

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

Monitoreo acústico de murciélagos insectívoros en los Valles Centrales de 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

BIOL. MARGARITA GARCIA LUIS

Director de tesis: Dr. Miguel Ángel Briones Salas

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

Diciembre 2012.



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 22 del mes de noviembre del 2012 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: "Monitoreo acústico de murciélagos insectívoros de los valles centrales de Oaxaca"

Presentada por la alumna:

García Apellido paterno	Luis materno	Margarita nombre(s)								
			Con registro:	A	1	1	0	2	3	1

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
Director de tesis

Dr. Miguel Ángel Briones Salas

Dr. Rafael del Castillo Sánchez

Dra. María Cristina MacSwiney González

M. en C. Gladys Isabel Manzanero Medina

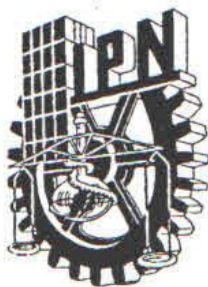
M. en C. Sonia Trujillo Argueta

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Rafael Pérez Pacheco



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



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 22 del mes noviembre **del año 2012**, el (la) que suscribe **García Luis Margarita** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A110231**, 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: "Monitoreo acústico de murciélagos insectívoros de los valles centrales de 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: posgradoox@ipn.mx ó mgarcial1006@ipn.mx Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.


García Luis Margarita



"Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo
y no en el resultado. Un esfuerzo total
es una victoria completa."
Mahatma Gandhi

"El secreto de mi felicidad está en no esforzarse
por el placer, sino en encontrar el
placer en el esfuerzo."
André Gide

Agradecimientos

Al CONACYT por la beca número 255960, fue un gran respaldo para llevar a cabo esta investigación y el posgrado.

Al Dr. Briones por aceptar dirigir este trabajo y por otorgar la beca PIFI durante la maestría.

A los integrantes del comité: Dr. Miguel Briones, Dr. Rafael del Castillo, Dra. Cristina MacSwiney, M. C. Graciela González y Dr. Gabriel Ramos, que semestre a semestre emitieron sus comentarios para mejorar este trabajo.

A los profesores de seminario: M. C. Gladys Manzanero, M. C. Sonia Trujillo, Dr. Rafel del Castillo y Dr. Rodolfo Solano, que revisaron el avance del trabajo de tesis e indicaron los procesos a seguir en cada semestre.

Al comité revisor de tesis: Dr. Miguel Briones, Dr. Rafael del Castillo, Dra. Cristina MacSwiney, M. C. Gladys Manzanero y M. C. Sonia Trujillo, por sus enriquecedoras sugerencias al manuscrito final, sin duda mejoraron la estructura y claridad del trabajo.

A las autoridades municipales de los sitios de colecta por otorgar los permisos correspondientes: Villa de Etla; Magdalena Ocotlán; San Miguel Tlanichico, Zaachila; San Raymundo Jalpan, Zimatlan de Álvarez. Además de las autoridades del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca por permitir el acceso al área que ocupa dicha institución y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Oaxaca (CIIDIR Oaxaca IPN) por autorizar el trabajo en el Jardín botánico Regional Cassiano Conzatti a digno cargo de la M. C. Gladys.

A los integrantes del grupo de trabajo de laboratorio de vertebrados terrestres de 2008 al 2012, M. Valdés, F. Huerta, H. Fuentes, V. Cortés, Y. Martínez, V. Vázquez, A. Vázquez, L. Gallardo, A. Santiago, M. Hernández, A. Mazas y C. Amaya. Estas dos últimas personas también apoyaron en la depuración de espectrogramas.

A N. Martín, por proporcionar apoyo para depositar ejemplares en la colección

mastozoológica OAX.MA.026.0497. A M. Cortés y C. MacSwiney por apoyar en la identificación de ejemplares.

A la Dra. MacSwiney por su interés y continuas revisiones al trabajo, su experiencia en la detección ultrasónica fue fundamental para desarrollar y comprender algunos temas.

