™ SD1 durante ocho horas por noche. Las características cualitativas y cuantitativas de las vocalizaciones fueron analizadas. El índice de actividad acústica (IA) fue empleado para estimar la actividad y abundancia relativa y se contabilizó el número de eventos de caza. El muestreo acústico fue llevado a cabo durante 27 noches (216 horas). Se obtuvieron 6 785 secuencias en las cuales se identificaron 13 especies pertenecientes a las familias Emballonuridae, Mormoopidae, Noctilionidae, Molossidae y Vespertilionidae. Las vocalizaciones características de los embalonúridos incluyen un componente central de banda angosta y uno o dos cambios en la modulación de la frecuencia. La familia Mormoopidae mostró poca variación en sus llamados, los cuales están hechos de componentes de frecuencia constante, cuasi-constante y modulada. La especie de la familia Noctilionidae exhibió vocalizaciones características de banda ancha y frecuencia modulada. Los pulsos de las vocalizaciones de los Molossidae fueron de baja frecuencia, banda angosta y larga duración con frecuencias y formas de los pulsos altamente variables. No todas las especies potencialmente presentes se pudieron identificar, ya que los registros acústicos de algunas especies que pudieran encontrarse aún no han sido verificadas. Visualmente las vocalizaciones de los Vespertiliónidos presentan una característica frecuencia modulada de banda ancha en forma de “L” y de corta duración. El IA mostró que los embalonúridos fueron relativamente los más abundantes, presentes 439 minutos. Los molósidos fueron los segundos con una presencia de 227 minutos y los vespertiliónidos tuvieron la abundancia relativa más baja. El pico de actividad empezó a la 19:00 pm y finalizó a las 22:00 pm, sin embargo esto varió de acuerdo a las especies y los sitios. Este estudio agregó cuatro especies a las previamente conocidas del Parque. Las bibliotecas acústicas con vocalizaciones verificadas son la base para la formación de un conocimiento sólido de vocalizaciones de microquirópteros. Los murciélagos brindan servicios ecosistémicos críticos, más allá de esto, su contribución a la diversidad de mamíferos en el Neotrópico los hace importantes para mantener los procesos ecológicos naturales, por lo tanto es importante entender la distribución y abundancia de las especies dentro de Parque Nacional Huatulco e incluirlos en los planes de manejo de vida silvestre.

**Palabras clave:** murciélagos insectívoros, Parque Nacional Huatulco, vocalizaciones, muestreo acústico, AnaBat™ SD1.

## ABSTRACT

Bats use ultrasonic sounds for orientation and prey detection. Of the varied echolocation sounds emitted, the search phase echolocation sounds have been found to be characteristic of families, genera and species and referred to as vocal signatures. The vocal signatures help provide a means to identify species of free flying bats. This provides a non-invasive means to sample bat communities contributing to more complete inventories, understand habit preferences, relative abundance and temporal activity patterns. This study describes the calls of the non-phylostomid insectivorous bats known to occur in the Huatulco National Park and provides information on foraging and relative activity at sample sites. Sampling was conducted from February to July, September and November 2009. Acoustic data was recorded using the AnaBat™ SD1 system for eight hours per night. The qualitative and quantitative characteristics of the echolocation calls were analyzed. The acoustic activity index (AI) was used to estimate the activity and relative abundance as well as counting feeding buzzes. Acoustic sampling was conducted for a total of 27 nights (216 hours). Six thousand and seven hundred eighty five call sequences were obtained which identified 13 species belonging to the families Emballonuridae, Mormoopidae, Noctilionidae, Molossidae and Vespertilionidae. Calls characteristic of the emballonurids included a central component of narrowband and one or two sweeps of frequency modulation. Mormoopidae family showed little variation in their calls, which are made of constant frequency, quasi-constant and modulated component. Calls of the species of the Mormoopidae were consistent within the species detected with a range of diagnostic constant frequency and quasi-constant and modulated components. Species of the Noctilionidae exhibited the characteristic frequency modulated broadband calls. Call pulses of the Molossidae were low frequency, narrowband and long duration with highly variable frequencies and pulse shapes. Not all potential species were able to be identified, as recordings of some species that may occur in the study area have yet to be verified. Visually the calls of the species of vespertilionids had a characteristic broadband frequency modulated “L” shape and of short duration. The AI showed that emballonurids were relatively the most abundant present for approximately 439 minutes. Species of molossids followed with a presence of 227 minutes and the vespertilionids had the lowest relative abundance. Peak activity began at 19:00 pm and ending at 22:00 hrs, however this varied according to species and sites. This study added four species to those previously known to occur in the park. Acoustic Libraries with verified calls support the formation of a solid knowledge of microchiroptera calls. Bats provide critical ecosystem services further their contribution to mammalian diversity in the Neotropics make them important for maintaining natural ecological processes, therefore it is important to understand the distribution and abundance of the species within the Huatulco National Park and to include it in the wildlife management plans.

**Key words:** insectivorous bats, Huatulco National Park, calls, acoustic sampling, AnaBat™ SD1.

## INTRODUCCIÓN

---

A lo largo de la historia de la Tierra han ocurrido grandes períodos de extinción causados por fenómenos naturales como el impacto de meteoritos o erupciones volcánicas que provocaron la desaparición de varias especies (Wilson, 1988).

En la actualidad, el planeta enfrenta un nuevo período de extinciones de magnitud similar a los eventos pasados, pero en esta ocasión la razón es el cambio acelerado en el uso de suelo que se está llevando a cabo por las actividades antropogénicas (tala inmoderada, agricultura, ganadería, construcción de grandes ciudades y sobrepoblación, entre otras), por lo que poblaciones de especies silvestres disminuyen, desaparecen o se desplazan hacia otros sitios provocando un desequilibrio en la dinámica del ecosistema (Wilson, 1988).

Una de las estrategias de conservación que se ha implementado en el mundo y en México es la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP's), que son zonas en las que el ambiente original no ha sido totalmente alterado por el humano o que requieren ser preservadas y restauradas por su importancia de endemismos, diversidad biológica y cultural (Gobierno Federal, 2002).

Las ANP's cumplen con los objetivos principales de salvaguardar la diversidad genética de especies silvestres terrestres y acuáticas de las que depende la continuidad evolutiva de los ecosistemas, asegurar la preservación y aprovechamiento sustentable de la biodiversidad (en particular especies en peligro de extinción, amenazadas, endémicas y raras) y favorecer un campo propicio para la investigación científica y el estudio de los ecosistemas y su equilibrio (Gobierno Federal, 2002). Sin embargo para poder cumplir estos objetivos es importante y necesario conocer las especies que se distribuyen en las ANP's, cómo se mueven dentro del hábitat disponible y la manera en que ocupan sus recursos, ya que de esta forma se contará con la información necesaria para crear programas de

manejo adecuados que favorezcan la conservación y el uso racional de los recursos naturales dentro y fuera de ellas.

Entre los grupos que han sido frecuentemente estudiados dentro de las ANP's se encuentran los murciélagos, Orden Chiroptera (Íñiguez, 1993; Medellín, 1993; Medellín *et al.*, 2000; Chávez y Ceballos, 2001 y Hernández-Mijangos *et al.*, 2008), que por ser un grupo diverso y el más abundante dentro de los mamíferos (Kunz y Pierson, 1994) son relativamente fáciles y baratos de estudiar, además la información generada acerca de su presencia o ausencia indica las características y la calidad del ambiente (Fenton *et al.*, 1992; Galindo-González, 2004).

El Orden Chiroptera está dividido en dos subordenes: Megachiroptera, que se restringe en el Viejo Mundo y se compone de una sola familia, la Pteropodidae y Microchiroptera que se distribuye en todo el mundo excepto en islas oceánicas y regiones polares (Vaughan, 1988; Kunz y Pierson, 1994). Dentro de los microquirópteros existen 16 familias, 135 géneros y 759 especies (Simmons, 2005), los miembros de este grupo ocupan la mayoría de los hábitats terrestres y explotan una gran variedad de alimentos, entre los que destacan como el grupo más diverso, los que se alimentan de insectos (Hutson *et al.*, 2001).

En México se han registrado ocho familias de microquirópteros con 137 especies, de las cuales el 66% (91 especies) son insectívoras y están incluidas en las familias Emballonuridae, Mormoopidae, Molossidae, Thyropteridae, Natalidae y Vespertilionidae, insectívoras en su totalidad, y Phyllostomidae que además incluye otros gremios tróficos como nectarívoros, hematófagos, frugívoros y carnívoros (Ramírez-Pulido, *et al.*, 2005). Los miembros de estas familias y los de la familia Noctilionidae (que se alimentan de peces) emiten sonidos de alta frecuencia no audibles para el oído humano. Estos ultrasonidos son empleados en la ecolocalización, carácter distintivo de los microquirópteros (Kunz y Pierson, 1994).

Para la mayoría de los filostómidos, esta cualidad se encuentra menos desarrollada ya que al alimentarse de fruta, néctar, polen y sangre no necesitan emplear una búsqueda y captura más puntualizada para encontrarlo, por lo que emiten sonidos de más baja frecuencia e intensidad (Kunz y Pierson, 1994).

En los últimos años la ecolocalización, ha sido estudiada por medio del muestreo acústico que es un método mediante el cual son grabados los sonidos ultrasónicos a través de un dispositivo especial para murciélagos (Fenton, 1988; Kunz *et al.*, 1996).

El muestreo acústico, por medio de las características particulares de los sonidos ultrasónicos de cada especie, permite identificar a los murciélagos más difíciles de capturar (insectívoros), lo cual contribuye a la elaboración de inventarios más completos, ayuda a comprender la conducta de forrajeo de los murciélagos, así como sus preferencias de hábitat, razón por la cual es primordial la descripción y el entendimiento de dichas vocalizaciones.

El presente estudio describe los llamados de ecolocalización de los quirópteros del Parque Nacional Huatulco (PNH), y proporciona información sobre los sitios de preferencia y de mayor actividad de dichos organismos.

Con base en esto se podrán ubicar los sitios de mayor interés biológico, se confirmará la importancia de dicha ANP como reservorio de especies y los resultados podrán, en el futuro apoyar en la toma de decisiones para los diferentes programas de conservación de los recursos naturales y de la fauna silvestre presentes en el lugar.

## II. MARCO TEÓRICO

---

### Eclocalización

La ecolocalización en los animales es un sistema emisor de sonidos de frecuencias altas (en su mayoría ultrasónicas), que por medio de la recepción de sus ecos permite caracterizar y localizar objetos. Esta adaptación se encuentra bien desarrollada en los murciélagos microquirópteros y los delfines y menos sofisticada en algunas aves como el guacharo del Perú, *Steatornis caripensis* (Familia Steatornithidae; Dourojeanni y Tovar, 1971-1974; Schnitzler y Kalko, 2001).

En los microquirópteros, la ecolocalización se lleva a cabo por una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas que permiten al murciélago emitir pulsaciones de más de 20,000 Hz, por medio de la contracción de los músculos de la laringe. El sonido viaja aproximadamente unos 340 m por segundo, así calculando el tiempo transcurrido entre la emisión del sonido y su regreso, el murciélago, deduce la distancia que hay entre él y los objetos o presas (Wilson, 2002).

Los murciélagos utilizan la ecolocalización para orientarse en el espacio o dicho de otra manera, para determinar la posición relativa que ocupan en el ambiente. Otro uso que le dan, principalmente los murciélagos insectívoros y carnívoros, es el de detectar, identificar y localizar a su presa (Simmons *et al.*, 1979; Schnitzler y Kalko, 2001).

A cada uno de los sonidos emitidos en la ecolocalización se les denomina llamado, el cual es una vocalización (o pulso vocal) simple y continuo que se separa del resto de los llamados por medio del silencio. El llamado se compone de tres partes de donde se obtienen sus principales características que permiten identificar a las especies: la extensión inicial, el cuerpo (parte media) y la extensión final (Fig. 1).

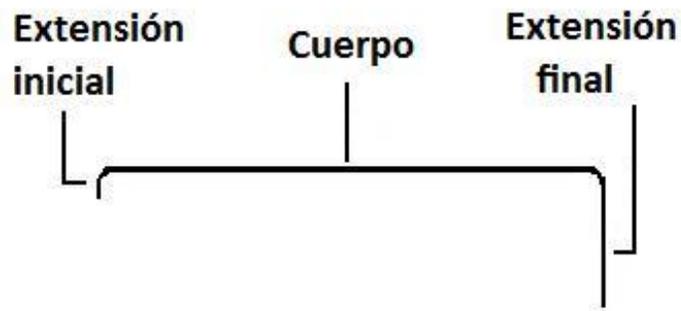


Figura 1. Estructura del llamado del murciélago insectívoro *Pteronotus parnellii*.

Estos llamados tienen patrones diferentes para cada familia y dentro de ellas para cada especie, incluso pueden variar entre poblaciones de la misma especie (Fig. 2; Barclay *et al.*, 1999; O'Farrell *et al.*, 2000). Más de dos llamados juntos o una serie continua de ellos forman una secuencia (Fig. 3; O'Farrell y Miller, 1999; Gannon *et al.*, 2004).

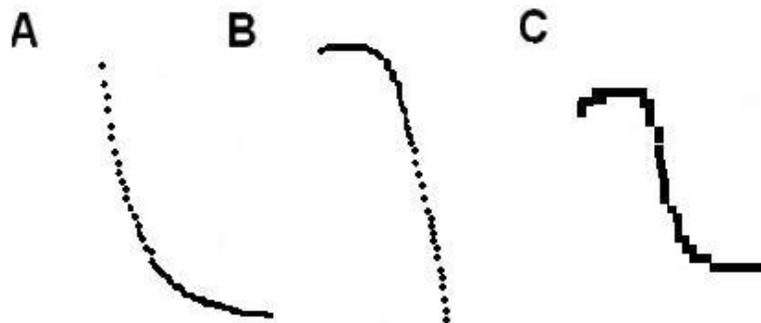


Figura 2. Llamados de diferentes familias de murciélagos. **A.** Vespertilionidae, **B.** Noctilionidae, **C.** Mormoopidae.

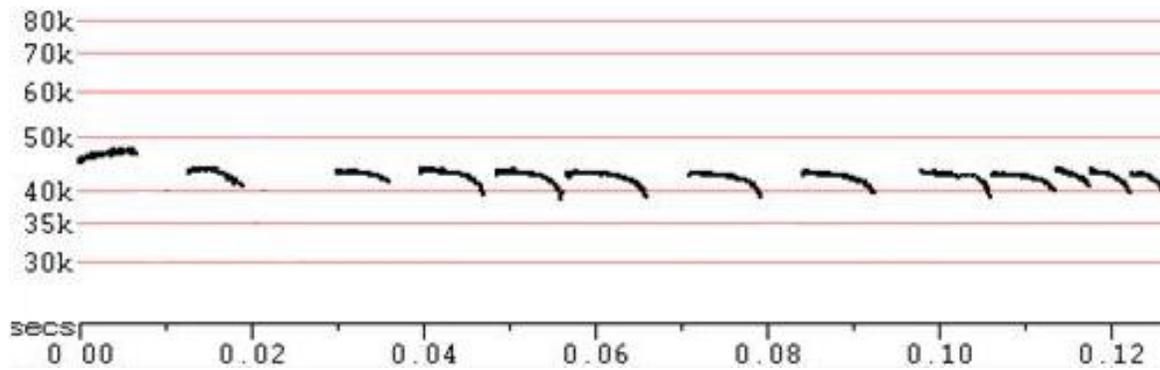


Figura 3. Secuencia de llamados de una especie de murciélago insectívoro, dada en kilohertz y segundos.

Dentro del proceso de ecolocalización, el murciélago tiene que llevar a cabo varias etapas que le permitirán obtener a su presa durante el forrajeo, éstas son:

**Fase de búsqueda:** el murciélago apenas emite algunos llamados que le sirven para reconocer y ubicarse en el sitio o bien para localizar a sus presas. Los pulsos son de larga duración y tienen un índice de repetición bajo.

**Fase de aproximación:** el murciélago ha localizado una posible presa, por lo tanto la duración de los llamados decrece y el índice de repetición incrementa progresivamente en comparación con la fase de búsqueda.

**Fase de caza:** el murciélago se ha acercado lo suficiente a su presa y está listo para capturarla. La duración de los llamados es mínima y el índice de repetición incrementa considerablemente (Fig. 4).

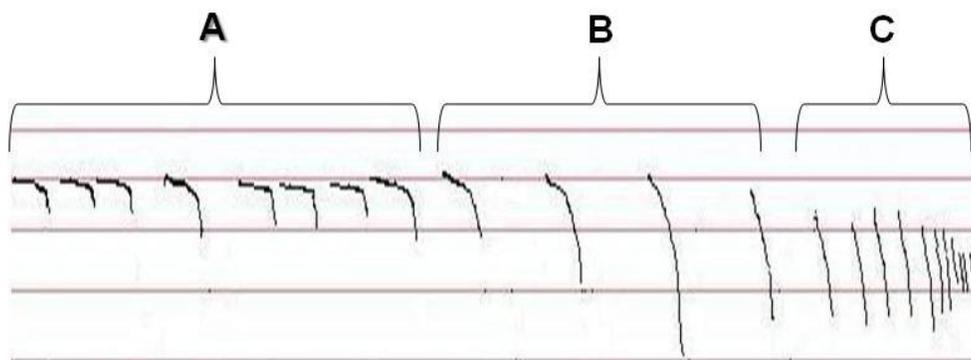


Figura 4. Fases de forrajeo de un murciélago insectívoro. **A.** Fase de búsqueda, **B.** Fase de aproximación, **C.** Fase de caza.

## Muestreo acústico

El muestreo acústico es un método que se ha empleado para obtener datos de presencia, abundancia o actividad de microquirópteros, utilizando un detector especial para murciélagos (Rydell, 1999; Swystun *et al.*, 2001; Fig. 5).



Figura 5. Detector acústico para murciélagos *AnaBat™SD1* (Titley Electronics, Ballina, New South Wales, Australia).

En los últimos años este método ha brindado datos importantes sobre la presencia de especies de murciélagos insectívoros, caracterizados por tener vuelos elevados y que debido a su habilidad para esquivar obstáculos, su estudio a través de los métodos convencionales como son redes de niebla y trampas arpa, resultan ser ineficientes (Rydell *et al.*, 2002).

Otra de las ventajas del muestreo acústico es el tamaño del área de estudio, que puede ser tan extensa como uno lo desee, en dependencia de la distancia recorrida. En cambio, al utilizar la técnica tradicional de redes de niebla el área comprendida es relativamente pequeña si se compara con el área ocupada por los murciélagos, esto depende del tamaño y el número de redes, además de que se requiere de una constante revisión. Cuando el equipo y el personal son insuficientes resulta imposible abarcar un área de mayor tamaño y se genera una mayor inversión en tiempo, dinero y esfuerzo (O'Farrell y Gannon, 1999).

El muestreo acústico puede llevarse a cabo de dos maneras diferentes de acuerdo a los objetivos del estudio, la primera es la forma pasiva en donde la

presencia del investigador no es necesaria ya que el detector acústico se coloca en lugares estratégicos y se programa para que grabe los llamados de ecolocalización mientras estos son almacenados como archivos diferentes en una memoria digital que permite guardar varios meses de información.

La otra forma es la activa, donde las vocalizaciones son vistas en el tiempo real en una computadora, realizando inmediatamente la identificación de las especies. Aquí, la presencia del investigador es indispensable ya que en ese momento se decide qué archivos serán almacenados y cuáles no, además de que el detector acústico es dirigido hacia el murciélago con el objetivo de obtener un mayor número de grabaciones y de mejor calidad (Britzke, 2004).

De esta manera, junto con el uso de redes de niebla y trampas arpa, el muestreo acústico complementa el estudio de los murciélagos, genera información de presencia, actividad, datos ecológicos y requiere de un esfuerzo menor para su uso.

### III. ANTECEDENTES

---

El muestreo acústico aplicado al estudio de los murciélagos es una técnica que se ha venido empleando desde hace al menos tres décadas. La variedad de estudios realizados presentan datos que están enfocados en la identificación de especies, la descripción de los llamados, a ampliar listados taxonómicos y la distribución de las especies, así como a evaluar la conducta y la actividad de forrajeo (MacSwiney *et al.*, 2009).

En las zonas neárticas la descripción de las vocalizaciones ha sido realizada para la mayoría de las especies, lo que ha permitido que se lleven a cabo otros estudios relacionados (Broders, 2003; Fenton y Bell, 1979; Fenton y Merriam, 1983; Gannon *et al.*, 2001; O'Farrell y Gannon, 1999; O'Farrell *et al.*, 1999).

Sin embargo, en los trópicos la gran diversidad de especies dificulta la identificación y descripción de las vocalizaciones, por lo que es imposible realizar otros estudios, otra limitante es que los trabajos sobre este tema están restringidos a algunos países (e.g. Belice, Costa Rica, Argentina, Venezuela y Panamá) y dentro de ellos a unas cuantas localidades (Ibáñez *et al.*, 1999; Kalcounis-Rüppell *et al.*, 2003; Ochoa *et al.*, 2000; O'Farrell y Miller, 1997; O'Farrell y Miller, 1999).