Dedicatoria

Definitivamente este trabajo no se hubiera podido llevar a cabo sin el apoyo de tres personas: Mi director de tesis y mis papás.

Le agradezco al Dr. Briones por confiar en mi para ingresar y terminar el posgrado, a pesar de tener compromisos que podrían haber interferido para esta etapa. No olvidaré que ha formado parte fundamental de mi formación y gusto por los murciélagos, a veces tan incomprendidos.

Si de alguien he recibido mayor apoyo y confianza ha sido de los Señores Roberto García y Leonor Luis, que siempre me han hecho ver que cualquier cosa se puede lograr cuando uno quiere hacerlo y que no hay pretextos para avanzar y prepararse. Además del esfuerzo que han realizado al cuidar dos partes importantísimas de mí. Sin esta última ayuda terminar este posgrado habría sido ¡IMPOSIBLE!

A las dos partes de mí, que me han hecho conocer emociones múltiples y contrapuestas. ¡Ángeles y demonios al fin! Pero que sin ellas mucha inspiración y motivación habría faltado, porque ustedes Amely y Lía impulsan mis días.

A mis hermanos Roberto y Javier que aunque últimamente no han participado mucho de mis actividades, agradezco que en las pocas ocasiones juntos me hagan reír hasta llorar, porque principalmente esto sucede cuando estoy con ustedes. Y por hacerme al fin Tía... ya era hora, casi logran que sea tía abuela...

A la muy estimada Magaly por ser mi compañera y confidente en esta etapa. Por acompañarme al campo y de tanto cansancio ¡Pensar en montar un chivo para llegar más rápido!, por comprobar conmigo que ¡ya merito! A veces significan otros 5 km de caminata y que ¡falta mucho! Es solo un poco de tiempo. ¡Gracias!

A las personas que con sus actitudes y acciones me han hecho difícil el camino porque gracias a ellas me he fortalecido, aprendí a diferenciar las críticas constructivas de las que no lo son y a contar con los dedos de las manos las personas en las que puedo confiar.

ÍNDICE GENERAL	Pág.
RESUMEN.....	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	2
MARCO TEÓRICO.....	3
Consideraciones básicas del sonido	3
Detectores ultrasónicos	4
Formas de grabación	6
Términos utilizados en la identificación de firmas vocales	7
Llamado o pulso vocal	7
Firma vocal	9
Tipos de firmas vocales.....	9
Estudios con descripción de llamados de ecolocalización	11
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Descripción del área de estudio.....	11
Localización.....	11
Métodos	14
Trabajo de campo.....	14
Trabajo de gabinete	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
CONCLUSIONES.....	45
LITERATURA CITADA	45

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura 1. Intervalos de frecuencia en los que se divide el sonido.	3
Figura 2a. Ondas periódicas simples. 2b. Onda periódica compuesta	4
Figura 3a. Espectrograma de un sonido armónico. 3b. Espectrograma de un sonido inarmónico.	4
Figura 4. Estructura del llamado de <i>Pteronotus parnellii</i> .	7
Figura 5. Esquema de los tipos de hábitos de forrajeo.	8
Figura 6. Fases de forrajeo en una firma vocal.	9
Figura 7. Localización de la provincia fisiográfica de los Valles Centrales de Oaxaca.	12
Figura 8. Características cuantitativas generales de los llamados de ecolocalización	16
Figura 9. Archivos grabados y útiles durante un año de muestreo.	19
Figura 10. Minutos de actividad por familia o grupo en dos sitios de los VCO.	22
Figura 11. Eventos de caza por mes en dos sitios de los Valles centrales de Oaxaca.	24
Figura 12. Archivos útiles obtenidos en los sitios tres al diez en la región de los Valles Centrales.	25
Figura 13A. Medidas promedio de los llamados de <i>Mormoops megalophylla</i> . B. Espectrograma de la especie.	26
Figura 14A1y A2. Medidas promedio de los llamados de <i>Pteronotus davyi</i> .. B1 y B2 Espectrograma de la especie.	26
Figura 15A. Medidas promedio de los llamados de <i>Pteronotus parnellii</i> . B. Firma vocal de la especie.	27
Figura 16A. Medidas promedio de los llamados de <i>Tadarida brasiliensis</i> . B. Secuencia de pulsos de la especie.	29
Figura 17A1, A2, A3. Armónicos de la firma vocal de <i>Promops centralis</i> y sus valores promedio. 17B. Firma vocal de ecolocalización de <i>Promops centralis</i> .	30

Figura 18A1 y A2. Medidas promedio de los dos armónicos de la firma vocal de <i>Promops centralis</i> . 18B. Secuencia de llamados de <i>Promops centralis</i> .	31
Figura 19A. Medidas promedio del pulso de <i>Eumops</i> 12kHz. B. Firma vocal de la especie.	32
Figura 20A Medidas promedio del pulso de <i>Eumops</i> 16kHz. B. Firma vocal de la especie.	32
Figura 21. Características del llamado de <i>Myotis californicus</i> . Secuencia de pulsos de la especie.	35
Figura 22A. Valores promedio de los parámetros para los llamados de <i>Eptesicus fuscus</i> . B. Secuencia de llamados de la Especie	36
Figura 23A. Medidas promedio de los llamados de <i>Myotis</i> a 40 kHz. B. Secuencia de pulsos. C. Espectrograma que muestra la firma vocal de <i>Myotis ciliolabrum</i>	36
Figura 24A. Medidas promedio de los llamados del sonotipo de <i>Myotis</i> 50kHz. B. Secuencia de pulsos de la especie.	37
Figura 25A. Medidas promedio de las llamadas del sonotipo 1. B. Secuencias de pulsos de la especie.	39
Figura 26A. Medidas promedio de las llamadas del sonotipo 2. B. Secuencia de pulsos del sonotipo.	39
Figura 27A. Medidas promedio de los pulsos del sonotipo 3. B. Secuencia de pulsos.	40
Figura 28A. Medidas promedio de las llamadas del sonotipi 4. B. Firma vocal del sonotipo.	40
Figura 29A. Medidas promedio de los llamados del sonotipo 5. B. Secuencia de llamados del sonotipo.	41
Figura 30A. Medidas promedio de las secuencias del sonotipo 6. B. Secuencia de pulsos del sonotipo.	41
Figura 31A. Medidas promedio de las llamadas del sonotipo 7. B. Secuencia de llamados del sonotipo	42

INDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Especies identificadas en los sitios de muestreo de los VCO	18
Cuadro 2. Total del número de bloques de un minuto y porcentaje para cada especie insectívora y sonotipo registrado.	20
Cuadro 3. Eventos de caza para dos sitios.	23
Cuadro 4. Parámetros medidos en las especies de la familia Mormoopidae	28
Cuadro 5. Comparativo de los valores reportados para tres características de la fase de búsqueda de <i>Tadarida brasiliensis</i> .	29
Cuadro 6. Parámetros medidos en las especies de la familia Molossidae.	33
Cuadro 7. Parámetros medidos en las especies de la familia Vespertilionidae.	38
Cuadro 8. Parámetros medidos el grupo de los sonotipos.	43