En México los trabajos que se han realizado usando el monitoreo acústico comenzaron hace algunos años y han tenido como objetivos principales la identificación de especies con el fin de ampliar los listados taxonómicos de determinados sitios, comparar este método contra los muestreos convencionales y evaluar su efectividad en las áreas tropicales del país (García-García *et al.*, 2009; MacSwiney *et al.*, 2006; MacSwiney *et al.*, 2008).

Rydell *et al.* (2002) en Yucatán, México, utilizaron el detector acústico Petterson D960 y D980 (Pettersons Elektronik, Uppsals, Sweden) para grabar las vocalizaciones de 10 especies de murciélagos y formar una biblioteca acústica para el estado. En este trabajo, no se incluyeron las grabaciones de los miembros

de la familia Molossidae debido a que presentan llamados de ecolocalización altamente variables.

Ibáñez *et al.* (2002) realizaron el monitoreo de tres especies de murciélagos en dos estados del país y uno fuera de éste: *Balantiopteryx plicata* grabada en Michoacán y Colima, *B. io* en Tabasco y *B. infusca* en Ecuador; hicieron una comparación entre los tamaños del cuerpo, el lugar donde prefieren forrajear y su ecolocalización.

Otro de los trabajos realizado en nuestro país es el de Rascón *et al.* (2008) quienes grabaron 13 especies de murciélagos en Durango, con el objetivo de crear un catálogo de sonidos que sea utilizado como herramienta de identificación en estudios realizados en las regiones templadas del estado. Este trabajo es de gran importancia por ser uno de los primeros catálogos de sonidos creados para nuestro país.

Otros estudios acústicos han tratado de relacionar los llamados de ecolocalización con la ecología de los murciélagos, estandarizando medidas que proporcionan una idea más puntual sobre la actividad de los organismos o su abundancia relativa (Miller, 2001).

Esta información también ha servido para comparar la actividad entre especies y sitios, o bien arroja información más detallada acerca de los lugares exactos donde existe una mayor riqueza de especies de murciélagos (Estrada *et al.*, 2004; MacSwiney *et al.*, 2009; Miller, 2001; Broders, 2003).

Fuentes-Moreno *et al.* (2008) estudiaron a los murciélagos de la familia Mormoopidae en un ambiente tropical fragmentado de Oaxaca. En este estudio se demuestra que el monitoreo acústico puede ser empleado como una herramienta que además de proporcionar información sobre la presencia de las especies, brinda datos que pueden ser utilizados para estudios ecológicos como horarios de actividad y uso de hábitat.

Estrada *et al.* (2004) emplearon el monitoreo acústico como una herramienta para conocer la actividad de los murciélagos insectívoros en una zona con fragmentos aislados de selva de la región de los Tuxtlas, Veracruz. Se encontró una mayor tasa de actividad entre asentamientos humanos y

fragmentos de selva. Pese a la relevancia del estudio no se reportan las especies que fueron grabadas.

## IV. OBJETIVOS

---

### **Objetivo General**

- Caracterizar los llamados de ecolocalización de los murciélagos insectívoros del Parque Nacional Huatulco (PNH), Oaxaca, México.

### **Objetivos Particulares**

- Describir las características acústicas cualitativas y cuantitativas de los llamados de los murciélagos insectívoros del PNH, Oaxaca.
- Estimar la actividad (abundancia relativa) por especie y por sitio de los murciélagos insectívoros del PNH, Oaxaca.
- Cuantificar el número de eventos de caza por especie y por sitio de los murciélagos insectívoros del PNH, Oaxaca.

## V. ÁREA DE ESTUDIO

---

Una modalidad de ANP son los parques nacionales que se definen como representaciones biogeográficas con uno o más ecosistemas que se distinguen por la presencia de flora y fauna nativos del lugar, por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, histórico y por su capacidad para el desarrollo de turismo (Gobierno Federal, 2002). El PNH fue decretado el 24 de julio de 1998 al ser propuesto por autoridades municipales, estatales, comunales, sociedad civil, organizaciones no gubernamentales, instituciones académicas y federales.

El PNH pertenece a la subprovincia fisiográfica Planicie Costera del Pacífico (Ortiz *et al.*, 2004) y a la provincia florística Planicie Costera (Rzedowski, 1978) en la costa del Pacífico en el sur del estado de Oaxaca. Se ubica dentro del municipio de Santa María Huatulco entre las coordenadas 15°39'12" y 15°47'10" de latitud Norte y 96°06'30" y 96°15'00" de longitud Oeste.

Las colindancias del parque son, al norte con los terrenos comunales de Santa María Huatulco; al sur el Océano Pacífico (de punta Sacrificios a punta Violín y dos millas mar adentro); al este la zona urbana de La Crucecita y la cuenca baja del arroyo Cacaluta; y al oeste la cuenca del arroyo Xúchilt.

Se compone de dos ecosistemas principales: el marino (arrecifes coralinos, algas y pastos marinos) y el terrestre. Ambos ecosistemas abarcan una superficie de 11 890.98 ha de las cuales 6 374.98 son terrestres y 5 516 pertenecen a la zona marina (Fig. 6; CONANP, 2003).

Su geomorfología está definida por las estribaciones de la Sierra Madre del Sur que forman las bahías, cerros, lomeríos suaves, dunas, acantilados, islas, farallones y escarpes rocosos que caracterizan el Pacífico en Oaxaca, por lo tanto las elevaciones van de cero a poco más de 200 msnm.

El tipo de clima que prevalece es cálido subhúmedo con lluvias en verano (de junio a octubre) y con una marcada temporada de secas (de noviembre a abril). La temperatura media anual es de 28° (García, 1973).

El tipo de vegetación predominante en el área es la selva baja caducifolia (con 320 especies; Castillo-Campos *et al.*, 1997.) que se caracteriza por tener especies arborescentes de entre 5 y 15 metros que pierden las hojas en su totalidad en la época seca del año. Los troncos de los árboles son retorcidos con aproximadamente 50 centímetros de diámetro, ramificados cerca de la base y con cortezas de colores llamativos y superficies brillantes, mientras que las copas son muy extendidas y poco densas (Rzedowski, 1978).

No obstante, debido a las características físicas que prevalecen en el área los tipos de vegetación forman un gradiente que va desde las costas hasta las cimas de las sierras bajas y lomeríos donde se distribuyen otros ocho tipos de vegetación: dunas costeras, vegetación riparia, vegetación secundaria, selva baja caducifolia de dunas costeras, manzanillar, sabana, manglar, humedales y algunos árboles característicos de la selva mediana subcaducifolia con alturas de los 18 a 25 m (Castillo-Campos *et al.*, 1997).

Debido a las características físicas y biológicas con las que cuenta el parque diversas organizaciones lo han incluido en sus listas como sitio importante para la conservación. La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) identificó esta zona como una de las regiones terrestres prioritarias (Región Sierra Sur y Costa de Oaxaca; Arriaga *et al.*, 2000). La Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) ha declarado a las selvas bajas caducifolias como uno de los ecosistemas prioritarios (CONANP, 2003). Finalmente la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Convención RAMSAR) en el 2003 incluyó en su lista de protección a las cuencas y corales de Huatulco (The Ramsar Convention on Wetlands, 2009).

Los sitios muestreados fueron siete, dentro y alrededor del PNH (Cuadro 1; Fig. 6). A excepción del muelle Chahué, todos los lugares contaban con vegetación densa. El primero se encuentra en el área urbana, sobre un cuerpo de

agua de lluvia utilizada en el embarcadero. El Parque Ecológico Rufino Tamayo también se localiza en el área urbana; sin embargo, cuenta con vegetación nativa del lugar y por su poca iluminación nocturna es un sitio importante para el forrajeo de diversas especies de murciélagos.

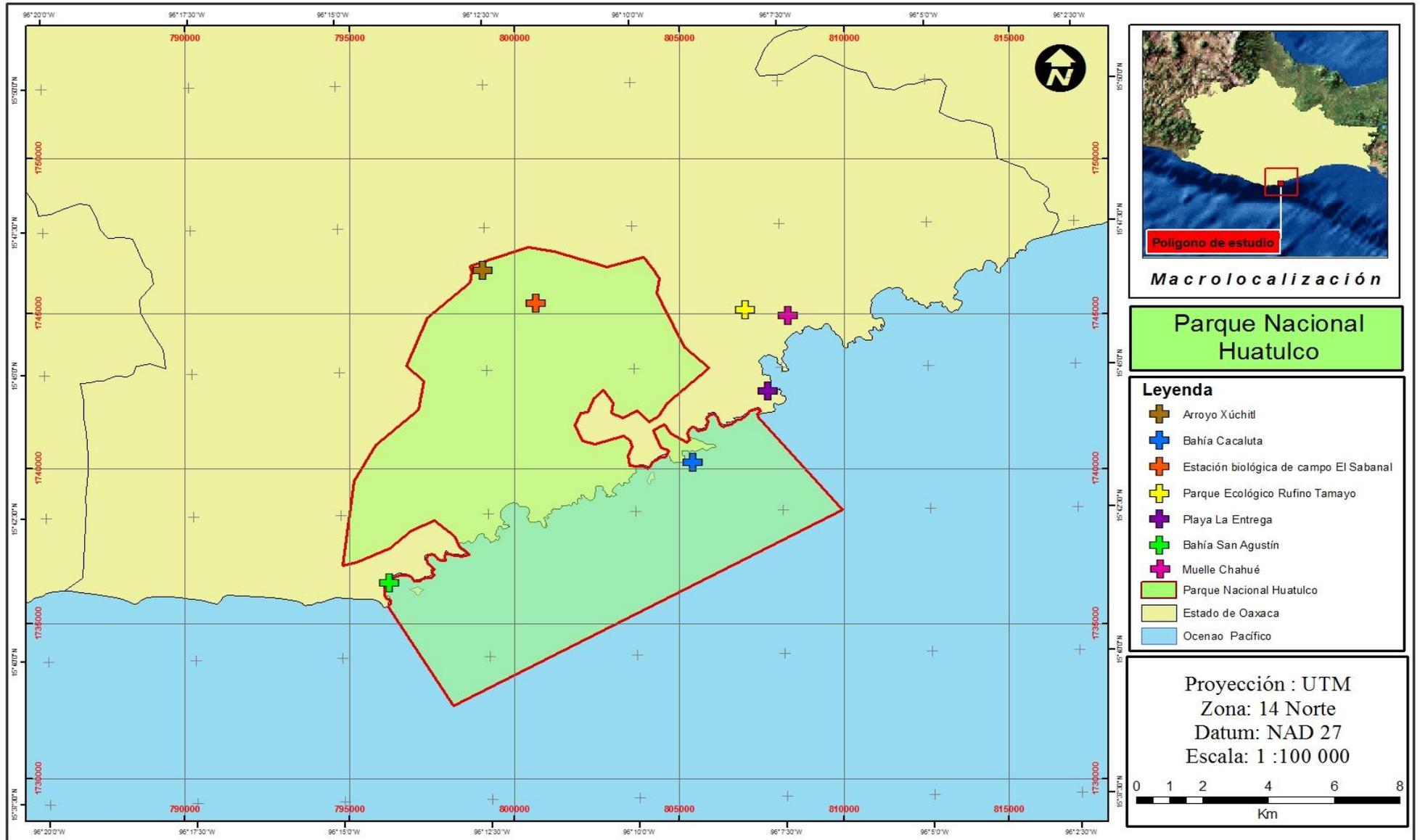
Con respecto a las bahías, ambas cuentan con estero, playa y espacio abierto. En bahía San Agustín también se encontraron pequeños parches de manglar muy perturbados. Finalmente en arroyo Xúchitl y la Estación Biológica de Campo El Sabanal, además de contar con vegetación abundante tenían cuerpos de agua naturales (permanentes y estacionales).

Durante el día se visitaron diferentes refugios: un túnel sobre la carretera hacia El Sabanal, una cueva y una palapa en playa La Entrega y dos construcciones, una abandonada en bahía Cacaluta y una en uso en la Estación Biológica de Campo El Sabanal.

**Cuadro 1. Puntos de muestreo en el PNH y sus alrededores.**

<b>Localidad</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Altitud</b>
arroyo Xúchitl	15°46'45" N, 96°12'32" O	113 m
bahía Cacaluta	15°43'21.42" N, 96°9.52'01" O	10 m
playa La Entrega	15°44'35.51" N, 96°7'43.68" O	45 m
bahía San Agustín	15°41'27" N, 96°14'23" O	10 m
Estación Biológica de Campo El Sabanal	15°46'10.61" N, 96°11'38.64" O	108 m
Parque Ecológico Rufino Tamayo	15°46'0.50" N, 96°8'5.27" O	75 m
muelle Chahué	15°45'53.62" N, 96°7'22.16" O	62 m

Figura 6. Poligonal del PNH y sitios muestreados.



## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

---

Durante los meses de febrero a julio, septiembre y noviembre de 2009 se llevaron a cabo salidas a campo de tres a cuatro noches de duración al PNH y sus alrededores. El trabajo de campo fue realizado los días sin luna y sin lluvia, esto con la finalidad de maximizar el éxito de muestreo (Morrison, 1978; Estrada *et al.*, 2004). Durante todo el estudio cada uno de los sitios fue visitado al menos dos noches.

Los métodos para la colecta de datos incluyeron el *AnaBat*<sup>TM</sup>*SD1* y redes de niebla, ambos colocados en corredores de vegetación, lugares con vegetación densa, cuerpos de agua, cuevas y refugios (Kunz y Kurta, 1988; Cervantes *et al.*, 2002).

### I. Fase de Campo

#### Obtención de las vocalizaciones

Se empleó el detector acústico para murciélagos *AnaBat*<sup>TM</sup>*SD1* de banda ancha (entre 20-200 kHz; Titley Electronics, Ballina, New South Wales, Australia), ajustado a una sensibilidad de cinco, la cual varió de acuerdo a las especies, las condiciones ambientales (humedad, viento, ruido, lluvia, etc.) y los sitios de monitoreo (Titley Electronics, 2006).

El *AnaBat*<sup>TM</sup>*SD1* estuvo activo desde el atardecer (18:00 h) hasta la madrugada (02:00 h), su uso fue una combinación entre el monitoreo pasivo y el activo (Britzke, 2003). La forma activa se empleó en las primeras horas de la noche, que son las de mayor actividad de los murciélagos; entonces se dirigió el detector hacia donde se observaban volando los organismos y se les siguió hasta donde fue posible con la finalidad de obtener la mayor cantidad y mejor calidad en las grabaciones (Britzke, 2003).

El método pasivo fue empleado en las últimas horas de la noche, cuando la actividad de los murciélagos disminuye (Kunz y Pierson, 1994). El *AnaBat*<sup>TM</sup>*SD1*

fue colocado en una base a 30 cm del suelo y con el micrófono en posición vertical. Todas las vocalizaciones fueron almacenadas en una memoria marca Kingston® CF/4GB-S para su análisis posterior.

### **Redes de niebla**

En los sitios donde se realizó el muestreo acústico se colocaron dos redes de niebla de 6 y 12 m de largo x 2.5 m de ancho y 30 mm de abertura de malla, las cuales estuvieron abiertas en el mismo horario en que se utilizó el *AnaBat™SD1*. Las redes fueron colocadas a ras del suelo alcanzando una altura de 3 m, aunque en ocasiones se utilizó el sistema de redes de dosel que al sujetarse a ramas altas de árboles semeja un sistema de poleas que permite que la red alcance alturas mayores (Kunz y Kurta, 1988).

Las redes se revisaron cada media hora. Los murciélagos insectívoros capturados se colocaron en bolsas de manta (Gannon *et al.*, 2007) para posteriormente ser determinados hasta el nivel específico con guías especializadas (Medellín *et al.*, 1997; Roots y Baker, 2007).

En la mañana siguiente, los ejemplares fueron liberados con el fin de obtener grabaciones directas de sus vocalizaciones (O'Farrell y Miller, 1999).

## **II. Fase de gabinete**

### **Procesamiento de los datos**

Los datos obtenidos y almacenados en la memoria del *AnaBat™SD1* fueron extraídos y guardados en una computadora laptop mediante el programa *CF read*. La visualización y manipulación de los datos se realizó con el programa *AnalookW®* versión 3.7w.

Las secuencias o espectrogramas analizados se compararon con los publicados en artículos científicos y bibliotecas acústicas (e.g. O'Farrell, 1997; O'Farrell y Miller, 1997; Ibáñez *et al.*, 1999; O'Farrell *et al.*, 1999; O'Farrell y Miller, 1999; Ochoa *et al.*, 2000; Ibáñez *et al.*, 2002; MacSwiney, *et al.*, 2009; <http://www.msb.unm.edu/mammals/batcall/>) estos últimos fueron empleados como

material de referencia para obtener las características cualitativas de los llamados (forma, frecuencia constante, frecuencia modulada, frecuencia cuasi constante) que se describen a continuación.

La frecuencia constante (FC) es la emitida en una banda de Hz angosta y en un tono fijo en el cual permanece durante un tiempo, mientras que la frecuencia modulada (FM) abarca varios Hz y no se mantiene estable sino que cambia abruptamente ya sea a una frecuencia mayor o menor. Otra modalidad de FC es la frecuencia cuasi constante (FCC) donde la frecuencia cambia sólo unos pocos Hz entre el inicio y el final del componente, generalmente es inconspicua (Schnitzler y Kalko, 2001; Jennings *et al.*, 2004).

Las medidas cuantitativas empleadas son las siguientes (Fig. 7):

- Inclinación inicial (S1): inclinación en los primeros puntos del llamado
- Inclinación característica (Sc): es la inclinación de la parte más plana del llamado, desde el punto donde empieza la parte plana hasta la frecuencia característica.
- Frecuencia máxima ( $F_{max}$ ): es la frecuencia (en kHz) más alta del llamado.
- Frecuencia mínima ( $F_{min}$ ): es la frecuencia (en kHz) más baja del llamado.
- Frecuencia media ( $F_{mean}$ ): es la frecuencia (en kHz) dividida entre la duración total del llamado, no es un promedio.
- Frecuencia característica (Fc): es la frecuencia al final de la parte más plana del llamado.
- Frecuencia de la rodilla (Fk): es el punto donde la inclinación cambia abruptamente.
- Duración (Dur): la duración total del llamado (en milisegundos).
- Inclinación del cuerpo (Tc): tiempo del inicio del llamado a la frecuencia característica.
- Tiempo del inicio del llamado a la rodilla (Tk): el tiempo del inicio del llamado a la frecuencia de la rodilla.

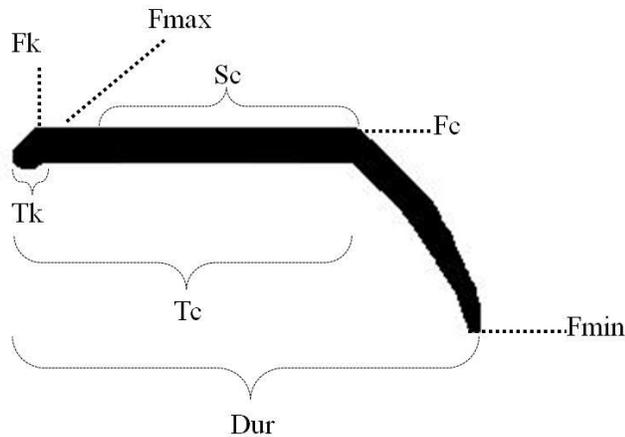


Figura 7. Características cuantitativas de los llamados de ecolocalización de *Balantiopteryx plicata*. Algunas medidas no son visibles (S1 y Fmean) y todas dependen de la forma del llamado. Las abreviaturas se explican en el texto.

### Índice de actividad acústica

La actividad de los murciélagos insectívoros del PNH fue obtenida mediante el índice de actividad acústica (IA). Este método se basa en el supuesto de que cada organismo registrado en un cierto período de tiempo es un individuo activo diferente, por lo que con este índice, además de obtener la actividad de los murciélagos es posible inferir la abundancia relativa (Miller, 2001).

Para obtener el IA los minutos totales de grabación se agrupan en bloques de tiempo estandarizados, en cada uno de ellos se registran las especies presentes, sin importar el número de veces que éstas aparezcan. Posteriormente se realiza el conteo de bloques en que se presentaron dichas especies y el resultado se divide entre los minutos muestreados.

Para su cálculo, todas las secuencias fueron previamente identificadas y rotuladas con los datos de localidad, fecha y hora de grabación. Posteriormente los datos fueron extraídos en una hoja de cálculo en el programa Microsoft Excel®, en donde cada especie fue registrada como presente (P) en bloques estandarizados de un minuto, sin tomar en cuenta el número de llamados emitidos

en un mismo archivo o el número de secuencias dentro del mismo periodo de tiempo (Miller, 2001).

Finalmente se sumó el número de bloques en donde las especies (n) fueron detectadas como presente (P) y fue dividido para su estandarización, entre la unidad de esfuerzo de muestreo (480 minutos promedio; modificado de Miller, 2001).

$$IA = \sum_1^n P / 480$$

### **Eventos de caza**

Una manera de conocer el tipo de actividad que realizan los murciélagos insectívoros es mediante sus diferentes vocalizaciones, en este caso, la fase de búsqueda nos indica la conducta de forrajeo. En cambio las fases de aproximación y de caza nos indican que en ese momento el individuo se está alimentando (Simmons *et al.*, 1979). Con esto también es posible inferir acerca de los sitios en donde se lleva a cabo esta actividad.