RESUMEN

Los estudios sobre murciélagos son abundantes, sin embargo se han llevado a cabo con redes de niebla. Este método, produce un sesgo en la captura de especies insectívoras, ya que al alimentarse de presas móviles se mueven a grandes alturas y las redes no pueden alcanzarlas. Además de que estos murciélagos poseen un sistema de ecolocalización muy preciso que les ayuda a detectarlas fácilmente. Por lo que, desde hace aproximadamente 50 años se están utilizando aparatos de detección ultrasónica que permiten la visualización de los patrones de los sonidos que emiten estas especies y es posible su reconocimiento. Por ello, se les considera una importante herramienta complementaria para conocer la diversidad de quirópteros, describir la distribución espacial y temporal de actividad y el uso de hábitat. El presente estudio, midió el índice de actividad y eventos de caza de los murciélagos insectívoros en dos sitios, uno ubicado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán y el segundo en el municipio de Ocotlan de Morelos. Adicionalmente, se describieron las firmas vocales de las especies de diez sitios. Todo para la provincia fisiográfica de los de valles centrales de Oaxaca. Se realizó grabación con el detector Anabat SD1 en los dos primeros sitios durante 40 noches con un promedio de 8.5 horas cada noche. En los sitios restantes se obtuvieron firmas vocales durante una noche de muestreo. Se identificaron siete especies, dos géneros y siete sonotipos. Las especies con mayor actividad fueron *Promops centralis* y *Tadarida brasiliensis* con 92.16% y 51.37% del total de minutos muestreados (580 minutos promedio). Así mismo, estas especies tuvieron el mayor número de eventos de caza. En cuanto a la descripción de llamados, fue posible atribuir dos sonotipos a *Promops centralis*, uno obtenido en campo y otro por liberación de tres individuos. Se aumenta el listado de especies de la región con *Mormoops megalophylla* y *Pteronotus parnelli* al registrarse por primera vez. Finalmente, se considera necesario continuar con la investigación para determinar los patrones de actividad de insectívoros además de obtener grabaciones de firmas vocales en diferentes condiciones y considerando factores de variación que provean información sobre el repertorio de sonotipos de las especies.

ABSTRACT

The studies about bats are abundant, however have been carried out with mist nets. This method produces a bias in capturing insectivorous species as feeding on mobile prey move at high altitudes and the mist nets can not reach them. Besides these bats have a very precise echolocation system that helps them detect it easily. So, for about 50 years are using ultrasonic detection devices that allow the display of patterns of sounds that emit these species and possible recognition. Therefore, they are considered an important complementary tool to understand the diversity of bats, describe the spatial and temporal activity and habitat use. This study measured the activity index and hunting events of insectivorous bats in two places, one located in the municipality of Santa Cruz Xoxocotlán and second in the town of Ocotlán de Morelos. Additionally, vocal signatures of species described of ten sites. Everything for physiographic province of the central valley of Oaxaca. Recording was performed with the detector Anabat SD 1 in the first and two sites for 40 nights with an average of 8.5 hours each night. In the remaining sites were obtained vocal signatures sample overnight. We identified seven species, two genera and seven sonotipos. The most active species were *Promops centralis* and *Tadarida brasiliensis* with 92.16% y 51.37% respectively of the total sampled minutes (average 580 minutes). Furthermore, these species had the highest number of hunting events. Regarding the description of calls, it was possible to assign two sonotypes to *Promops centralis*, obtained in one field and another by release of three individuals. It increases the list of species in the region with *Mormoops megalophylla* and *Pteronotus parnelli* registered for first time. Finally, it's necessary to continue the investigation to determine the activity patterns of insectivorous plus get vocal signatures regarding in different conditions and factors of variation considering that provide information about repertoire of sonotypes of species.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países con alta biodiversidad, debido a que alberga el 10% de la biodiversidad terrestre del planeta y un alto número de endemismos. Sin embargo, actualmente enfrenta una vertiginosa pérdida de ésta. Atribuida principalmente, al crecimiento desmedido de la población humana que cada vez requiere una mayor cantidad de recursos para satisfacer sus necesidades (Mittermeier y Goettsch, 1992; Wilson, 1988). Entre las actividades que más demandan recursos se pueden mencionar: tala inmoderada, agricultura, ganadería, construcción de grandes ciudades, por mencionar algunas (Jung y Kalko, 2010; McKinney, 2006; Wilson, 1988).

Estas transformaciones en el ambiente provocan el desplazamiento o disminución de poblaciones silvestres afectando la dinámica natural de los ecosistemas (Jung y Kalko, 2010; McKinney, 2006; Wilson, 1988). Por lo tanto, la presencia y/o ausencia de ciertas especies pueden indicar el grado de perturbación de un área. Un grupo de mamíferos que ha sido utilizado en diversos estudios como indicador de la salud de los ambientes neotropicales son los quirópteros (Fenton *et al.*, 1992; Gehrt y Chelsvig, 2003; 2004; Jung y Kalko, 2010; McKinney, 2006; Williams y Perfecto, 2011).