La medición de los eventos de caza se realizó contabilizando el número de veces que se presentó esta fase en los espectrogramas. Este método se basa en el supuesto de que cada evento es independiente y significa la captura de una presa. El resultado es expresado en número de eventos por especie (MacSwiney *et al.*, 2009).

## VII. RESULTADOS

---

Las salidas al campo, que se llevaron a cabo en los meses de febrero a julio, septiembre y noviembre de 2009, tuvieron un total de 27 noches y 216 horas (12 960 minutos) de esfuerzo de muestreo.

### Monitoreo acústico

Se obtuvieron en total 6 785 secuencias, cada una de las cuales fue analizada y clasificada de acuerdo al mes al que pertenecía. Se pudo observar que el mes que obtuvo el mayor número de archivos fue noviembre con 1393 y el que presentó menos fue febrero con 394. Sin embargo solamente 3 691 archivos fueron útiles para poder identificar y caracterizar a las especies, el resto se eliminaron por tener vocalizaciones fragmentadas o por contener demasiado ruido o sonidos de insectos. El mes que registró el mayor número de secuencias útiles fue septiembre con 767 y el menor fue febrero con 174 (Fig. 8).

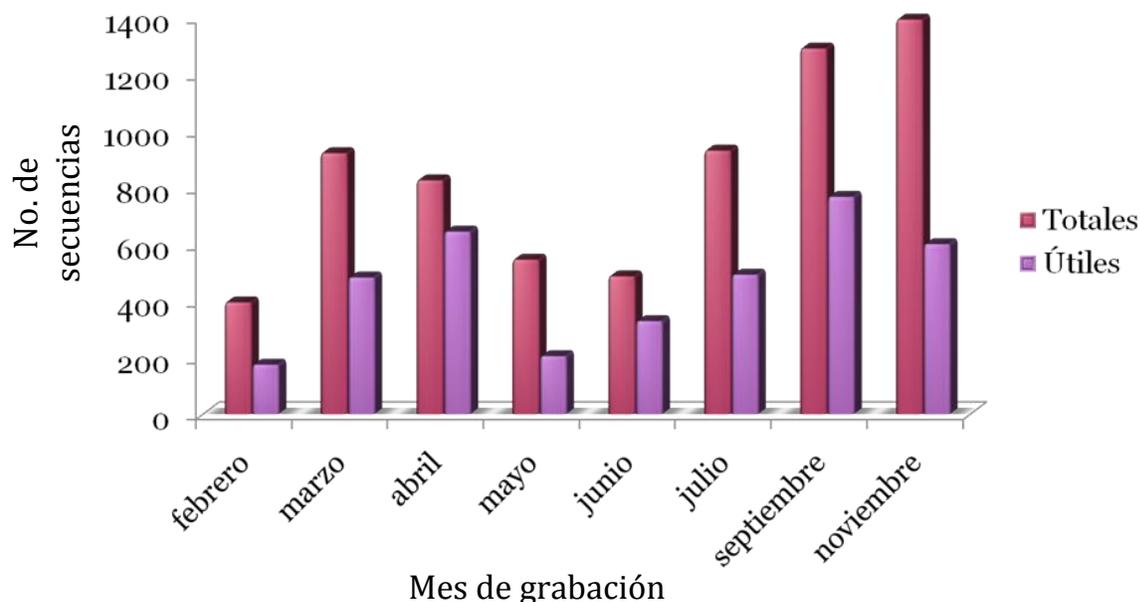


Figura 8. Archivos totales y útiles grabados por mes en el PNH.

Con los espectrogramas obtenidos se lograron identificar, por medio de las características cualitativas y cuantitativas a 13 especies pertenecientes a cuatro familias: Emballonuridae, Mormoopidae, Molossidae, Vespertilionidae (y la única familia piscívora, de la cual fue posible obtener llamados de ecolocalización, Noctilionidae (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Especies de murciélagos insectívoros capturadas y grabadas por monitoreo acústico en el PNH. El orden taxonómico de la lista se presenta de acuerdo a Ramírez-Pulido *et al.*, 2005.**

<b>Familia/Especies</b>	<b>Redes</b>	<b>Refugios</b>	<b>Grabadas</b>
<b>Familia Emballonuridae</b>			
<i>Balantiopteryx plicata</i>		X	X
<i>Saccopteryx bilineata</i>			X
<b>Familia Noctilionidae</b>			
<i>Noctilio leporinus</i>	X		X
<b>Familia Mormoopidae</b>			
<i>Pteronotus davyi</i>			X
<i>Pteronotus parnellii</i>			X
<i>Pteronotus personatus*</i>			X
<i>Mormoops megalophylla</i>	X		X
<b>Familia Molossidae</b>			
<i>Cynomops mexicanus</i>			X
<i>Tadarida brasiliensis</i>			X
<i>Molossus rufus</i>	X		X
<b>Familia Vespertilionidae</b>			
<i>Rhogeessa parvula*</i>	X		X
<i>Lasiurus blossevillii</i>			X
<i>Lasiurus intermedius</i>			X
<i>Lasiurus xanthinus</i>			X

\*No se realizó la descripción de los llamados debido a que estos se encontraron fragmentados

Las vocalizaciones de todas las especies fueron descritas excepto las de *P. personatus* del que se obtuvieron pocas secuencias y sus llamados se encontraron muy fragmentados (Fig. 9), sin embargo la correcta identificación se realizó por comparación con espectrogramas de la misma especie, obtenidos en otros estudios.

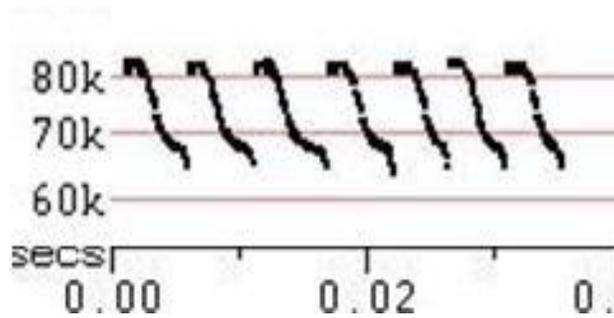


Figura 9. Secuencia de *P. personatus* grabada en La Venta, Juchitán de Zaragoza (Fuentes-Moreno, 2010).

### Redes de niebla y refugios

A pesar de que el muestreo con redes de niebla abarcó el mismo número de horas que el muestreo acústico, en ellas sólo se obtuvo el registro de tres especies de murciélagos insectívoros: *M. megalophylla*, *R. parvula* y *M. rufus* (Cuadro 2) capturados en la Estación Biológica de Campo El Sabanal, bahía San Agustín y bahía Cacaluta respectivamente (Cuadro 3). Todos se encontraron en redes puestas cerca de cuerpos de agua de cada especie sólo se capturó un ejemplar.

En bahía Cacaluta se capturaron 10 individuos del murciélago piscívoro *N. leporinus*, los cuales fueron grabados y posteriormente liberados en el mismo sitio de captura. Dentro de los cinco refugios que fueron visitados se encontró al insectívoro *B. plicata*, en abundancias que van de 20 a 80 individuos. Con su captura y grabación se logró la identificación acústica correcta de esta especie.

El lugar que presentó mayor riqueza fue bahía San Agustín (10 especies), seguido por bahía Cacaluta y el muelle Chahué con nueve especies cada uno. Por el contrario, en playa La Entrega solamente se registraron dos especies. Los demás sitios tuvieron número similar (Cuadro 3).

Las especies de las cuales se obtuvo registro en todos los sitios fueron *B. plicata* y *M. rufus*; *P. davyi* se presentó en todos excepto en playa La Entrega. Las especies de la familia Vespertilionidae (excepto *L. blossevillii*) y el molóside *T.*

*brasiliensis* solo se registraron en un lugar, bahía San Agustín y bahía Cacaluta respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Especies registradas en cada sitio muestreado en el PNH y sus alrededores.**

Familia /Especies	Estación El Sabanal	bahía Cacaluta	playa La Entrega	bahía San Agustín	arroyo Xúchitl	Rufino Tamayo	muelle Chahué
<b>Emballonuridae</b>							
<i>B. plicata</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>S. bilineata</i>	X	X		X	X		X
<b>Noctilionidae</b>							
<i>N. leporinus</i>		X		X	X		X
<b>Mormoopidae</b>							
<i>P. davyi</i>	X	X		X	X	X	X
<i>P. parnellii</i>	X	X			X	X	
<i>P. personatus</i>					X	X	X
<i>M. megalophylla</i>	X	X		X	X		X
<b>Molossidae</b>							
<i>C. mexicanus</i>		X				X	X
<i>T. brasiliensis</i>		X					
<i>M. rufus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<b>Vespertilionidae</b>							
<i>R. parvula</i>				X			
<i>L. blossevillii</i>				X			X
<i>L. intermedius</i>				X			
<i>L. xanthinus</i>				X			
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>9</b>

## Caracterización acústica de las especies

### Familia Emballonuridae

#### *Balantiopteryx plicata*

Se obtuvieron 1 031 secuencias de la especie *B. plicata* y se utilizaron 1 853 llamados para caracterizar la vocalización. El llamado se compone de tres segmentos de frecuencia cuasi-constante, el primero puede o no presentarse en algunas situaciones, la parte inicial del segundo componente es igual a la  $F_{max}$  de la vocalización (44.85 kHz) y la parte final del tercer componente es igual a la  $F_{min}$

40.82 kHz. En promedio el llamado dura 7.47 ms y la distancia del inicio del llamado a la rodilla es de 0.48 ms (Fig. 10; Cuadro 4).

*B. plicata* fue caracterizado con las secuencias obtenidas de individuos que se liberaron a mano, así como con grabaciones realizadas en los refugios. Sin embargo, se encontraron archivos con igual forma pero con frecuencias máximas y mínimas diferentes lo que indica una alta variación del llamado de esta especie o bien la presencia de otros embalonúridos como *Peropteryx macrotis*, *Peropteryx kappleri* y *Balantiopteryx io*, ésta última especie está reportada en la zona.

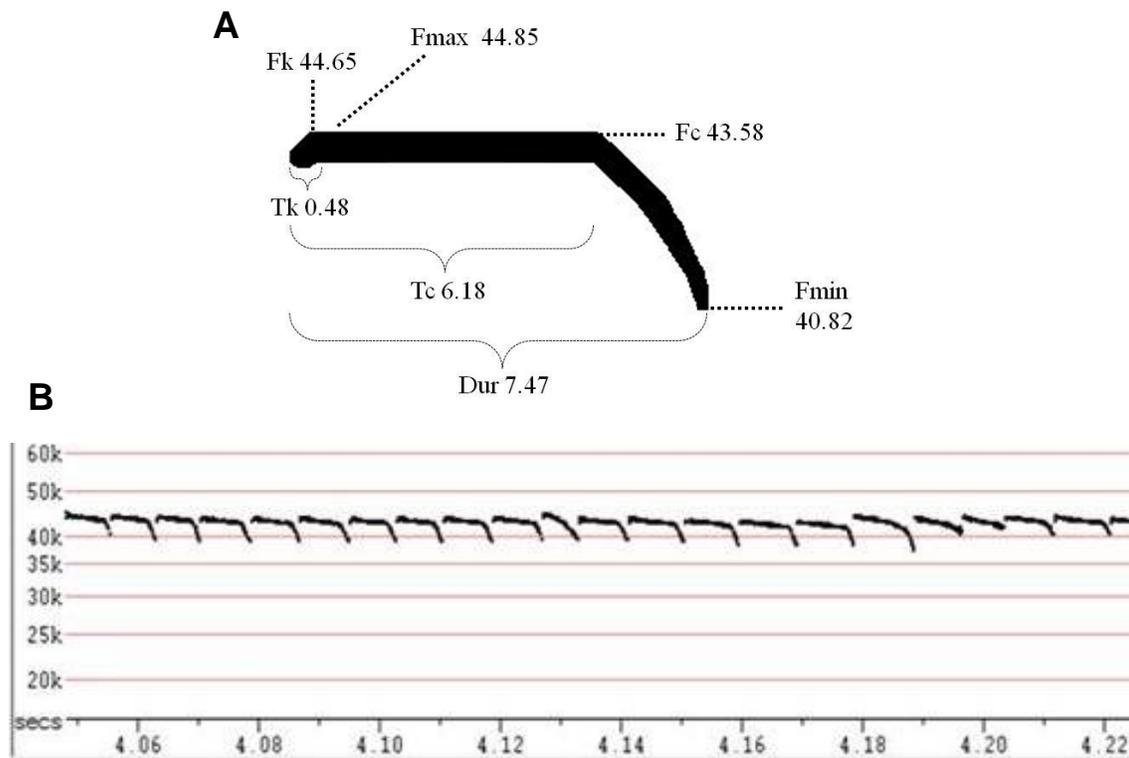


Figura 10. Vocalización de *B. plicata*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

### ***Saccopteryx bilineata***

En la fase de búsqueda *S. bilineata* presenta dos tipos de vocalizaciones alternadas, ambas con forma de herradura y de frecuencias cuasi-constantes. El análisis se realizó con 281 secuencias las cuales tuvieron 711 llamados bajos y 1 292 altos.



Comienza con un componente de frecuencia cuasi-constante que alcanza su mayor frecuencia en los 56.6 kHz ( $F_{max}$ ), la duración de este componente puede o no ser breve (Cuadro 4), en ocasiones se aprecia inclinado, mientras que en otras pareciera de frecuencia constante.

El componente de frecuencia cuasi-constante desciende bruscamente y empieza el segmento de frecuencia modulada alcanzándose aquí la  $F_{min}$  promedio de 34.82 kHz. Este componente de frecuencia modulada es el más largo de la vocalización y comprende casi el total de banda de la señal emitida (Fig. 12).

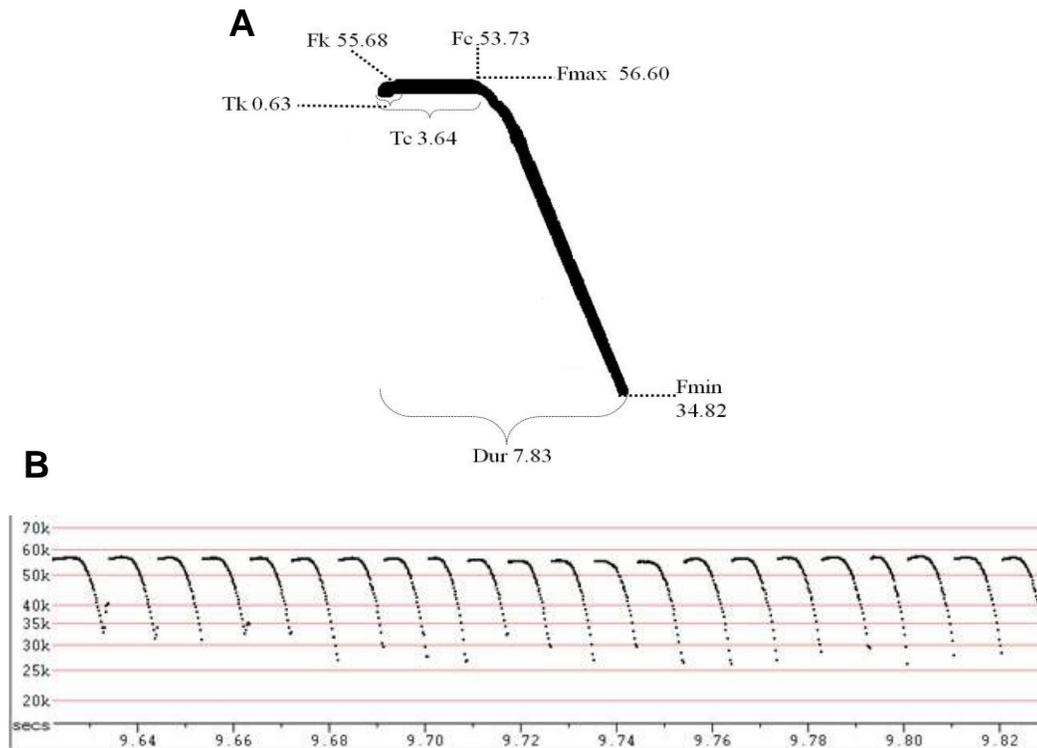


Figura 12. Vocalización de *N. leporinus*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

## Familia Mormoopidae

### *Mormoops megalophylla*

Se analizaron siete secuencias y 34 llamados de *M. megalophylla*. Su vocalización en la fase de búsqueda muestra un componente de frecuencia modulada, es decir, se trata de un llamado de banda ancha (8 kHz). Comienza en

los 54.06 kHz en promedio, lo que representa la  $F_{max}$  y desciende hasta los 46.31 kHz que es la  $F_{min}$ .

Este llamado cuenta con dos cambios abruptos o rodillas, sin embargo el que se toma en cuenta para la caracterización es el primero que se da a los 0.41 ms (Tk). La duración total del llamado es de 6.07 ms (Fig. 13; Cuadro 4).

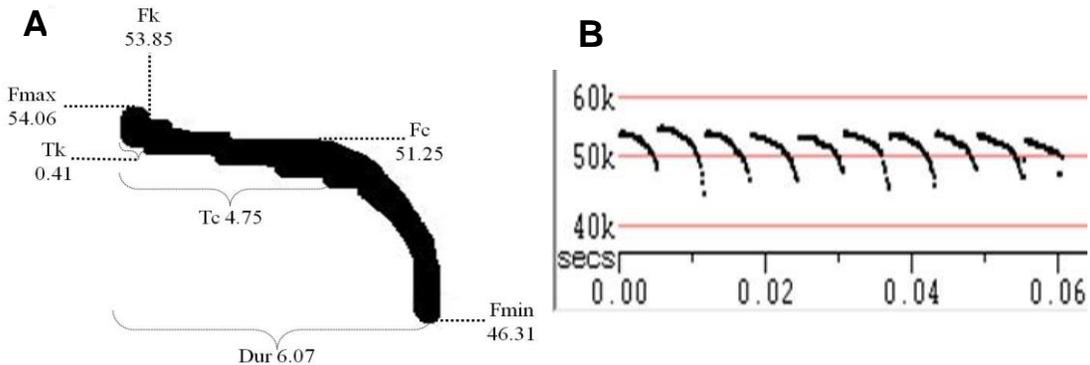
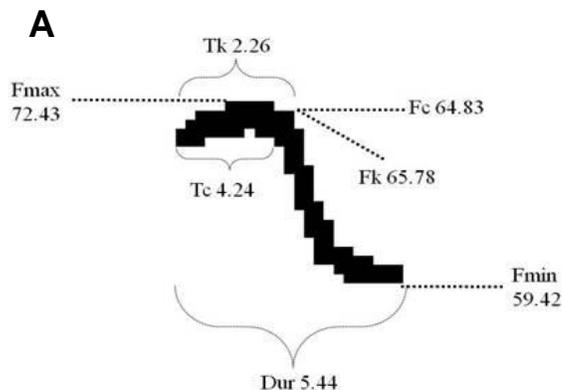


Figura 13. Vocalización de *M. megalophylla*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

### *Pteronotus davyi*

Se analizaron 477 secuencias que contuvieron 602 llamados de *P. davyi*. La vocalización presenta una forma de “s” invertida, iniciando con un segmento de frecuencia cuasi-constante que tiene una  $F_{max}$  de 72.43 kHz, seguida de un repentino cambio (rodilla 65.78 kHz) y un segmento de frecuencia modulada que abarca aproximadamente 6.36 kHz. Finaliza con un segmento de frecuencia cuasi-constante en donde se presenta la  $F_{min}$  de 59.42 kHz. El valor promedio de duración de los llamados es de 5.44 ms y la distancia del inicio del llamado a la rodilla (Tk) es de 2.26 ms (Fig. 14; Cuadro 4).



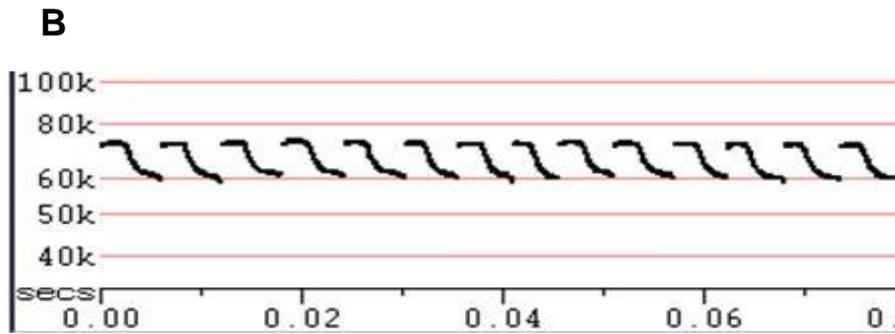
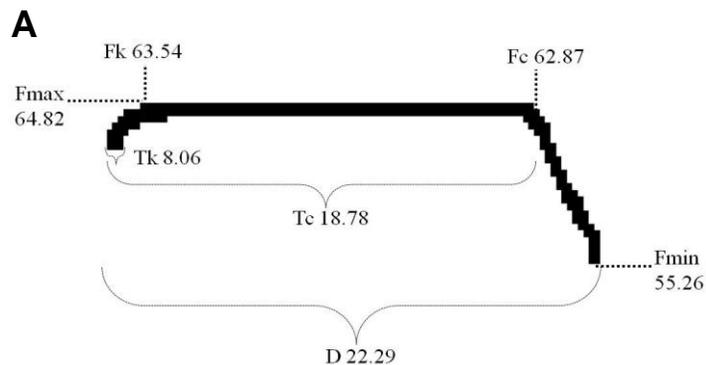


Figura 14. Vocalización de *P.davyi*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

### *Pteronotus parnellii*

De *P. parnellii* se analizaron 131 secuencias que contuvieron 460 llamados. Su estructura cualitativa muestra, al inicio, un breve componente de frecuencia cuasi-constante, seguido de un breve cambio abrupto ( $F_k$  63.54 kHz) que continúa con un largo segmento de frecuencia constante (aproximadamente de 10 ms) en donde se presenta la  $F_{max}$  de 64.82 kHz, finalmente termina con un segmento de frecuencia modulada que abarca 7.61 kHz y en donde la  $F_{min}$  es de 55.26 kHz (Fig. 15) Este llamado es uno de los más largos y constantes con duración promedio de 22.29 ms (Cuadro 4).