Los estudios sobre este grupo son abundantes y en algunas regiones como la Neotropical se iniciaron desde hace más de 100 años, llevándose a cabo tradicionalmente con redes de niebla (Villa, 1966). No obstante, este método produce un sesgo en la captura de especies. Esto, debido a que los individuos pertenecientes a la familia Phyllostomidae de hábitos frugívoros vuelan a baja altura y son más fácilmente capturadas con redes. En contraste, los murciélagos de hábitos insectívoros se desplazan a mayores alturas y suelen registrarse poco (MacSwiney *et al.*, 2008).

Para solucionar esta dificultad de registrar especies insectívoras, se han desarrollado aparatos de detección ultrasónica, que permiten la visualización de los patrones de los sonidos ultrasónicos que emiten estas especies, ya que son muy distintivos y permiten el reconocimiento a nivel de especie (Barclay *et al.*, 1999; O'Farrell *et al.*, 2000; Murray *et al.*, 2001). Por ello, se les considera una importante herramienta complementaria para conocer la diversidad de quirópteros (Kuenzi y Morrison, 1998; MacSwiney *et al.*, 2008, O'Farrell y Miller, 1999).

Actualmente países como Australia, E. U. A., Canadá, Inglaterra, cuentan con algunas claves para la identificación de especies y bibliotecas de sonidos con registros bien documentados sobre la ecolocalización de las especies que constituyen su quiróptero fauna (Briggs, 2012; Erickson y West; Fisher *et al.*, 2005; Gannon y Ding, 2000; GNoR BIG, 2004; Herr y Klomp, 1995; Keinath; Milne, 2002; Pennay *et al.*, 2004). Cabe señalar que algunos de estos países se ubican en la región neártica donde el número de especies es bajo.

En contraste, el Neotrópico es una de las áreas con mayor biodiversidad pero hasta ahora, las claves y bibliotecas de sonidos de ecolocalización son escasas al igual que el uso y actividad de insectívoros en diferentes hábitats (Broders, 2003; Korine y Pinshow, 2004; Loeb y O'Keefe; Weller y Zabel, 2002). Lo que hace preponderante la integración de información de las firmas acústicas de las especies insectívoras para complementar los inventarios y utilizar índices para tener un acercamiento a los patrones de actividad de estas especies. Por ello, el presente estudio mide el índice de actividad y eventos de caza en dos sitios y describe las firmas vocales de los murciélagos insectívoros en diez sitios de la provincia fisiográfica de los de Valles Centrales de Oaxaca.

Objetivo general

- Medir la actividad de los murciélagos insectívoros y las características cuantitativas de sus firmas vocales en la provincia fisiográfica de los Valles Centrales de Oaxaca.

Objetivos específicos

- Determinar el índice de actividad y eventos de caza en dos sitios de la zona de estudio.
- Describir las características cuantitativas de los componentes de las firmas vocales de las especies registradas en diez sitios.
- Crear con los datos obtenidos una biblioteca de sonidos de referencia.

MARCO TEÓRICO

Consideraciones básicas del sonido

El sonido es el movimiento oscilatorio producido por un cuerpo vibrante en un medio gaseoso, líquido o sólido. La parte de la física que estudia los fenómenos del sonido es la *acústica*. La acústica puede extender su estudio a un intervalo de frecuencias (medida en Hertz, Hz o ciclos por segundo, cps) más allá del sonido perceptible al oído humano, que va desde los 20Hz a los 20 kHz. Por debajo de los 20hz se consideran infrasonidos y arriba de 20 kHz ultrasonidos (figura 1; Fernández y Pujal, 1992; Jaramillo, 2007).

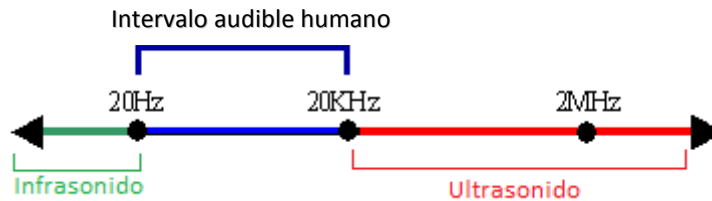


Figura 1. Intervalos de frecuencia en los que se divide el sonido. Imagen modificada de diccionario de informática, 2011. En: <http://www.alegsa.com.ar/Diccionario/l/2255>.