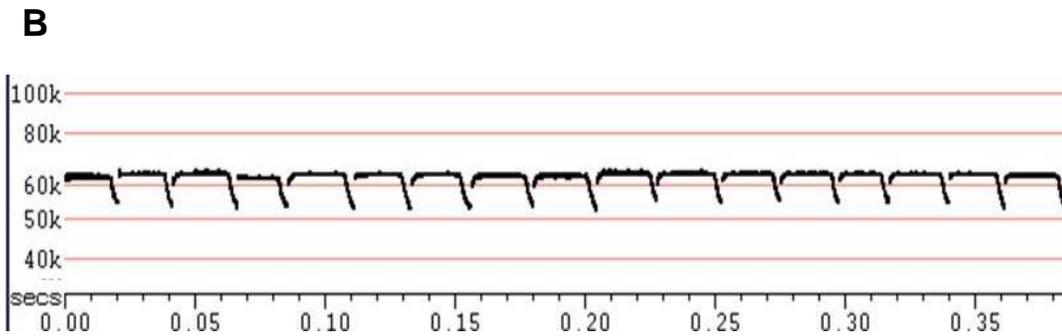


Figura 15. Vocalización de *P. parnellii*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

## Familia Molossidae

### *Cynomops mexicanus*

Los llamados de ecolocalización de los miembros de la familia Molossidae son altamente variables en forma y frecuencia, por lo que a la fecha ha sido difícil su identificación y descripción. Para el caso de *C. mexicanus* las vocalizaciones en las tres fases (búsqueda, aproximación y caza) son diferentes, en este caso sólo se describió la fase de búsqueda (Fig. 16). De esta especie se analizaron 39 secuencias y 101 llamados, los cuales se caracterizan por tener una forma de “s alargada”. La vocalización es un fragmento de frecuencia cuasi-constante y de banda angosta (5.15 kHz), con una  $F_{\max}$  de 25.95 kHz y una  $F_{\min}$  de 20.80 kHz. El cambio abrupto o rodilla se da a los 23.83 ms y tiene una frecuencia de 22.82 kHz ( $F_k$ ). Una de las características principales de *C. mexicanus* es su larga duración de 74.85 ms promedio (Cuadro 4), probablemente sea la vocalización más larga registrada hasta el momento.

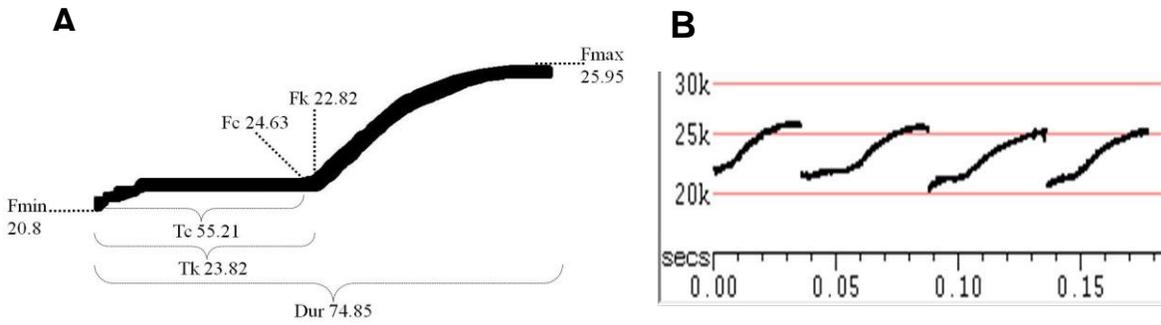


Figura 16. Vocalización de *C. mexicanus*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

### ***Molossus rufus***

Para el análisis de *M. rufus* se utilizaron 471 secuencias y 444 vocalizaciones. El llamado, en su fase de búsqueda, es un fragmento de frecuencia cuasi-constante y de banda angosta (5.4 kHz) que inicia en una  $F_{max}$  de 26.72 kHz y termina en una  $F_{min}$  de 21.32 kHz (Fig. 17). A lo largo de toda la vocalización, ésta va inclinándose poco a poco, por lo que la rodilla no es muy visible, sin embargo ésta se encuentra a los 0.80 ms y tiene una frecuencia de 26.47 kHz (Fk).

A diferencia del molósido *C. mexicanus*, la vocalización de *M. rufus* es de menor duración (15.41 ms; Cuadro 4).

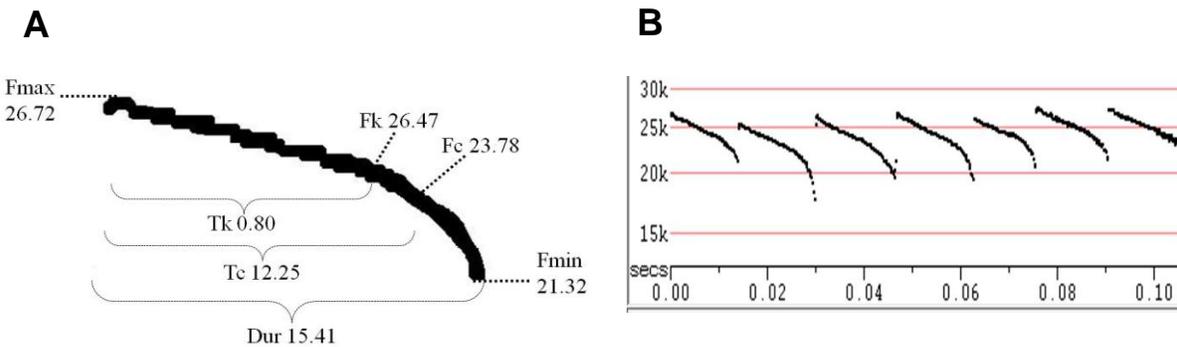


Figura 17. Vocalización de *M. rufus*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

## ***Tadarida brasiliensis***

Para la descripción de la vocalización de esta especie se utilizaron cuatro secuencias y 64 llamados, los cuales cualitativamente son de banda angosta (2.87 kHz) y ligeramente curvos. El llamado presenta un segmento de frecuencia cuasi-constante, con una rodilla ligeramente marcada con frecuencia de 27.50 kHz (Fk; Fig. 18).

Quizá entre los molósidos ésta sea la vocalización más corta (10.79 ms) con una  $F_{max}$  de 28.73 kHz y una  $F_{min}$  de 25.86 kHz promedio (Cuadro 4).

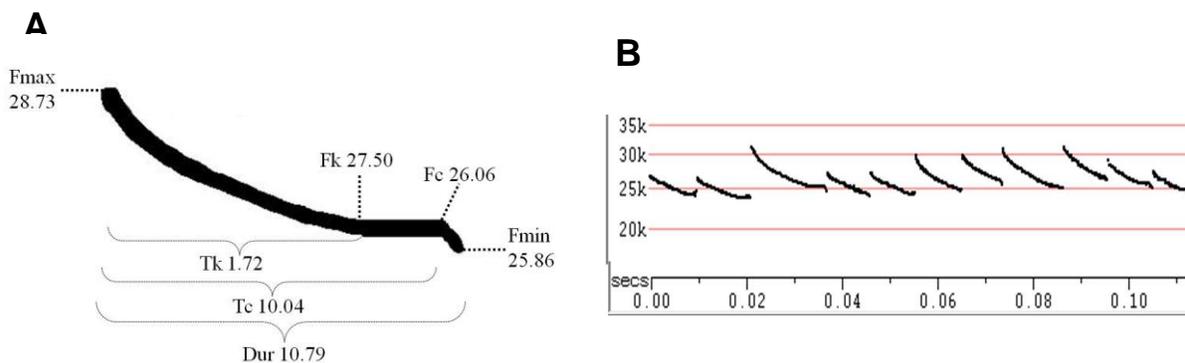


Figura 18. Vocalización de *T. brasiliensis*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

## **Familia Vespertilionidae**

### ***Lasiurus blossevillii***

Quizá la característica más notable en las vocalizaciones de la familia Vespertilionidae es la anchura de banda y los segmentos de frecuencia modulada presentes en la mayoría de las especies, razón por la cual en algunas ocasiones distinguir entre una especie y otra causa confusión.

Para las especies del género *Lasiurus* la forma de la vocalización es en forma de “L” y se pueden diferenciar principalmente por las frecuencias máxima, mínima y de la rodilla.

*L. blossevillii* presenta la forma de “L” que termina con una rodilla pronunciada (Fk 49.94) dando la apariencia de un pequeño gancho. La anchura

de banda es de 17.07 kHz ( $F_{\max}$  62.15 kHz y  $F_{\min}$  45.08 kHz), siendo hasta el momento

uno de los llamados más anchos de todas las especies registradas, por el contrario su duración es muy corta (5.3 ms; Cuadro 4; Fig. 19). Para el análisis se utilizaron 18 secuencias y 194 llamados.

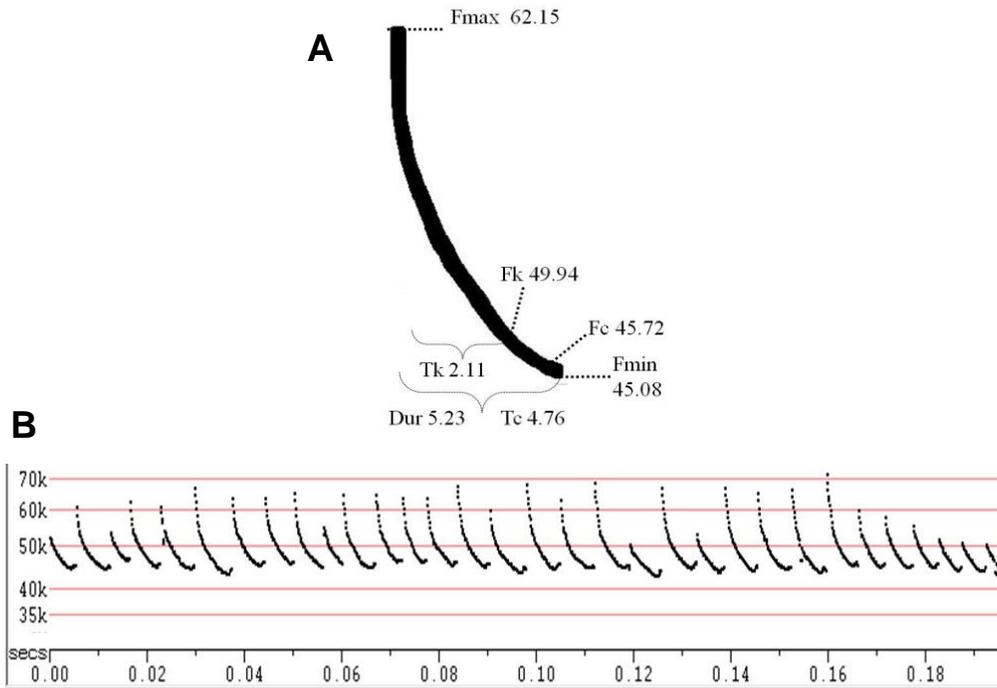


Figura 19. Vocalización de *L. blossevillii*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

### ***Lasiurus intermedius***

De esta especie se encontraron cinco secuencias con 48 llamados. Al igual que *L. blossevillii*, *L. intermedius* presenta un segmento de frecuencia modulada, de banda ancha (15.62 kHz) y en forma de “L”. Sin embargo podemos distinguir entre ambas especies, la rodilla ( $F_k$  34.89 kHz) de *L. intermedius* es ligeramente menos pronunciada, lo que da la apariencia de que el llamado es más inclinado y no termina en gancho (Fig. 20).

Con respecto a las frecuencias, *L. intermedius* tiene llamados más bajos con una  $F_{\max}$  de 47.37 kHz y una  $F_{\min}$  de 31.75 kHz, la duración es un poco mayor (5.81 ms; Cuadro 4).

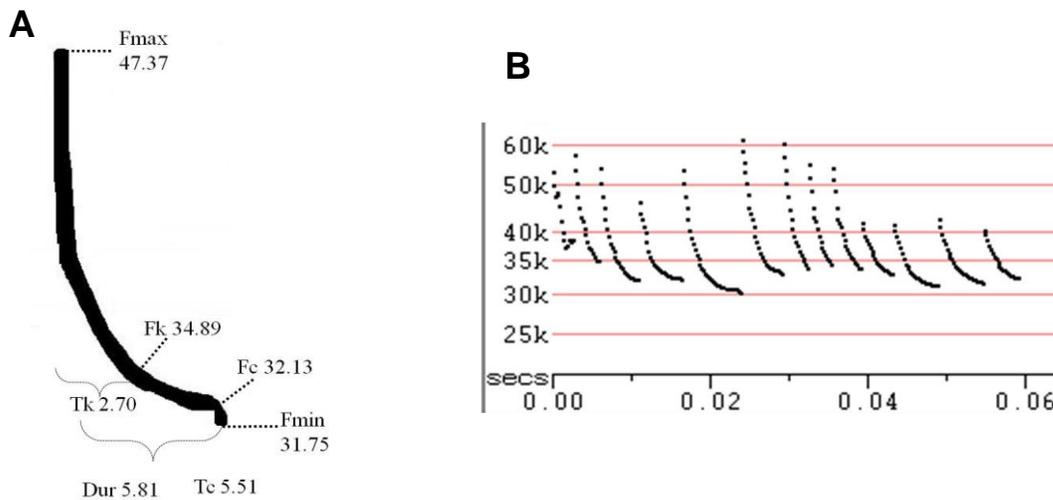
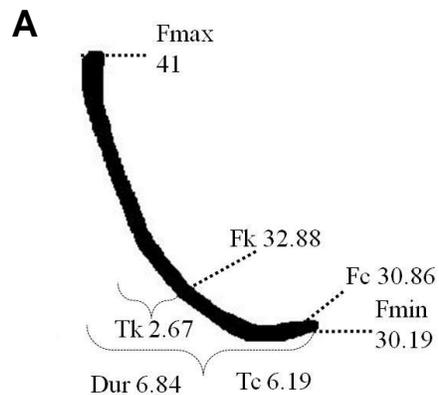


Figura 20. Vocalización de *L. intermedius*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda.

### *Lasiurus xanthinus*

Para la descripción del llamado de *L. xanthinus* se utilizaron dos secuencias y 26 vocalizaciones. Al igual que *L. intermedius* tiene frecuencias bajas y estructura en forma de “L”, ligeramente más inclinada (Fig. 21); sin embargo, podemos distinguirlos en la anchura de banda ya que *L. xanthinus* presenta un llamado mucho más corto (9.81 kHz), con una  $F_{max}$  de 41 kHz y una  $F_{min}$  de 30.19 kHz. Su duración, al igual que todos los llamados del género *Lasiurus* es muy corta (6.84 ms) y por lo general la  $F_c$  (30.86 kHz) es similar o muy cercana a la  $F_{min}$  (Cuadro 4).



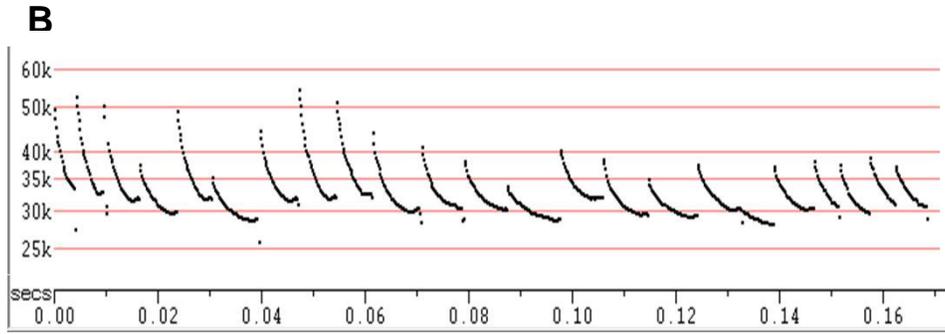


Figura 21. Vocalización de *L. xanthinus*. **A.** Características cuantitativas; **B.** Secuencia en la fase de búsqueda de *L. xanthinus*.

**Cuadro 4. Promedios ( $\pm 1$  Desv. Est.) y max y min de las medidas de los llamados de ecolocalización, en fase de búsqueda, de 12 especies de murciélagos, grabados en el PNH. n= número de llamados, D= duración, Fmax= frecuencia máxima, Fmin= frecuencia mínima, Fmean= frecuencia media, Fk= frecuencia de la rodilla, Tk= tiempo del inicio del llamado a la rodilla, Fc= frecuencia característica, Tc= inclinación del cuerpo, S1= inclinación inicial, Sc= inclinación característica.**

Especie	n	D (ms)	Fmax (kHz)	Fmin (kHz)	Fmean (kHz)	Fk (kHz)	Tk (ms)	Fc (kHz)	Tc (ms)	S1	Sc
<b>Emballonuridae</b>											
<i>B. plicata</i>	1853	7.47 $\pm$ 1.69	44.85 $\pm$ 1.0	40.82 $\pm$ 1.54	43.77 $\pm$ 0.89	44.65 $\pm$ 1.02	0.48 $\pm$ 0.3	43.58 $\pm$ 0.97	6.18 $\pm$ 1.59	-26.50 $\pm$ 261.75	6.62 $\pm$ 5.75
		max 13.26 min 3.7	max 46.78 min 42.11	max 43.24 min 35.87	max 45.96 min 40.52	max 46.78 min 42.11	max 1.67 min 0	max 46.78 min 38.46	max 11.55 min 1.27	max 1001.66 min -1829.2	max 74.66 min -7.83
<i>S. bilineata (bajo)</i>	711	7.92 $\pm$ 1.03	48.0 $\pm$ .589	44.58 $\pm$ 1.36	47.24 $\pm$ .598	46.87 $\pm$ .656	1.14 $\pm$ 0.49	47.95 $\pm$ .611	6.97 $\pm$ 1.07	-155.36 $\pm$ 149.58	-5.86 $\pm$ 2.32
		max 10.33 min 5.86	max 49.69 min 46.24	max 47.06 min 40.2	max 49.18 min 45.74	max 48.19 min 45.2	max 4.42 min 0.26	max 49.69 min 46.24	max 9.64 min 4.25	max 895.93 min -1617.7	max 2.59 min -15.13
<i>S. bilineata (alto)</i>	1292	7.62 $\pm$ 1.07	49.97 $\pm$ .048	46.90 $\pm$ .854	49.25 $\pm$ .545	48.95 $\pm$ .65	1.09 $\pm$ .61	49.89 $\pm$ .655	6.61 $\pm$ 1.12	-117.35 $\pm$ 97.57	-5.01 $\pm$ 3.61
		max 11.35 min 5.4	max 53.69 min 49.08	max 49.38 min 44.94	max 51.99 min 47.85	max 52.29 min 46.78	max 8.75 min 0	max 53.69 min 47.62	max 10 min 1.31	max 501.03 min -725.04	max 42.8 min -46.4
<b>Noctilionidae</b>											
<i>N. leporinus</i>	650	7.83 $\pm$ 2.78	56.60 $\pm$ 1.33	34.82 $\pm$ 3.95	49.68 $\pm$ 3.25	55.68 $\pm$ 2.93	0.63 $\pm$ 0.93	53.73 $\pm$ 4.35	3.64 $\pm$ 1.3	-35.85 $\pm$ 343.22	26.66 $\pm$ 45.61
		max 25.5 min 3.04	max 60.38 min 52.98	max 42.33 min 23.95	max 56.48 min 31.41	max 59.93 min 34.41	max 8.24 min 0	max 59.04 min 30.13	max 11.7 min 0.44	max 682.87 min -2824.64	max 262.6 min -108
<b>Mormoopidae</b>											
<i>M. megalophylla</i>	34	6.07 $\pm$ 1.49	54.06 $\pm$ 1.07	46.31 $\pm$ 2.33	51.90 $\pm$ .712	53.85 $\pm$ 1.11	0.41 $\pm$ .27	51.25 $\pm$ 1.21	4.75 $\pm$ 1.21	-86.30 $\pm$ 260.78	18.47 $\pm$ 14.71
		max 8.95 min 3.19	max 57.14 min 52.46	max 48.93 min 38.55	max 53.3 min 50.41	max 56.74 min 52.12	max 1.11 min 0	max 53.16 min 47.9	max 7.6 min 2.8	max 532.74 min -845.45	max 84.14 min 4.18
<i>P. davyi</i>	602	5.44 $\pm$ 1.17	72.43 $\pm$ 1.21	59.42 $\pm$ 1.32	66.57 $\pm$ 1.69	65.78 $\pm$ 4.52	2.26 $\pm$ 1.69	64.83 $\pm$ 5.41	4.24 $\pm$ 1.84	-66.98 $\pm$ 357.05	15.54 $\pm$ 32.49
		max 8.61 min 3	max 77.67 min 68.97	max 62.5 min 54.98	max 69.75 min 60.78	max 75.47 min 59.26	max 5.03 min 0	max 76.19 min 57.97	max 8.46 min 1.02	max 674.99 min -271	max 295.7 min -32.3
<i>P. parnellii</i>	460	22.29 $\pm$ 2.39	64.82 $\pm$ .623	55.26 $\pm$ 1.56	63.34 $\pm$ .528	63.54 $\pm$ 2.08	8.06 $\pm$ 7.73	62.87 $\pm$ 3.48	18.78 $\pm$ 3.21	-152.93 $\pm$ 576.84	11.85 $\pm$ 27.16
		max 27.06 min 17.04	max 68.38 min 63.49	max 58.82 min 52.63	max 65.13 min 62.38	max 66.12 min 55.56	max 25.09 min 0.06	max 66.12 min 52.98	max 26.31 min 8.01	max 750.88 min -3094.8	max 133.6 min -46.4

Continuación...											
Molossidae											
<i>C. mexicanus</i>	101	74.85±32.32	25.95±0.47	20.80±1.03	23.63±0.64	22.82±0.95	23.82±24.10	24.63±1.58	55.21±27-49	-79.68±142.98	-3.90±3.08
		max 153.2 min 31.88	max 27.16 min 24.81	max 22.5 min 16.65	max 26.37 min 22.31	max 26.94 min 21.11	max 91.53 min 0	max 27.03 min 20.81	max 122.14 min 8.5	max 235.56 min -545.96	max 6.31 min -15.92
<i>M. rufus</i>	444	15.41±2.47	26.72±.78	21.32±1.44	24.62±.80	26.47±.85	.80±.65	23.78±.87	12.25±2.15	-24.59±82.63	13.60±2.13
		max 20.37 min 8.95	max 27.97 min 24.88	max 24.39 min 16.49	max 26.3 min 22.64	max 27.97 min 24.73	max 2.78 min 0	max 26.23 min 21.95	max 17.93 min 4.8	max 83.97 min -408.07	max 21.33 min 8.49
<i>T. brasiliensis</i>	64	10.79±2.33	28.73±1.32	25.86±.95	26.87±.86	27.50±.80	1.72±1.22	26.06±.95	10.04±2.07	45.24±87.48	9.99±5.17
		max 17.83 min 6.98	max 32 min 26.49	max 27.68 min 23.88	max 28.71 min 24.68	max 29.09 min 25.81	max 5.42 min .14	max 27.68 min 23.88	max 15.44 min 6.42	max 234.89 min -200.5	max 18.98 min 2.38
Vespertilionidae											
<i>L. blossevillii</i>	194	5.23±1.27	62.15±7.5	45.08±2.15	49.86±2.97	49.94±2.6	2.11±.73	45.72±1.96	4.76±1.10	236.18±251.43	51.67±29.79
		max 8.83 min 2.15	max 90.4 min 50	max 53.87 min 37.83	max 62.5 min 45.24	max 59.7 min 44.44	max 4.62 min 1.11	max 56.94 min 42.22	max 7.57 min 1.74	max 848.1 min -927.69	max 243.19 min 0
<i>L. intermedius</i>	48	5.81±1.95	47.37±6.6	31.75±1.76	35.48±2.16	34.89±1.9	2.70±1.08	32.13±1.65	5.51± 1.95	349.69±180.29	51.86±36.44
		max 10.1 min 2.5	max 64.52 min 36.87	max 37.47 min 27.92	max 41.52 min 32.13	max 40.2 min 31.75	max 5.29 min 1.1	max 37.47 min 29.47	max 10.1 min 1.68	max 922.05 min 105.16	max 237.63 min 6.78
<i>L. xanthinus</i>	26	6.84±1.81	41±6.37	30.19±1.70	32.92±2.08	32.88±1.68	2.67±.94	30.86±1.38	6.19±1.63	246.20±265.03	30.38±16.48
		max 10.11 min 3.82	max 54.24 min 29.91	max 32.65 min 25.85	max 37.01 min 28.85	max 36.04 min 29.91	max 4.11 min 0.27	max 33.61 min 28.17	max 9.28 min 3.82	max 1367.1 min -274.61	max 66.83 min 11.36

## Eventos de caza

De cinco especies de murciélagos insectívoros (*B. plicata*, *P. davyi*, *S. bilineata*, *M. rufus* y *T. brasiliensis*) y un piscívoro (*N. leporinus*) se obtuvieron secuencias que presentaron la fase de caza. El total de archivos analizados de estas especies fue 2 444, en los cuales se encontraron 441 eventos de caza. La especie que tuvo el mayor número de eventos fue *B. plicata* (282), seguida por *S. bilineata* (103), las otras cuatro contribuyeron con el 10.89% de los registros (Cuadro 5).

Los sitios donde hubo mayor cantidad de eventos de caza fueron bahía Cacaluta (174) y La Estación Biológica de Campo El Sabanal (117), mientras que en arroyo Xúchitl (9) y bahía San Agustín (6) se registró la menor cantidad. *B. plicata* fue la única especie de la cual se obtuvieron eventos de caza en todos los lugares, el resto estuvo presente en diferentes sitios, aunque no en todos se encontraron secuencias en la fase de caza.

**Cuadro 5. Número de eventos de caza por especie y por sitio de algunas especies de murciélagos grabadas en el PNH. *n*= número total de archivos; *n*-caza= número total de eventos de caza. 0= indica que la especie estuvo presente en el sitio, pero no se registraron eventos de caza; Np= indica que la especie no estuvo presente en el sitio.**

Especie	<i>n</i>	<i>n</i> -caza	Sitio						
			El Sabanal	Cacaluta	La Entrega	San Agustín	arroyo Xúchitl	Rufino Tamayo	muelle Chahué
<b>Emballonuridae</b>									
<i>B. plicata</i>	1031	282	27	135	29	1	4	61	25
<i>S. bilineata</i>	281	103	78	23	Np	2	0	Np	0
<b>Noctilionidae</b>									
<i>N. leporinus</i>	180	29	Np	8	Np	0	2	Np	19
<b>Mormoopidae</b>									
<i>P. davyi</i>	477	18	12	3	Np	3	0	0	0
<b>Molossidae</b>									
<i>T. brasiliensis</i>	4	5	Np	5	Np	Np	Np	Np	Np
<i>M. rufus</i>	471	4	0	0	0	0	3	1	0
<b>TOTAL</b>	<b>2444</b>	<b>441</b>	<b>117</b>	<b>174</b>	<b>29</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>62</b>	<b>44</b>

Los meses en los que se grabaron la mayor cantidad de eventos de caza fueron marzo y abril con 264 en total, mientras que los meses en los que se

registraron menos eventos de caza fueron mayo y julio con ocho eventos entre ambos meses (Fig. 22).

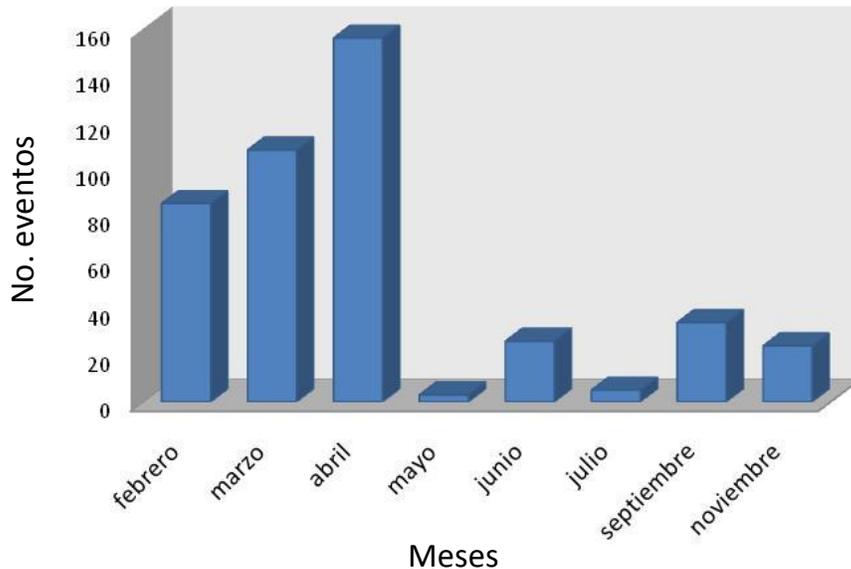


Figura 22. Número de eventos de caza registrados por mes en el PNH.

### Índice de actividad acústica (IA)

Para obtener el IA se tomaron datos de 25 noches con ocho horas de grabación cada una (480 minutos promedio). El IA obtenido por familia muestra que los embalonúridos fueron los más abundantes (439.4 minutos), *B. plicata* estuvo presente 318.35 minutos y *S. bilineata* 125.05, es decir, la primera especie estuvo 41.11% más activa y por lo tanto fue más abundante que la segunda.

La familia Molossidae fue la segunda con mayor actividad (227.17 minutos), no obstante su abundancia se concentró en una sola especie, *M. rufus*, que estuvo presente durante 212.25 minutos (44.19%), por el contrario *T. brasiliensis* presentó escasa actividad (0.0062) lo que indica que la especie es rara en el lugar. El resto de las familias tuvieron una actividad de entre 8 y 167 minutos, los vespertiliónidos fueron los menos abundantes (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Minutos y porcentajes totales de la actividad (abundancia relativa) de los murciélagos insectívoros del PNH.**

<b>Familia /Especies</b>	<b>Minutos totales de actividad</b>	<b>Porcentaje de actividad</b>
<b>Emballonuridae</b>		
<i>B. plicata</i>	318.35	66.32
<i>S. bilineata</i>	121.05	25.21
<b>Total de minutos</b>	<b>439.4</b>	
<b>Noctilionidae</b>		
<i>N. leporinus</i>	19.14	3.98
<b>Total de minutos</b>	<b>19.14</b>	
<b>Mormoopidae</b>		
<i>P. davyi</i>	88.48	18.43
<i>P. parnellii</i>	58.02	12.08
<i>P. personatus</i>	21.01	4.37
<i>M. megalophylla</i>	5.04	1.05
<b>Total de minutos</b>	<b>167.51</b>	
<b>Molossidae</b>		
<i>C. mexicanus</i>	15.02	3.13
<i>T. brasiliensis</i>	0.0062	0.0013
<i>M. rufus</i>	212.15	44.19
<b>Total de minutos</b>	<b>227.17</b>	
<b>Vespertilionidae</b>		
<i>L. blossevillii</i>	8.01	1.67
<i>L. intermedius</i>	0.0083	0.0017
<i>L. xanthinus</i>	0.0041	0.00086
<b>Total de minutos</b>	<b>8.02</b>	

La mayoría de las especies estuvieron presentes en cuando menos dos sitios, no obstante su actividad no fue homogénea en todos los lugares donde se registraron. La especie más abundante y por lo tanto la más activa fue *B. plicata* quien registró el mayor número de minutos en todos los sitios, siendo la Estación Biológica de Campo El Sabanal su principal lugar de forrajeo (30.21% de la actividad; Fig. 23).

*S. bilineata* estuvo más activa en la Estación Biológica de Campo El Sabanal (73 minutos) y en bahía Cacaluta (31 minutos). Arroyo Xúchitl, bahía San Agustín y muelle Chahué contribuyeron con una abundancia de 17. En el caso de *N. leporinus*, de los cuatro sitios donde fue registrado bahía Cacaluta fue el lugar donde presentó una mayor abundancia (15; Fig. 23).

Los murciélagos del género *Pteronotus* estuvieron mejor representados en la Estación Biológica de Campo El Sabanal, en el Parque Ecológico Rufino Tamayo y en arroyo Xúchitl en abundancias de 21 hasta 49, mientras que *M. megalophylla*, una de las especies menos abundantes, sólo estuvo presente en bahía Cacaluta, arroyo Xúchitl y muelle Chahué. Los minutos que estuvo activo en cada sitio fueron escasos (Fig.24).

*M. rufus* presentó una actividad mayor en arroyo Xúchitl (146 minutos) y al igual que *B. plicata*, estuvo presente en todos los sitios, sin embargo, a diferencia de este último, la actividad de *M. rufus* fue menor en el resto de los lugares, lo que indica que su abundancia es menor (Fig.24).

Algunas especies tuvieron actividad mínima y estuvieron presentes en uno o dos sitios, este es el caso de *C. mexicanus* (15 minutos), *T. brasiliensis* (0.0062 minutos), *L. blossevillii* (7 y 1 minutos), *L. intermedius* (0.0083) y *L. xanthinus* (0.0041 minutos) registrados en el muelle Chahué y las bahías Cacaluta y San Agustín (Fig. 25).

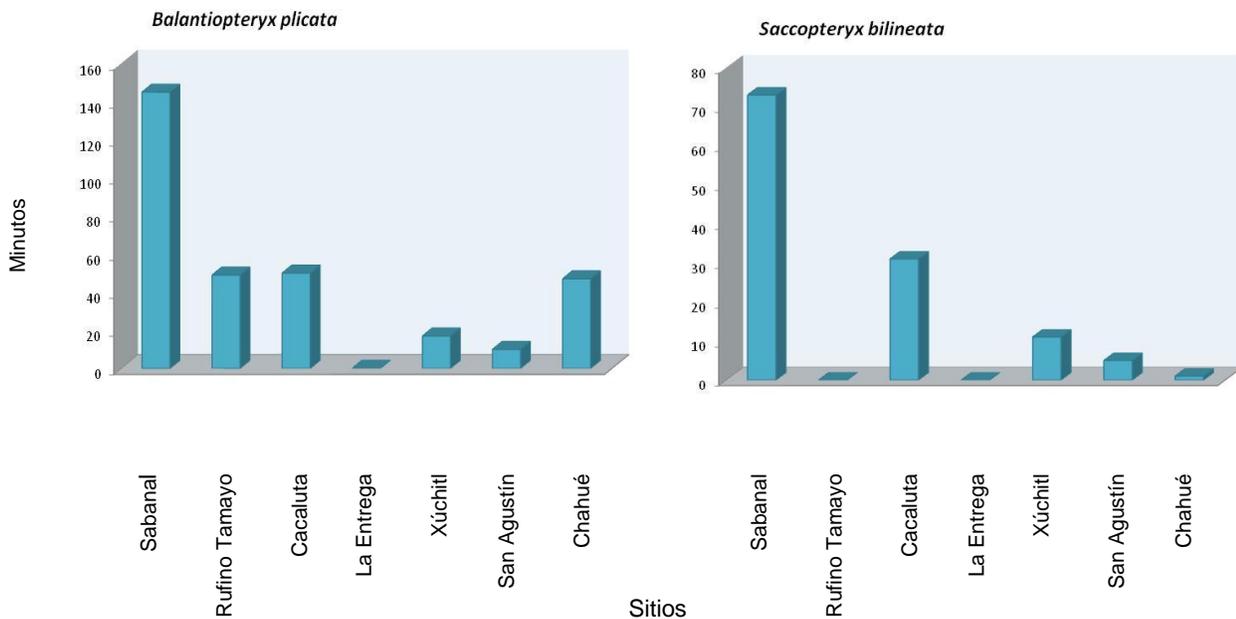


Figura 23. Minutos de actividad de especies de la Familia Emballonuridae por sitio.

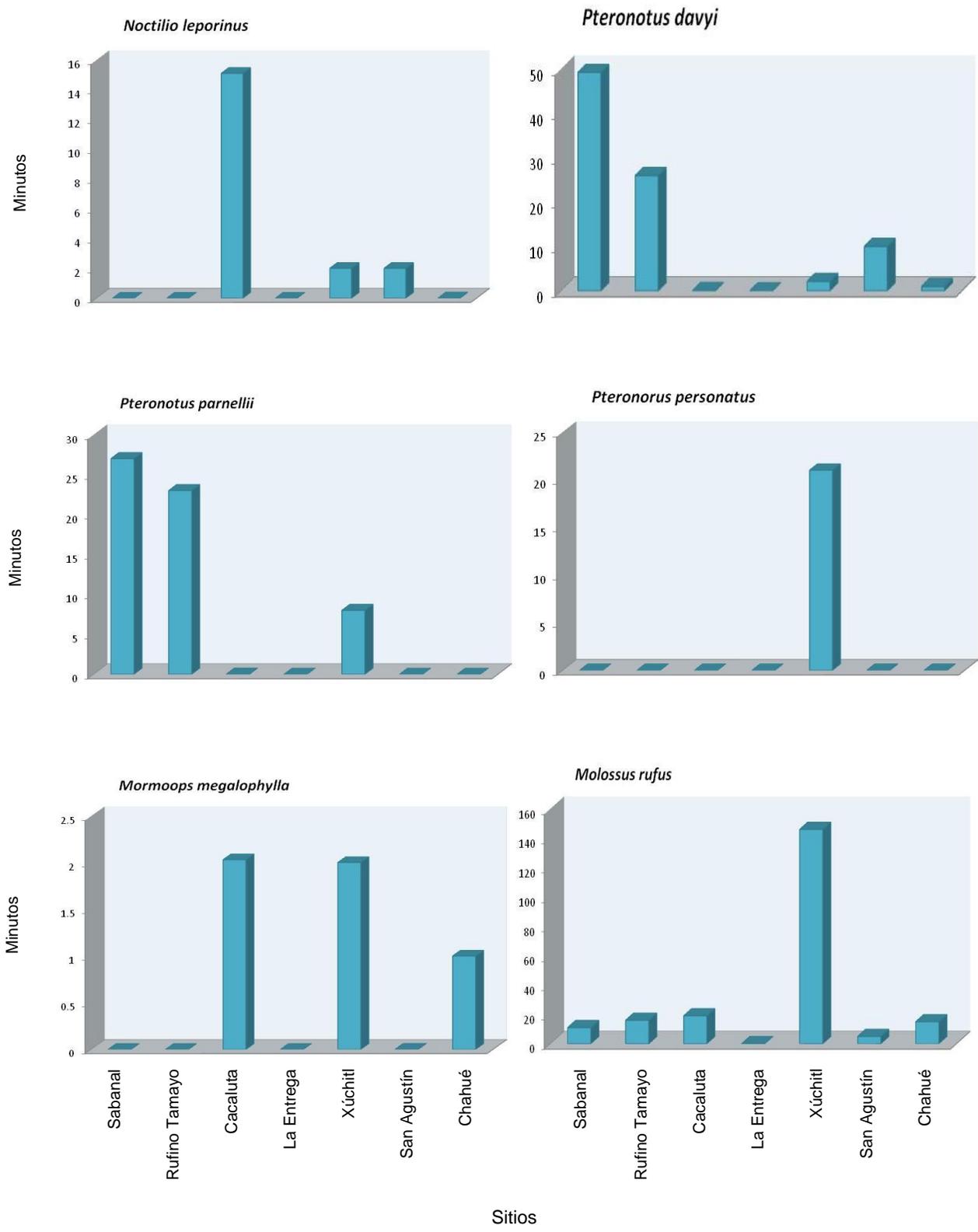


Figura 24. Minutos de actividad de especies de las familias Noctilionidae, Mormoopidae y Molossidae por sitio.

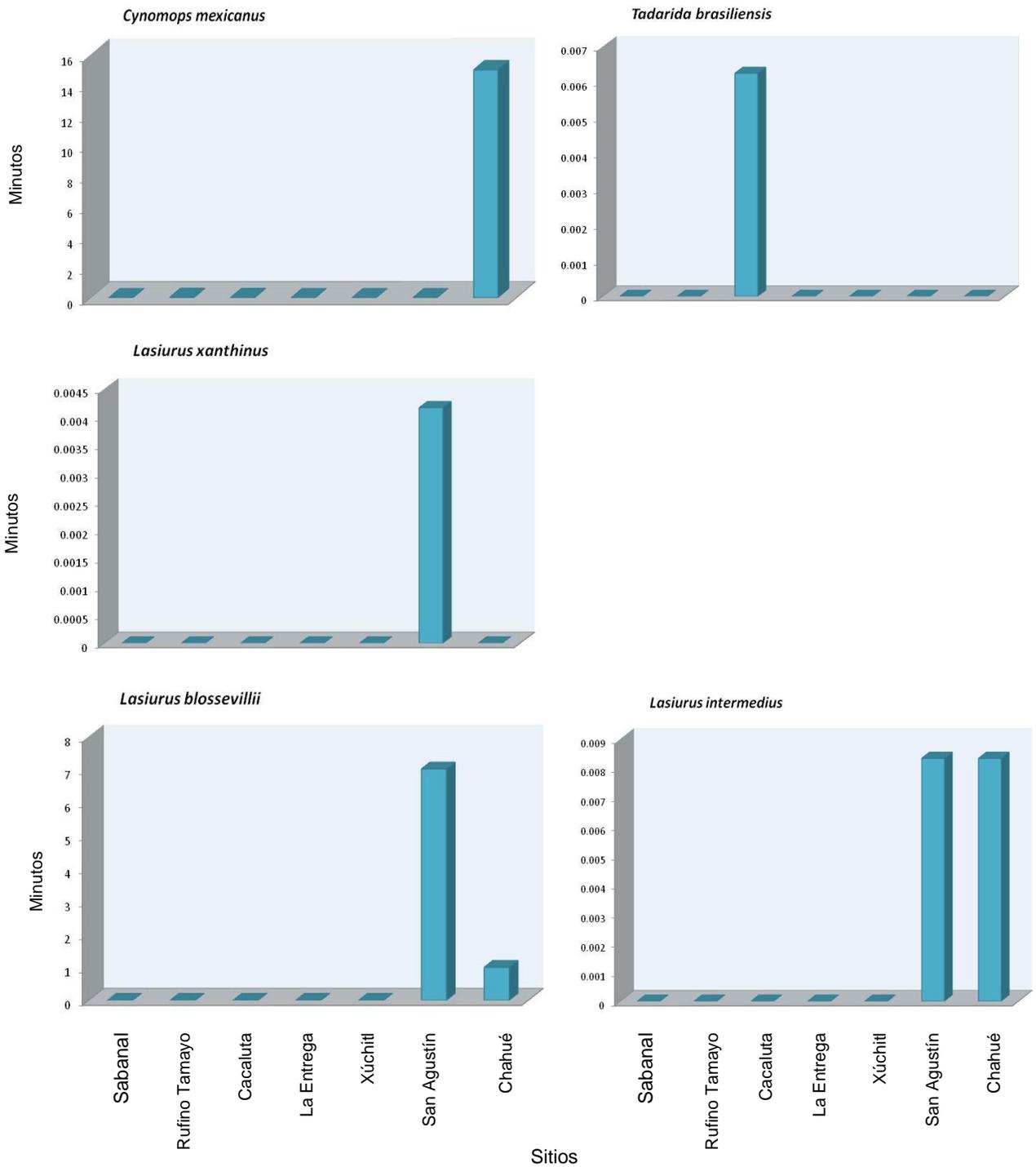


Figura 25. Minutos de actividad de especies de las familias Molossidae y Vespertilionidae por sitio.

Los horarios de actividad de las especies, en su mayoría empezaron a las 19:00 h y finalizaron a las 22:00 h, sin embargo esto varió de acuerdo a las especies y los sitios donde fueron registradas. A continuación se describen los horarios de actividad considerando solamente a las especies que estuvieron presentes en más de dos sitios.

*B. plicata* tuvo actividad durante las ocho horas de monitoreo iniciando esta a las 18:00 h en el Parque Ecológico Rufino Tamayo y en bahía Cacaluta. Alcanzó el mayor pico de actividad a las 19:00 h para luego disminuir drásticamente. En playa La Entrega y en el muelle Chahué presentó mayor actividad a las 20:00 h y poco a poco fue disminuyendo. Después de las 22:00 h la actividad fue mínima. Dentro de la Estación Biológica de Campo El Sabanal la situación fue diferente ya que aquí la actividad fue alta durante toda la noche presentando dos picos importantes de actividad, el mayor fue a las 19:00 h y el segundo es a las 22:00 h (Fig.26).

*S. bilineata* presentó dos picos importantes de actividad, uno en la Estación Biológica de Campo El Sabanal donde inició a las 18:00 h aumentando progresivamente para alcanzar su mayor actividad a las 19:00 h, posterior a esta hora su actividad disminuyó paulatinamente finalizando a las 22:00 h. El segundo pico lo presentó en bahía Cacaluta, donde la actividad comenzó a las 18:00 h alcanzando la mayor actividad a las 20:00 h y finalizando a las 22:00 h. En los demás sitios donde fue registrado presentó una actividad de 19:00 a 23:00 h (Fig.26).

Con respecto al murciélago piscívoro *N. leporinus*, de los cuatro sitios en donde fue registrado, bahía Cacaluta fue el lugar donde presentó la mayor actividad, que inició a las 18:00 h y aumentó cada hora. Se observan dos picos de actividad a las 20:00 y 21:00 h, posteriormente disminuyó hasta finalizar a las 23:00 h. En el muelle Chahué presentó un aumento de actividad a las 20:00 h y terminó drásticamente posterior a las 21:00 h. En los otros dos sitios (arroyo Xúchitl y bahía San Agustín) presentó actividad mínima durante siete horas presentando picos pocos conspicuos a las 21:00 y 23:00 h (Fig.26).

Una de las especies con mayor actividad registrada en casi todos los sitios fue *P. davyi* quien presentó picos de actividad mayores a los 20 minutos durante todas las horas de muestreo (Fig. 26). En la Estación Biológica de Campo El Sabanal tuvo dos horas de actividad importantes, el primero a las 20:00 h y el segundo a las 00:00 h. En el Parque Ecológico Rufino Tamayo estuvo más activo a las 19:00 h y en arroyo Xúchitl a las 22:00 h. En bahía Cacaluta y bahía San Agustín se observó una actividad menor, no obstante alcanzó sus máximos a las 21:00 h y 00:00 h respectivamente (Fig.26).

La actividad de *P. parnellii* inició a las 18:00 h. El Parque Ecológico Rufino Tamayo fue el lugar donde presentó la actividad más alta de 19:00 h a 21:00 h. En el resto de los lugares tuvo poca actividad a través de toda la noche teniendo picos a las 21:00 y 23:00 h (Fig. 26).

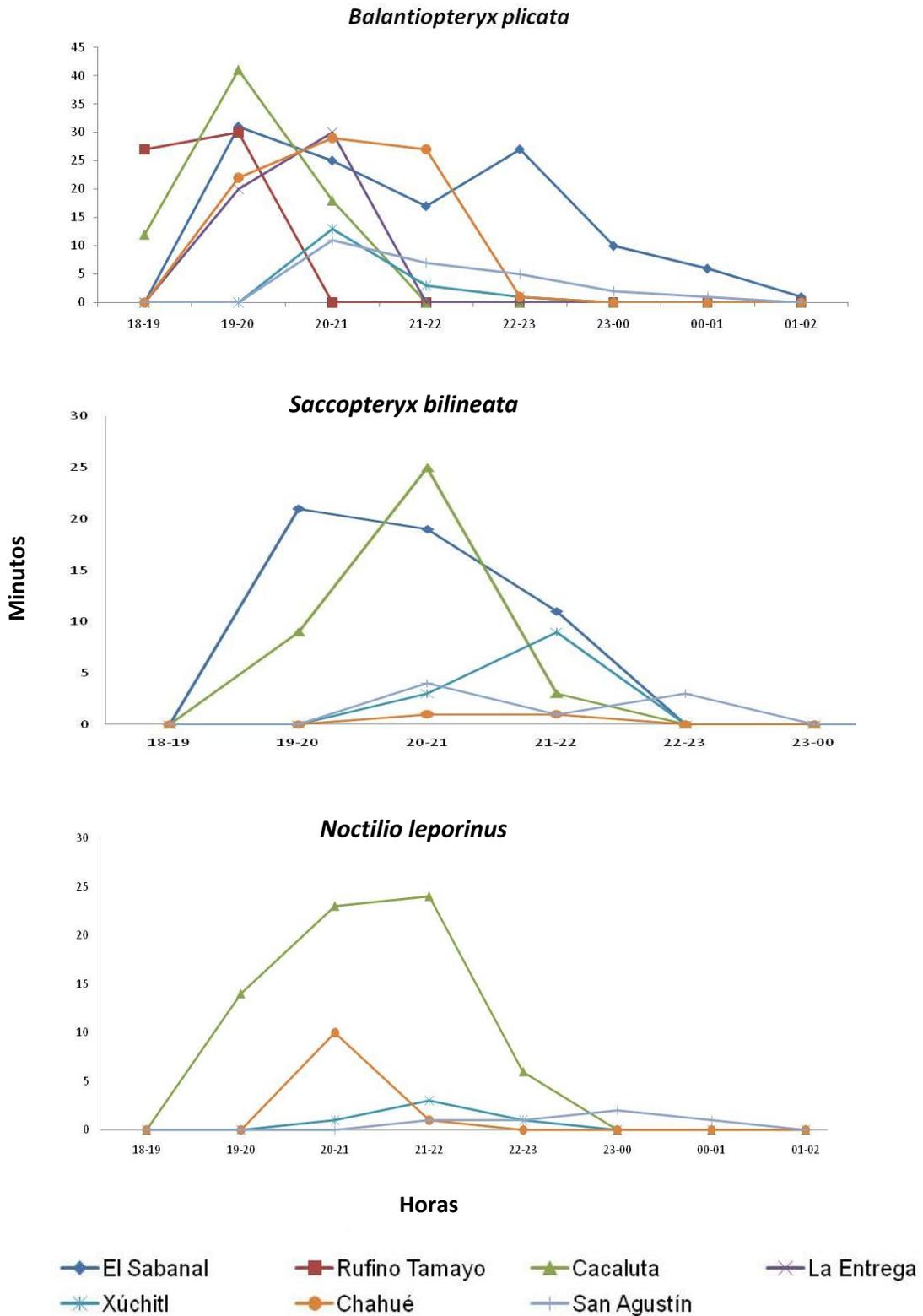
*P. personatus* fue registrado solo en tres sitios en los cuales presentó poca actividad. Arroyo Xúchitl fue el lugar donde estuvo más activo, con un pico a las 21:00 h, en los otros dos sitios se presentó de 18:00 a 00:00 h, sin embargo su actividad fue mínima (Fig.26).

Otra especie que estuvo presente en casi todos los sitios fue *M. megalophylla*, sin embargo su actividad fue poco representativa (dos minutos en cada sitio), pero constante de 18:00 a 00:00 h. Únicamente en bahía Cacaluta presentó un pico importante de actividad a las 20:00 h, posteriormente no se registró más actividad en el sitio (Fig. 26).

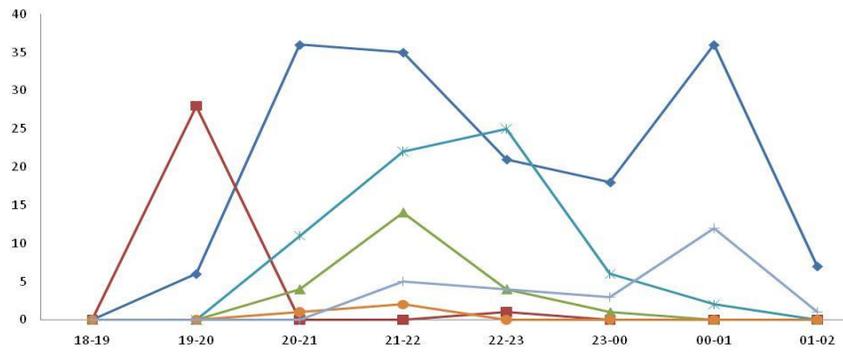
Luego de *B. plicata*, *M. rufus* fue la segunda especie más activa en todos los sitios. Su actividad empezó a las 18:00 h y concluyó a las 00:00 h. Arroyo Xúchitl fue el sitio donde estuvo más activa iniciando desde las 19:00 h y alcanzó el pico más alto a las 20:00 h, su actividad finalizó a las 23:00 h. En el Parque Ecológico Rufino Tamayo su actividad máxima fue a las 18:00 h y disminuyó a las 19:00 h, conservando esta hasta las 21:00 h. En bahía Cacaluta presentó una actividad similar aunque los picos fueron de 19:00 a 21:00 h. En el resto de los sitios su actividad fue menor, siendo la hora más activa las 20:00 h (Fig. 26).

*C. mexicanus* fue una de las especies menos abundantes, su actividad se registró en tres sitios a lo largo de toda la noche (18:00 a 1:00 h). La actividad más

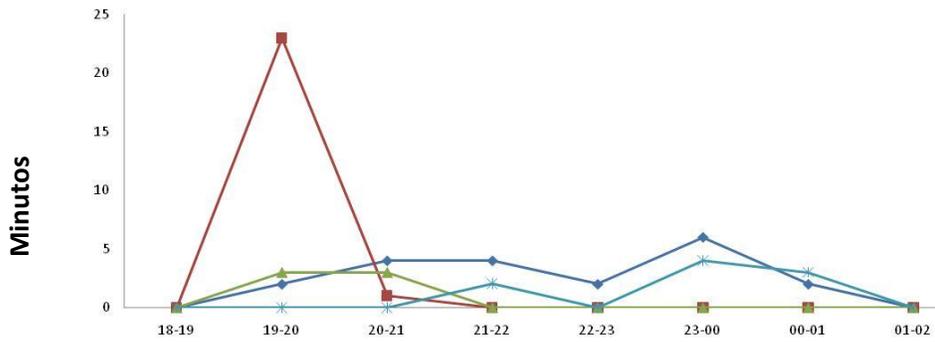
alta se obtuvo en muelle Chahué a las 20:00 h y en el Parque Ecológico Rufino Tamayo a las 23:00 h (Fig.26).



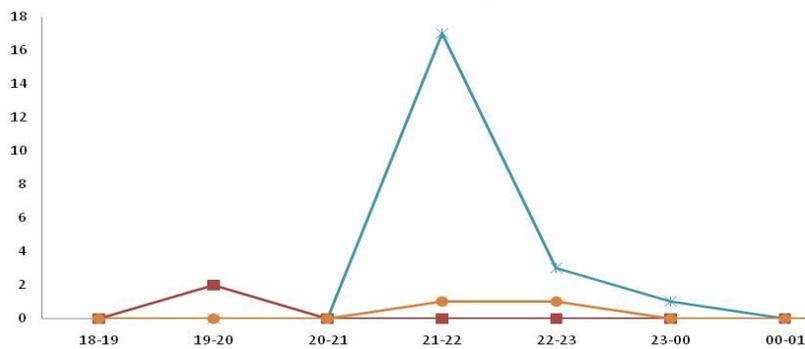
*Pteronotus davyi*



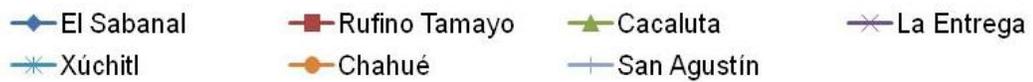
*Pteronotus parnellii*



*Pteronotus personatus*



Horas



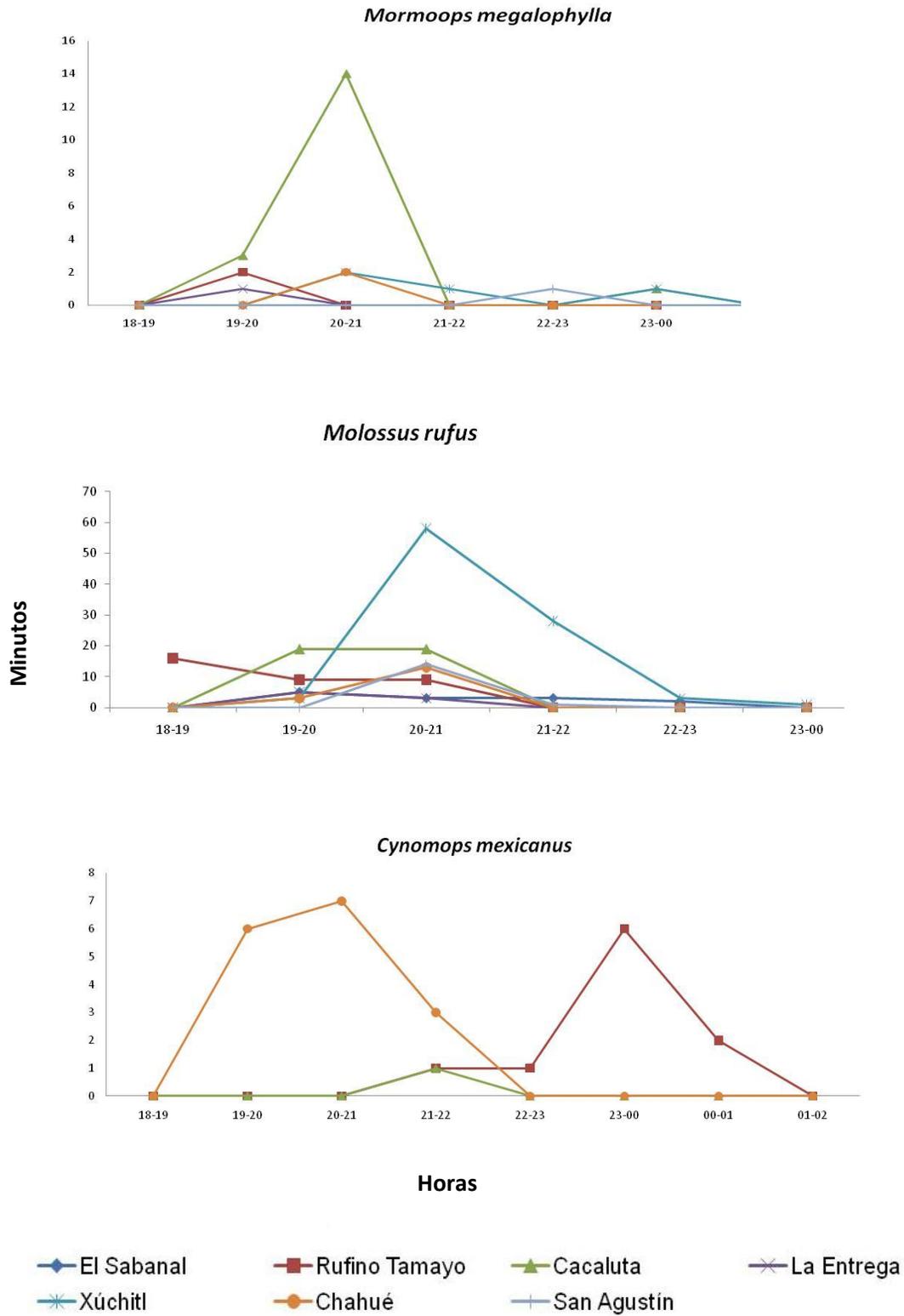


Figura 26. Horarios de actividad de especies de murciélagos registradas por monitoreo acústico en el PNH.

## VIII. DISCUSIÓN

---

Las vocalizaciones emitidas por los murciélagos han sido estudiadas desde hace cuando menos cuatro décadas (O'Farrell *et al.*, 1999) concentrándose hasta hace poco en los murciélagos insectívoros; solo fue posible obtener información de los murciélagos herbívoros cuando micrófonos más potentes estuvieron disponibles (Gould, 1977; Kalko y Condon, 1998).

Las descripciones de vocalizaciones que a la fecha han sido publicadas incluyen características tales como la frecuencia (kHz), la forma, la anchura de banda y la duración (O'Farrell y Miller, 1997; O'Farrell y Miller, 1999; O'Farrell *et al.*, 1999), hasta algunas que consideran parámetros tales como los armónicos o la intensidad (Jung *et al.*, 2007; Macías y Mora, 2003; Rydell *et al.*, 2002). Todos estos trabajos concuerdan en que es posible identificar patrones en las vocalizaciones de los murciélagos que se alimentan de presas móviles, a los que han llamado firmas vocales (O'Farrell y Miller, 1999).

Algunos autores concentran la descripción de las firmas vocales en tres características: frecuencia máxima, mínima y la duración de los llamados. Esto puede no ser suficiente, ya que las características de dichas firmas están relacionadas con el nicho ecológico, el tipo de vuelo y la variación entre organismos, por lo que especies de la misma familia pueden presentar patrones similares que no son fáciles de distinguir tomando en cuenta únicamente tres características. (Jones y Holderied, 2007; O'Farrell y Miller, 1999; O'Farrell *et al.*, 1999).

La identificación de firmas vocales ha contribuido en la complementación de inventarios, al agregar el registro de especies de vuelos por arriba del dosel y que por tanto son difíciles de capturar por medio de los métodos convencionales (García-García *et al.*, 2009; MacSwiney *et al.*, 2008; O'Farrell y Gannon, 1999). En este trabajo el inventario es complementado, estudios previos donde se utilizaron redes de niebla como método de muestreo, reportan la presencia de 11 especies de murciélagos insectívoros y un piscívoro (Lira-Torres *et al.*, 2008; Negrete, 2004),

mientras que con la combinación de redes y muestreo acústico en este estudio se registraron 14 especies identificadas mediante firmas vocales, por capturas o ambos métodos.

Entre las especies que difieren está *B. io* que Negrete (2004) reporta en la temporada seca con la captura de cuatro individuos; Lira-Torres *et al.* (2008) indican que esta especie fue capturada, sin embargo no se encontró registro en colecciones ni publicaciones. Este trabajo agregó cuatro especies, *M. megalophylla*, *L. intermedius*, *C. mexicanus* y *T. brasiliensis*, sin embargo probablemente el número aumente si se realiza una revisión más detallada de los espectrogramas que no lograron ser identificados en este estudio.

El esfuerzo de muestreo fue de 27 noches y 216 horas, con lo cual se obtuvieron 6 785 secuencias, trabajos similares reportan resultados diferentes dependiendo del esfuerzo realizado en cada uno (Fuentes-Moreno, 2010; García-García *et al.*, 2009; Kalcounis-Rüpell *et al.*, 2003). Estrada *et al.* (2004) grabaron en los Tuxtlas, Veracruz, el mismo número de horas y registraron un número de secuencias parecido al de este estudio (6 734), sin embargo no proporciona datos sobre las especies encontradas para poder realizar una comparación más formal.

Se analizó el número de secuencias grabadas por mes y se encontró que septiembre y noviembre son los que obtuvieron un mayor número de archivos. Durante este periodo se grabó en bahía San Agustín, muelle Chahué y el Parque Ecológico Rufino Tamayo. El primer sitio reporta el mayor número de especies registradas, lo que indica que los organismos encuentran en este sitio las condiciones adecuadas para forrajear, por lo que mayor número de especies y secuencias pudieron ser grabadas. Los otros dos sitios se encuentran fuera del parque y en áreas urbanizadas, Hogberg *et al.* (2002) menciona que diversas especies de murciélagos prefieren volar cerca de bordes de vegetación o en áreas abiertas con pocos obstáculos por lo que muchas especies se han registrado forrajeando en sitios urbanos, bien iluminados y con remanentes de vegetación (Cú, 2009).

## Caracterización acústica de las especies

Pocas especies han sido descritas acústicamente o bien las representaciones gráficas de tales llamados no son publicadas, haciendo imposible la comparación entre firmas vocales de especies de diferentes zonas, repercutiendo en la identificación correcta de las mismas.

La utilidad de conocer las características de las firmas vocales se enfoca en primer aspecto al reconocimiento de las especies y en segundo término a la identificación de los sitios en donde éstas pueden llevar a cabo sus actividades. En lugares abiertos, los llamados emitidos por murciélagos insectívoros serán con componentes de banda angosta, bajas frecuencias y mayor duración, mientras que en lugares con vegetación densa los llamados serán de banda ancha y de corta duración, incrementando el número de llamados en menor tiempo, es decir el murciélago necesita emitir mayor número de vocalizaciones en un sitio donde constantemente tiene que luchar con obstáculos además de realizar la búsqueda de sus presas (Kalcounis-Rüpell *et al.*, 2003).

Todos los embalonúridos se caracterizan por poseer un llamado de ecolocalización que consiste en un componente central de banda angosta y uno o dos descensos de frecuencia modulada (Jung *et al.*, 2007; O'Farrell y Miller, 1999). En el PNH se registró a *B. plicata* y *S. bilineata*, especies que cuentan con uno y dos componentes de frecuencia modulada respectivamente, aunque ambos llamados se categorizan en este trabajo como de frecuencia cuasi-constante, considerando que son de banda angosta y ligeramente modulados (Schnitzler y Kalko, 2001), lo que concuerda con lo establecido para *S. bilineata* en Belice (O'Farrell y Miller 1997, 1999).

El diseño de estos llamados se encuentra asociado a una alta sensibilidad auditiva que facilita la caza de presas al vuelo (Jung *et al.*, 2007; Schnitzler y Kalko, 2001). El componente de frecuencia cuasi-constante puede percibir ecos débiles de insectos pequeños con lo que el murciélago podrá detectar su aleteo (Jung *et al.*, 2007).

*B.plicata* presenta en el PNH, tal como ha sido reportado en otros trabajos, llamados de banda angosta con un componente de frecuencia central y un descenso de frecuencia posterior (Ibáñez *et al.*, 2002; Jung *et al.*, 2007). Vocalizaciones similares han sido reportadas para las otras dos especies del género, *B. io* y *B. infusca* (Ibáñez *et al.*, 2002; Jung *et al.*, 2007; O'Farrell y Miller, 1999), si bien estas últimas recuerdan más las emitidas por *S.bilineata*.

Ibáñez *et al.* (2002) reportan que la  $F_{\max}$  promedio de *B. plicata* varió de 42.1 kHz en la fase de búsqueda a 39.4 kHz en la fase de aproximación, mostrando una duración de 8.8 ms, mientras que Jung *et al.* (2002) registraron el pico de frecuencia del componente cuasiconstante en 42.6 kHz y la duración del llamado en 8.1 ms. Los datos obtenidos en el PNH constituyen el más alto registro de  $F_{\max}$  reportado para la especie (44.8 kHz), así como la menor duración (7.47 ms).

Las vocalizaciones de *B. plicata* fueron caracterizadas tomando de referencia secuencias grabadas de individuos que se liberaron a mano, así como de grabaciones realizadas en los refugios. Sin embargo, se registraron otros archivos con igual forma pero con frecuencias máximas y mínimas diferentes lo que indica una alta variación del llamado de esta especie o bien la presencia de otras especies como *Peropteryx macrotis*, *Peropteryx kappleri* y *Balantiopteryx io* todas con vocalizaciones similares. En otras especies de amplia distribución ha sido registrada una gran variación geográfica, lo cual podría ser el caso de *B. plicata* (O'Farrell *et al.*, 2000).

Las vocalizaciones descritas de *S. bilineata* mencionan la presencia de pulsos pareados, alternados en frecuencia (Barclay, 1983; Bradbury y Vehrencampen, 1976; Jung *et al.*, 2007; Ochoa *et al.*, 2000; O'Farrell y Miller, 1997; O'Farrell y Miller, 1999; O'Farrell *et al.*, 1999). El pulso bajo ha sido registrado entre los 42 y los 50 kHz en Costa Rica y Trinidad, así como en Panamá respectivamente (Barclay, 1983; Bradbury y Vehrencampen, 1976), dato que concuerda con lo reportado para esta especie en el PNH, donde la  $F_{\min}$  se encontró en 44.5 kHz y la máxima en 48 kHz; la duración del llamado fue de 7.9 ms, esto es, la más larga de todas las registradas (Barclay, 1983; Jung *et al.*, 2007; O'Farrell *et al.*, 1999).

Por otra parte, el pulso alto ha sido registrado con una frecuencia mínima que va desde los 45.1 kHz y alcanza los 53 kHz en Costa Rica y Trinidad, así como en Belice respectivamente (Bradbury y Vehrencampen, 1976; O'Farrell *et al.*, 1999). En este estudio el rango de frecuencia de este pulso fue de 46.9 kHz hasta los 49.9 kHz. La duración registrada es igual a la reportada por Jung *et al.* (2007) en Costa Rica y Panamá. Este tipo de vocalizaciones son empleadas por murciélagos que cazan insectos al vuelo o al ras del agua en bordes de vegetación o en espacios dentro de la vegetación (Schnitzler y Kalko, 2001).

Las especies de la familia Mormoopidae presentan poca variabilidad en sus llamados en comparación con especies de otras familias como la Molossidae, motivo por el cual han sido las especies mejor representadas en los estudios acústicos (Ibañez *et al.*, 1999; Macías y Mora, 2003; MacSwiney *et al.*, 2008; O'Farrell y Miller, 1999; Rydell *et al.*, 2002).

La estructura de los llamados de especies del género *Pteronotus* y *Mormoops* descrita en este estudio, fue similar a la comentada en otros trabajos e incluye componentes de frecuencia constante, cuasi-constante y modulada, características que les permite forrajear en espacios con vegetación densa o entre los bordos de vegetación (Macías y Mora, 2003; Schnitzler y Kalko, 2001). En este estudio los mormópidos no fueron registrados en playa La Entrega, sitio abierto y con poca vegetación alrededor.

De acuerdo a O'Farrell *et al.* (1999) el género *Pteronotus* presenta poca variabilidad en su forma y sus frecuencias (máxima y mínima) lo que permite una fácil y rápida identificación aún cuando las vocalizaciones sean pocas o se encuentren fragmentadas como ocurrió en este estudio con *P. personatus*.

Por el contrario *P. davyi* presenta una variación entre las frecuencias reportadas en otros estudios realizados en Panamá, Belice y México (Ibañez *et al.*; 1999; O'Farrell y Miller, 1997). En estos estudios realizados en lugares con selva alta perennifolia la frecuencia máxima fue de 68.1 kHz y la mínima de 58 kHz, mientras que en este estudio (realizado en selva baja caducifolia) las frecuencias fueron de 72.43 kHz y 59.42 kHz respectivamente.

Ibañez *et al.* (1999) comentan sobre otros dos casos de *P. davyi* grabados en México (en selvas secas) y con frecuencias más altas (70.2-74.2 kHz) que las registradas para Panamá en el mismo estudio, lo que indica la variación de frecuencias entre los sitios de estudio que puede deberse a diferencias entre los tipos de vegetación o a condiciones ambientales.

La especie con anchura de banda más grande en este estudio fue *N. leporinus*, poco estudiado en sus vocalizaciones (Ochoa *et al.*, 2000; O'Farrell y Miller, 1999; O'Farrell *et al.*, 1999). Este es uno de los primeros trabajos que describen los llamados de esta especie en México. La anchura de banda indica que se trata de un murciélago que forrajea dentro o entre los bordes de vegetación; sin embargo, el esfuerzo es mayor ya que al cazar al ras del agua, enfrenta retos perceptuales y mecánicos (Schnitzler y Kalko, 2001).

La estructura del llamado del murciélago piscívoro citada para otros estudios muestra una gran similitud a la encontrada en este trabajo. O'Farrell y Miller (1999) describen la vocalización compuesta de un primer segmento de frecuencia constante seguido de un componente de frecuencia modulada, mientras que O'Farrell *et al.* (1999) lo describen con un componente de frecuencia cuasi-constante seguido de un segmento de frecuencia modulada, lo que concuerda con la descripción de este trabajo.

Las especies con componentes de frecuencia cuasi-constante casi siempre son estables en su frecuencia máxima y por el contrario la frecuencia mínima puede ser más variable. En este estudio se reporta una  $F_{\max}$  de 56.60 ( $\pm 1.33$ ) y una  $F_{\min}$ , menos estable de 34.82 ( $\pm 3.95$ ), lo que difiere de grabaciones realizadas por O'Farrell *et al.* (1999) en Belice ( $F_{\max}$  51.2,  $F_{\min}$  40.7). *N. leporinus* se encontró en todos los sitios que presentaron cuerpos de agua.

Las especies de la familia Molossididae son organismos, con alas largas y angostas que les permiten un vuelo rápido pero poco maniobrable por lo que prefieren forrajear en espacios abiertos, donde el gasto energético es mínimo en comparación de un vuelo en lugares con demasiados obstáculos (Hogberg *et al.*, 2002). Estas características morfológicas hacen que las especies de esta familia presenten vocalizaciones de frecuencias bajas, de banda angosta y de larga

duración. Si una presa es detectada los murciélagos pueden ajustar sus vocalizaciones incrementando el índice de repetición y disminuyendo el tiempo, razón por la cual sus firmas vocales son altamente variables (Kalcounis-Rüpell *et al.*, 2003).

Este estudio reporta la presencia de tres especies de molósid ( *C. mexicanus*, *M. rufus*, y *T. brasiliensis*) con vocalizaciones en fase de búsqueda, las cuales se conforman de fragmentos de frecuencia cuasi-constante, banda angosta y de larga duración, como lo reporta Schnitzler y Kalko (2001), lo que les permite forrajear en espacios abiertos y con poca vegetación. *C. mexicanus* se reportó en muelle Chahué y el Parque Ecológico Rufino Tamayo, sitios urbanizados y por tanto, con espacios abiertos y algunos bordes de vegetación, mientras que *T. brasiliensis* estuvo presente en bahía Cacaluta donde se ubica un cuerpo de agua en un espacio abierto y vegetación. Siles *et al.* (2005) reportan datos similares de *T. brasiliensis* forrajear en sitios abiertos e iluminados como canchas de futbol y en sitios con agua y vegetación como parques y plazuelas en Cochabamba, Bolivia.

*C. mexicanus* fue la especie que registró el llamado con la mayor duración, sin embargo, este dato es altamente variable ( $74.85 \text{ ms} \pm 32.32$ ). Esta especie tuvo una  $F_{\min}$  de 20.80 kHz y  $F_{\max}$  de 25.95 kHz, lo que coincide con lo citado por Fuentes-Moreno (2010) en La Venta, Oaxaca (duración  $57.32 \text{ ms} \pm 16.05$ ,  $F_{\min}$  21.15 kHz y  $F_{\max}$  27.17) y por Ochoa *et al.* (2000) con 25 kHz promedio. Otros estudios realizados en La Ventosa, Oaxaca difieren con estos datos reportando un rango de 53-69 kHz de frecuencia y 6 ms de duración (García-García *et al.*, 2010).

*T. brasiliensis* en el PNH registró una  $F_{\min}$  de 25.86 kHz,  $F_{\max}$  de 28.73 kHz y duración de 10.79 ms. Datos similares se reportan en Bolivia con frecuencias de 22 a 28 kHz (Siles *et al.*, 2005) y en La Venta, Oaxaca, donde la duración fue de 8.69 ms ( $\pm 2.72$ ) y frecuencias de 27.32 a 34.04 kHz ( $\pm 3.16$ ; Fuentes-Moreno, 2010). Por el contrario García-García *et al.* (2010) registraron medidas superiores, ( $F_{\min}$ = 36.4 kHz,  $F_{\max}$ = 47.3 kHz, duración= 5.4 ms).

Otros estudios realizados en Belice registran a la especie y aunque no proporcionan medidas, en sus espectrogramas se observan rangos de 28 a 50 kHz

aproximadamente y llamados en forma casi vertical lo que indica que probablemente esta especie fue grabada mientras emitía vocalizaciones en fase de aproximación (O'Farrell *et al.*, 1999).

*M. rufus* presentó llamados ligeramente alternados con  $F_{\min}$  y  $F_{\max}$  de 21.32 y 26.72 kHz respectivamente y una duración de 15.41 ms ( $\pm 2.47$ ). En La Venta, Oaxaca Fuentes-Moreno (2010) reporta una  $F_{\min}$  de 25.16 kHz ( $\pm 4.05$ ), una  $F_{\max}$  de 29.70 kHz ( $\pm 3.74$ ) y una duración de 11.08 ms ( $\pm 3.55$ ), datos similares a los reportados para el PNH. Registros diferentes a los de este estudio se reportan para Belice (O'Farrell *et al.*, 1999), con medidas de 24 a 38 kHz y secuencias con llamados más alternados.

MacSwiney *et al.* (2008 y 2009) reportan para Yucatán a esta especie como rara y es descrita con componentes de banda ancha, diferente a lo que se considera en este estudio y con una duración de 13.4  $\pm 3.6$ , sin embargo sus espectrogramas son poco visibles por lo que no se pudieron comparar a detalle. También reportan a *M. sinaloae*, *Nyctinomops laticaudatus* y cinco especies no identificadas de esta misma familia, una de las cuales presenta similitudes con lo que en este trabajo se describió como *C. mexicanus*.

Un molósido puede tener dos y hasta tres vocalizaciones diferentes, por tal motivo pocos estudios han registrado la presencia de estas especies en sus zonas de estudio (Fuentes-Moreno, 2010; García-García, 2010; MacSwiney *et al.*, 2008; Mac Swiney *et al.*, 2009; Ochoa *et al.*, 2000; O'Farrell y Miller, 1999; O'Farrell *et al.*, 1999; Schnitzler y Kalko, 2001; Siles *et al.*, 2005) y muchas veces, las medidas descriptivas de las vocalizaciones y sus espectrogramas no son publicados lo que reduce las posibilidades de tener un mayor conocimiento sobre llamados tan variables, además de que es imposible la comparación con registros de sitios diferentes.

La familia Vespertilionidae ha sido de las primeras y las más estudiadas por muestreo acústico. En localidades de Estados Unidos y Canadá se ha concentrado la mayoría de los estudios enfocándose principalmente a especies del género *Myotis*, no obstante algunos autores han realizado trabajos en diversos lugares y con otros géneros (Broders *et al.*, 2004; Fenton y Bell, 1979; Fenton *et al.*, 1976;

Fenton *et al.*, 1983; Gannon *et al.*, 2001; Gannon *et al.*, 2004; Horberg *et al.*, 2002; Ochoa *et al.*, 2000; O'Farrell, 1997; O'Farrell y Gannon, 1999; O'Farrell *et al.*, 1999; O'Farrell *et al.*, 2000; Wund, 2006).

Los vespertiliónidos se caracterizan por emitir vocalizaciones “simples”, poco variables, de forma vertical, por lo regular con segmentos de banda ancha, poca duración y frecuencias variables (O'Farrell, 1997). Este tipo de llamados les permiten forrajear entre vegetación densa, algunos sobre sustrato, arriba del dosel y otros en bordes de vegetación (Schnitzler y Kalko, 2001). En el PNH, se reportaron vocalizaciones que ayudaron a identificar a tres especies pertenecientes a esta familia *L. blossevillii*, *L. intermedius* y *L. xanthinus*, las grabaciones de estas especies fueron pocas, 18, 5 y 2 secuencias respectivamente y fueron encontradas en bahía San Agustín y muelle Chahué.

Los únicos trabajos que describen las vocalizaciones de *L. blossevillii* son los de Fuentes-Moreno (2010) y García-García *et al.* (2009), quienes reportan para La Venta y La Ventosa, Oaxaca a esta especie con  $F_{\min}$  de 43.58 y 48.6 kHz,  $F_{\max}$  de 62.89 y 70.41 kHz, duración de 6.11 y 4.05 ms respectivamente. Datos similares se encontraron en los llamados de obtenidos en el PNH,  $F_{\min}$  de 45 kHz,  $F_{\max}$  de 62.15 kHz y duración de 5.23 ms.

MacSwiney *et al.* (2008 y 2009) reportan para la Península de Yucatán a *L. intermedius*, los espectrogramas mostrados en su trabajo muestran similitud con los de este estudio y Rydell *et al.* (2002) graban y observan a la especie volando por arriba del dosel y cerca de un estanque, condiciones similares a las de bahía San Agustín donde se registró a la especie en el PNH.

### **Eventos de caza y actividad de los murciélagos**

Además de la identificación de especies de murciélagos insectívoros, el estudio de las vocalizaciones ha sido una herramienta extra para conocer los patrones de actividad, abundancia y distribución de las especies. Diferentes autores han obtenido abundancia y actividad relativas mediante la observación directa de los organismos grabados, por el conteo de los eventos de caza y en

otros casos a través del conteo o el promedio de las secuencias registradas por minuto (Broders, 2003; Brooks y Ford, 2005; Estrada *et al.*, 2004; Fenton *et al.*, 1983; Hogberg *et al.*, 2002; Kalcounis-Rüpell *et al.*, 2003; Swystun *et al.*, 2001).

Cada secuencia o archivo ha sido tomado como un individuo activo, lo que puede arrojar datos sobreestimados ya que un solo organismo puede generar varias secuencias en un mismo minuto. Como mejor estimador de la actividad, en este estudio se utilizó el índice de actividad acústica (IA), propuesto por Miller (2001) y el conteo de los eventos de caza para conocer los sitios donde se alimentan los individuos. Se encontró que las especies más activas fueron *B. plicata* (318), *M. rufus* (212), *S. bilineata* (121) y *P. davyi* (88). MacSwiney *et al.* (2009) usando el mismo índice, reportan para la península de Yucatán abundancias de 304, 428 y 36 para *S. bilineata*, *P. davyi* y *M. rufus* respectivamente.

En el caso particular del murciélago *N. leporinus* se registraron 19.14 minutos de actividad, este resultado nos indica poca abundancia; sin embargo, la captura de organismos en bahía Cacaluta y los avistamientos en muelle Chahué indican lo contrario, por lo que se considera necesario realizar un estudio con esfuerzo de trabajo enfocado especialmente a sitios con cuerpos de agua.

Los sitios con mayor actividad fueron la Estación Biológica de Campo El Sabanal, arroyo Xúchitl y bahía Cacaluta (éstos dos últimos con cuerpos de agua). Dichos datos coinciden con lo reportado por MacSwiney *et al.* (2009) quienes encontraron actividad mayor en sitios con cenotes, mientras que Estrada *et al.* (2004) en los Tuxtlas, Veracruz, reportan los asentamientos humanos como el lugar más activo, seguido de setos vivos y fragmentos de selva.

Para todas las especies se encontró que la mayor actividad ocurrió al atardecer y que fue disminuyendo en el transcurso de la noche, algunos picos de actividad son observados a las 00:00 h, probablemente cuando los organismos regresan a sus refugios (Bateman y Vaughan, 1974; Milne *et al.*, 2005).

Los mormópidos estuvieron activos durante toda la noche. Bateman y Vaughan (1974) mencionan que estos murciélagos en Sinaloa, México, presentan mayor actividad después del ocaso y permanecen fuera de sus refugios hasta por 7 h, lo que coincide con lo encontrado en este trabajo. *P. davyi* fue la especie que

presentó mayor actividad en varios sitios, en la Estación Biológica de Campo El Sabanal presentó dos picos de actividad (20:00 y 00:00 h) mientras que en el resto de los sitios concentró su actividad en una hora. Bateman y Vaughan (1974) también reportan a *P. davyi*, como más activo en la primera mitad de la noche.

*P. parnellii* empezó su actividad al atardecer y se mantuvo a lo largo de la noche en menor proporción. Los llamados emitidos por esta especie le permiten cazar a sus presas en vuelo y además en sustrato (Simmons *et al.*, 1979), por lo que puede suponerse que todos los individuos salen de sus refugios en las primeras horas de la noche para obtener su alimento y posteriormente, quizá cuando la temperatura disminuye o algún otro factor ambiental cambia, se refugia entre las hojas de los árboles para seguirse alimentando (Milne *et al.*, 2005). Goodwin (1970) reporta a esta especie con un periodo de actividad que comienza al atardecer y que dura en forma constante de 5 a 7 h, lo que coincide con lo encontrado en este trabajo.

En este estudio se utilizó el conteo de eventos de caza con el fin de conocer los sitios donde las especies prefieren alimentarse y para complementar los resultados de actividad. La importancia de la ecología de la alimentación de los murciélagos insectívoros radica en que estas especies son consumidores de muchos invertebrados nocturnos y probablemente juegan un papel importante en el control de las poblaciones de insectos en muchas partes del mundo (Hutson *et al.* 2001).

Los murciélagos insectívoros son capaces de comer el 50-70% de su masa corporal en peso de insectos cada noche, aunque en algunos esta proporción alcanza el 100% (Kunz *et al.* 1995; Kurta *et al.* 1989).

Las especies que registraron mayor número de eventos de caza fueron *B. plicata* y *S. bilineata*, ambas se alimentan de escarabajos (Coleoptera) y mosquitos (Díptera), así como de avispas (Hymenoptera) y chinches (Hemiptera; Bradbury y Vehrencamp 1976, López-Forment 1981).

Estas mismas especies fueron las más activas, así mismo el sitio con mayor número de registros fue bahía Cacaluta en marzo y abril, meses que también registran el mayor número de eventos de caza. MacSwiney *et al.* (2009)

encontraron a *S. bilineata* como la segunda especie con mayor número de eventos de caza en Yucatán.

## IX. CONCLUSIONES

---

- En el PNH, por medio del muestreo acústico, se registraron cuatro especies más de murciélagos insectívoros (*M. megalophylla*, *L. intermedius*, *C. mexicanus* y *T. brasiliensis*) de las anteriormente reportadas.
- Este es uno de los primeros trabajos en México que describe las vocalizaciones de especies de murciélagos insectívoros tropicales. En general pocos estudios han proporcionado características de especies como *N. leporinus*, *C. mexicanus*, *T. brasiliensis*, *L. intermedius* y *L. xanthinus*.
- Los meses con mayor número de grabaciones fueron septiembre y noviembre que coinciden con el muestreo en los sitios con mayor registro de especies: bahía San Agustín y muelle Chahué. Playa La Entrega fue el lugar con menor riqueza y abundancia.
- *B. plicata* y *S. bilineata*, fueron las especies más abundantes. Por el contrario las que registraron menos secuencias y por tanto menor actividad fueron *M. megalophylla*, *T. brasiliensis*, *L. blossevillii*, *L. intermedius* y *L. xanthinus*. El conteo de eventos de caza arrojó datos sobre los sitios en los que se alimentaron las especies, las que obtuvieron mayor número fueron *B. plicata* y *S. bilineata* y el lugar con mayor número fue bahía Cacaluta. Un estudio al respecto puede proporcionar datos acerca de la cantidad de insectos consumidos por noche.
- Los horarios de actividad abarcaron el atardecer y las primeras horas de la noche. La familia más activa fue la Emballonuridae y la que tuvo actividad constante durante toda la noche fue la Mormoopidae.
- Se encontró que las vocalizaciones varían entre organismos de la misma especie, así mismo puede presentarse variaciones locales dependiendo del sitio de forrajeo. La creación de bibliotecas acústicas con datos estandarizados apoyará en la formación de un sólido conocimiento sobre vocalizaciones de microquirópteros y su utilidad debe ser considerada tan

importante como las colecciones anexas (tejidos, huellas, fotos) pertenecientes a colecciones científicas.

- El uso correcto de aparatos acústicos así como el buen manejo de los programas computacionales empleados en la lectura de los espectrogramas provee ventajas que facilitan la separación de las especies con firmas vocales de estructura física similar, sin embargo, diferentes medidas deben de ser utilizadas para una correcta identificación de especies.
- Los murciélagos son los depredadores primarios de insectos en la noche por lo que conocerlos, tomar en cuenta su distribución dentro de un área como el PNH e incluirlos en los planes de manejo de fauna silvestre y en la toma de decisiones es importante para conservar los procesos ecológicos naturales y la conservación de la diversidad.

## VIII. LITERATURA CITADA

---

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C.Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (cords.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. RTP 129-Sierra Sur y Costa de Oaxaca. CONABIO. México. Pp.499-503.
- Barclay, R.M.R. 1983. Echolocation calls of emballonurid bats from Panama. *Journal of Comparative Physiology*, 151:515-520.
- Barclay, R.M.R., J.H. Fullard, y D.S. Jacobs. 1999. Variation in the echolocation calls of de hoary bat (*Lasiurus cinereus*): influence of body size, habitat estructura, and geographic location. *Canadian Journal of Zoology*, 77:530-534.
- Bateman, G. C. y T.A. Vaughan. 1974. Nightly activities of Mormoopid bats. *Journal of Mammalogy*, 55: 45-65.
- Bradbury, J.W. y S.L. Vehrencamp. 1976. Social organization and foraging in emballonurid bats I. Field studies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 1:337-381.
- Britzke, E.R. 2003. Use of ultrasonic detectors for acoustic identification and study of bat ecology in the eastern United States. P.h.D. Thesis. Faculty of the Graduate School Tennessee Technological University. 65 p.
- Britzke, E.R. 2004. Designing monitoring programs with frequency division bat detectors: active vs. passive sampling. Pp. 79-83. *In: Bringham, R. M., et al. (Eds.). Bat Echolocation Research: tools, techniques and analysis. Bat Conservation international. Austin, TX.*
- Broders, H.G. 2003. Another quantitative measure of bat species activity and sampling intensity considerations for the design of ultrasonic monitoring studies. *Acta Chiropterologica*, 5 :235-241.
- Broders, H.G., S.C. Findlay y L. Zheng. 2004. Effects of clutter on echolocation call structure of *Myotis septentrionalis* and *M. lucifugus*. *Journal of Mammalogy*, 85:273-281.
- Brooks, R.T. y W.M. Ford. 2005. Bat activity in a forest landscape of Central Massachusetts. *Northeastern Naturalist*, 12:447-462.
- Castillo-Campos, G., P. Moreno-Casasola, M.E. Medina A. y P. Zamora C.1997. Flora de las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar, Universidad del Mar*, 3:3-44.

- Cervantes, F.A., S. Ramírez-Vite y J.N. Ramírez-Vite. 2002. Mamíferos pequeños de los alrededores del poblado de Tlanchinol, Hidalgo. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 73:225-237.
- Chávez, C. y G. Ceballos. 2001. Diversidad y abundancia de murciélagos en selvas secas de estacionalidad contrastante en el oeste de México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 5:27-44.
- CONANP. 2003. Programa de Manejo Parque Nacional Huatulco, México. Comisión de Áreas Naturales Protegidas. Oaxaca, México. 205 p.
- Cú, V.J.D. 2009. Efectos de la luz en la actividad de los murciélagos insectívoros en la Ciudad de San Francisco de Campeche, México Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche. 71 p.
- Dourojeanni, M. J. y A. Tovar. 1971-1974. Notas sobre el ecosistema y la conservación de la Cueva de las Lechuzas (Parque Nacional de Tingo María, Perú). *Revista Forestal del Perú*, 5:1-19.
- Estrada, A., C. Jiménez, A. Rivera y E. Fuentes. 2004. General bat activity measured with an ultrasound detector in a fragmented tropical landscape in Los Tuxtlas, Mexico. *Animal Biodiversity and Conservation*, 27:5-13.
- Fenton, M.B., J.J. Belwood y J.H. Fullard. 1976. Responses of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae) to calls of conspecifics and to other sounds. *Canadian Journal of Zoology*, 54:1443-1448.
- Fenton, M. B. y G. P. Bell. 1979. Echolocation and feeding behaviour in four species of *Myotis* (Chiroptera). *Canadian Journal of Zoology*, 57:1271-1277.
- Fenton, M.B. y H.G. Merriam. 1983. Bats of Kootenay, Glacier, and Mount Revelstoke national parks in Canada: identification by echolocation calls, distribution, and biology. *Canadian Journal Zoology*, 61:2503-2508.
- Fenton, M.B. 1988. Detecting, recording, and analyzing vocalizations of bats. Pp. 91-104. *In*: T.H. Kunz (Ed.). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Fenton, M.B., L. Acharya, D. Audet, M.B.C. Hickey, C. Merriman, M.K. Obrist y D.M. Syme. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitats disruption in the neotropics. *Biotropica*, 24:440-446
- Fuentes-Moreno, H., J.Y. García M., V.V. Cortés G., M. García L. y M.A. Briones-Salas. 2008. Actividad de los murciélagos bigotudos (Chiroptera: Mormoopidae) en un

- ambiente tropical fragmentado de Oaxaca, México. Memorias del IX Congreso Nacional de Mastozoología. Autlán de la Grana, Jalisco. México.
- Fuentes-Moreno, H. 2010. Estructura del ensamble de murciélagos de La Venta, Oaxaca, México. Tesis de Maestría en Ciencias. CIIDIR Oaxaca, IPN. 63p.
- Galindo-González, J. 2004. Clasificación de los murciélagos de la región de los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 20:239-243.
- Gannon, W.L., R E. Sherwin, T.N. DeCarvalho y M.J. O'Farrell. 2001. Pinnae and echolocation call differences between *Myotis californicus* and *M. ciliolabrum* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Acta Chiropterologica*, 3:77-91.
- Gannon, W.L., M.J. O'Farrell, C. Corben y E.J. Bedrick. 2004. Call Character Lexicon and Analysis of Field Recorded Bat Echolocation Calls. Pp. 478-486. *In*: J. A. Thomas, C. F. Moss y M. Vater (Eds.) *Echolocation in Bats and Dolphins*. University of Chicago Press, Chicago. USA.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación Climática de Köppen. Segunda edición. UNAM, México.
- García-García, J.L., A. Santos-Moreno, A.E. Hernández-Cruz y M. Pérez-Lustre. 2009. Murciélagos de la Ventosa, Oaxaca: comparación entre el muestreo convencional y el muestreo acústico. *Naturaleza y Desarrollo*, 7:19-29.
- Gobierno Federal. 2002. Legislación de Ecología. SISTA. México. pp. 1-85.
- Goodwin, R.E. 1970. The ecology of Jamaican bats. *Journal of Mammalogy*, 51:571-579.
- Gould, E. 1977. Echolocation and Comunicación. Pp.13:1-364 *In*: Baker, R.J., J.K. Jones Jr. y D.C. Carter (Eds.). *Biology of the bats of the New World family Phyllostomatidae*. Part II. Special Publications, The Museum, Texas Tech University.
- Hernández-Mijangos, L.A., R. Gálvez M., M. Díaz N. y C.M. Cruz D. 2008. Nuevas localidades en la distribución de murciélagos filostómidos (Chiroptera Phyllostomidae) en Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 12:163-169.
- Hogberg, L.K., K.J. Patriquin y R.M.R. Barclay. 2002. Use by bats of patches of residual trees in logged areas of the boreal forest. *The American Midland Naturalist*, 148:282-288.
- Hutson, A.M., S.P. Mickleburgh, y P.A. Racey (comp.). 2001. *Microchiropteran bats: global status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. x + 258p.

- Ibáñez C., A. Guillén, J. Juste B. y L. Pérez-Jordá. 1999. Echolocation calls of *Pteronotus davyi* (Chiroptera: Mormoopidae) from Panama. *Journal of Mammalogy*, 80:924-928.
- Ibáñez, C., J. Juste, R. López-Wilchis, L. Albuja y A. Núñez-Garduño. 2002. Echolocation of three species of sac-winged bats (*Balantiopteryx*). *Journal of Mammalogy*, 83:1049-1057.
- Íñiguez, D. L. I. 1993. Patrones ecológicos en la comunidad de murciélagos de la Sierra de Manantlán. Pp. 355-370. *In*: Medellín, R. A. y G. Ceballos (Eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México. Publicaciones especiales, Vol. 1*, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México.
- Jennings, N.V., S. Parsons, K.E. Barlow, y M.R. Gannon. 2004. Echolocation calls and wing morphology of bats from the West Indies. *Acta Chiropterologica*, 6:75-90.
- Jones, G. y M.W. Holderied. 2007. Bat echolocation calls: adaptation and convergent evolution. *Proceedings of the Royal Society London*, 274:905-912.
- Jung, K., E.K.V. Kalko y O.von Helversen. 2007. Echolocation calls in Central American emballonurid bats: signal design and call frequency alternation. *Journal of Zoology*, 272:125-137.
- Kalcounis-Rüppell, M.C., T.J. Brown, P.T. Handford y R. A. Ojeda. 2003. Preliminary notes on bat activity and echolocation in Northwestern Argentina. *Mastozoología Neotropical*, 10:331-339.
- Kalko, E.K.V. y M.A. Condon. 1998. Echolocation, olfaction and fruit display: how bats find fruit of flagellichorous curcubits. *Functional Ecology*, 12:364-372.
- Kunz, T.H., y A. Kurta. 1988. Capture methods and holding devices. Pp. 1-29. *In*: Kunz, T.H. (Ed.). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. USA. 533p.
- Kunz, T.H. y E.D. Pierson. 1994. Bats of the World: An introduction. Pp. 1-46. *In*: Nowak R.W. (Ed). *Walker's Bats of the World*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. USA.
- Kunz, T.H., J.O. Whitaker y M.D. Wadanoli. 1995. Dietary energetics of the insectivorous Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*) during pregnancy and lactation. *Oecologia*, 101: 407-415
- Kunz, T.H., D.W. Thomas, G.C. Richards, C.R. Tidemann, E.D. Pierson y P.A. Racey. 1996. Observational techniques for bats. Chapter 7:105-114. *In*: Wilson, D.E., F. Russell C., J.D. Nichols, R. Rudran y M.S. Foster (Eds.). *Measuring and Monitoring*

- Biological Diversity, Standard Methods for mammals. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. USA. 409p
- Kurta, A., G.P. Bell, K.A. Nagy y T.H. Kunz. 1989. Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology*, 62:804-818.
- Lira-Torres, I., M.A. Camacho-Escobar y C. Hernández-Santiago. 2008. Mamíferos de la Bahía y Micro-Cuenca del Río Cacaluta, municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca. Pp. 269-282. *In*: Domínguez-Licona, J.M. (Ed.). Diagnóstico de los Recursos Naturales de la Bahía y Micro-Cuenca del Río Cacaluta, municipio de Santa María Huatulco, Oaxaca. UMAR. SEMARNAT. CONACYT. México.
- López-Forment, W. 1981. Algunos aspectos ecológicos del murciélago *Balantiopteryx plicata* Peters, 1867 (Chiroptera: Emballonuridae) en México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 50: 673-699.
- Macías, S. y E.C. Mora. 2003. Variation of echolocation calls of *Pteronotus quadridens* (Chiroptera: Mormoopidae) in Cuba. *Journal of Mammalogy*, 84:1428-1436.
- MacSwiney, G.M.C., B. Bolívar C., F. M. Clarke y P. A. Racey. 2006. Nuevos registros de *Pteronotus personatus* y *Cynomops mexicanus* (Chiroptera) en el Estado de Yucatán, México. *Revista mexicana de Mastozoología*, 10:80-87.
- MacSwiney, G.M.C., F.M. Clarke, y P.A. Racey. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology*, 45:1363-1371.
- MacSwiney, G.M.C., B. Bolívar C., F. M. Clarke y P. A. Racey. 2009. Insectivorous bat activity at cenotes in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Acta Chiropterologica*, 11:139-147.
- Medellín, R.A. 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. Pp. 333-354. *In*: Medellín, R. A. y G. Ceballos (Eds.). *Avances en el estudio de los mamíferos de México. Publicaciones especiales, Vol. 1, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México.*
- Medellín, R.A., H.T. Arita y Ó. Sánchez H. 1997. Identificación de los murciélagos de México clave de campo. *Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C., Publicaciones especiales Num. 2. México D.F. 83p.*
- Medellín, R.A., M. Equihua y M.A. Amín. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforests. *Conservation Biology*, 6:1666-1675.
- Miller, B.W. 2001. A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. *Acta Chiropterologica*, 3:93-105.

- Milne, D.J., A. Fisher, I. Rainey y C.R. Pavey. 2005. Temporal patterns of bats in the top end of the northern territory, Australia. *Journal of Mammalogy*, 86:909-920.
- Morrison, D.W. 1978. Lunar phobia in a neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera:Phyllostomidae). *Animal behavior*, 26:852-855.
- Negrete, N.E.E. 2004. Contribución al conocimiento de la Chiropterofauna del Parque Nacional Huatulco Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 75 p.
- Ochoa, G.J., M.J. O'Farrell y B.W. Miller. 2000. Contribution of acoustic methods to the study of insectivorous bat diversity in protected areas from northern Venezuela. *Acta Chiropterologica*, 2:171-183.
- O'Farrell, M.J. 1997. Use of echolocation calls for the identification of free-flying bats. *Transactions of the Western Section of the Wildlife Society*, 33:1-8.
- O'Farrell, M.J. y B.W. Miller. 1997. A new examination of echolocation calls of some neotropical bats (Emballonuridae and Mormoopidae). *Journal of Mammalogy*, 78:954-963.
- O'Farrell, M.J. y W.L. Gannon. 1999. A Comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *Journal of Mammalogy*, 80:24-30.
- O'Farrell, M.J. y B.W. Miller. 1999. Use of Vocal signatures for the Inventory of Free-flying Neotropical Bats. *Biotropica*, 31:507-516.
- O'Farrell, M.J., B.W. Miller y W.L. Gannon. 1999. Qualitative Identification of free-flying bats using the anabat detector. *Journal of Mammalogy*, 80:11-23.
- O'Farrell, M.J., C. Corben, y W.L. Gannon. 2000. Geographic variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*). *Acta Chiropterologica*, 2:185-196.
- Ortiz, P.M.A., J.R. Hernández S. y J. M. Figueroa M-E. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. Pp. 43-54. *In: García-Mendoza, A.J., M.A. Ordoñez y M. Briones-Salas (Eds.). Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México.*
- Ramírez-Pulido J., J. Arroyo-Cabrales y A. Castro-Campillo. 2005. Estudio Actual y Relación Nomenclatural de los Mamíferos Terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 21:21-82.
- Rascón, E.J.A. y C. López-González. 2008. Catálogo de ultrasonidos de murciélagos de algunas localidades del estado de Durango. *Memorias del IX Congreso Nacional de Mastozoología. Autlán de la Grana, Jalisco. México.*
- Roots, E.H. y R.J. Baker. 2007. *Rhogeessa parvula*. *Mammalian species*, 804:1-4.

- Rydell, J., L.A. Miller y M.E. Jensen. 1999. Echolocation constraints of Daubenton's bat foraging over water. *Functional Ecology*, 13:247-255.
- Rydell, J., H.T. Arita, M. Santos y J. Granados. 2002. Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, México. *Journal of Zoology*, London, 257:27-36.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México, D.F. 432p.
- Schnitzler, H.U. y E.K.V. Kalko. 2001. Echolocation by insect-eating bats. *BioScience* 7:557-569.
- Siles, L., D. Peñaranda, J.C. Pérez-Zubieta y K. Barboza. 2005. Los murciélagos de la ciudad de Cochabamba. *Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental*, 18:51-64.
- Simmons, J.A., M.B. Fenton y M.J. O'Farrell. 1979. Echolocation and pursuit of prey by bats. *Science*, 203: 16-21
- Simmons, N.B. 2005. Order Chiroptera. Pp. 312-529. *In*: Wilson, D.E. y D.M. Reeder (Eds.). *Mammals Species of the world: a taxonomic and geographic reference* Vol. 2. 3<sup>rd</sup> edition. The John Hopkins University Press.
- Swystun, M.B., J.M. Psyllakis y R.M. Brigham. 2001. The influence of residual tree patch isolation on habitat use by bats in central British Columbia. *Acta Chiropterologica*, 3:197-201.
- The Ramsar Convention on Wetlands. 2009. The list of wetlands of international importance.  
[http://www.ramsar.org/cda/ramsar/display/main/main.jsp?zn=ramsar&cp=1\\_4000\\_2](http://www.ramsar.org/cda/ramsar/display/main/main.jsp?zn=ramsar&cp=1_4000_2)
- Titley Electronics. 2006. Operation Manual. Anabat SD1 Compact Flash Bat Detector. Australia. 18p.
- Vaughan, T.A. 1988. *Mamíferos*. Interamericana. 3a. edición. México. 587 p.
- Wilson, E.O. 1988. The current state of biological diversity. Pp 3-18. *In*: Wilson, E. O (Ed.) *Biodiversity*. National Academy Press. 521p.
- Wilson, D.E. 2002. *Murciélagos respuestas al vuelo*. Universidad Veracruzana. México. 196 p.
- Wund, M.A. 2006. Variation in the echolocation calls of Little Brown Bats (*Myotis lucifugus*) in response to different habitats. *The American Midland Naturalist*, 156:99-108.