El sonido puede estar integrado por ondas simples, es decir constituido por una única frecuencia (figura 2a), sin embargo este tipo de ondas son un concepto teórico, debido a la dificultad de encontrarlas en la naturaleza u otro medio. En general, las ondas son complejas o compuestas (figura 2b) y son el resultado de la suma de ondas simples (Jaramillo, 2007).

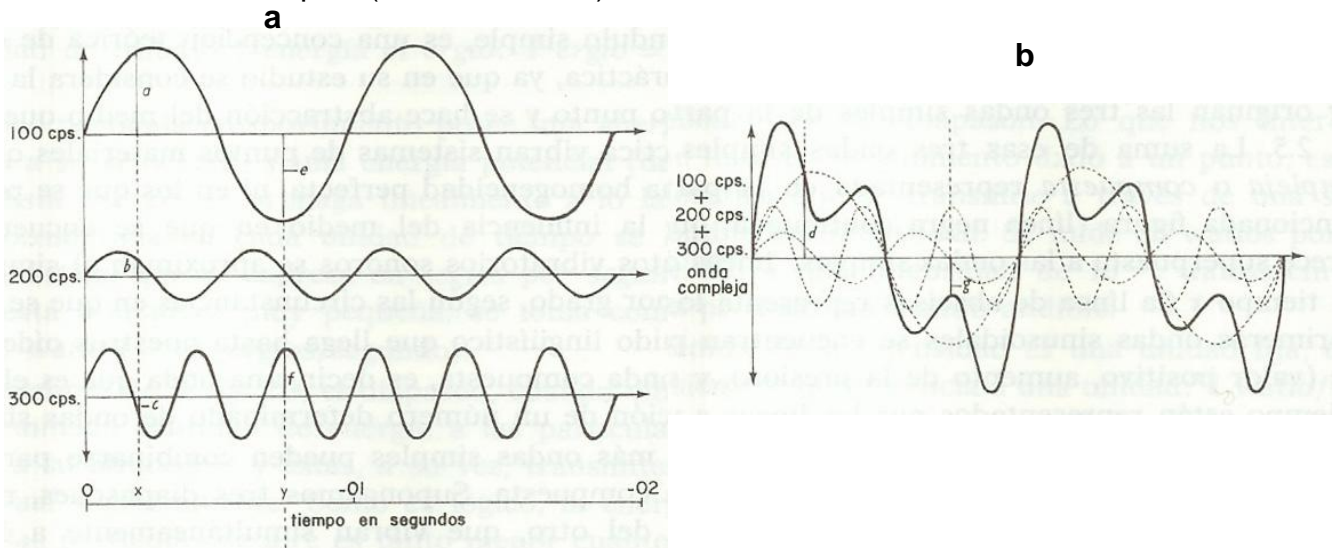


Figura. 2a. Ondas periódicas simples a 100 ciclos por segundo (cps), 200 cps y 300 cps. 1000

cps = 1000 Hz = 1 kHz. 2b. Onda periódica compuesta (línea continua) resultado de la suma de las tres ondas periódicas simples (línea punteada). Imágenes de Iribar, 2008.

Existen a su vez dos tipos de ondas complejas las periódicas y aperiódicas. En las primeras la frecuencia de cada una de las ondas simples (o armónicos) es un múltiplo de frecuencia fundamental (frecuencia más baja) además de que generan un espectro en línea debido a que se repiten periódicamente, se les denomina sonido armónico (figura 3a; Iribar, 2008).

Las segundas tienen componentes de todas las frecuencias generando así un espectro continuo y se les conoce como sonido inarmónico. Las diferencias entre los sonidos armónicos e inarmónicos producen espectrogramas diferentes (gráfica que muestra en X: tiempo y Y: frecuencia; figura 3b; Iribar 2008; Jaramillo, 2007).

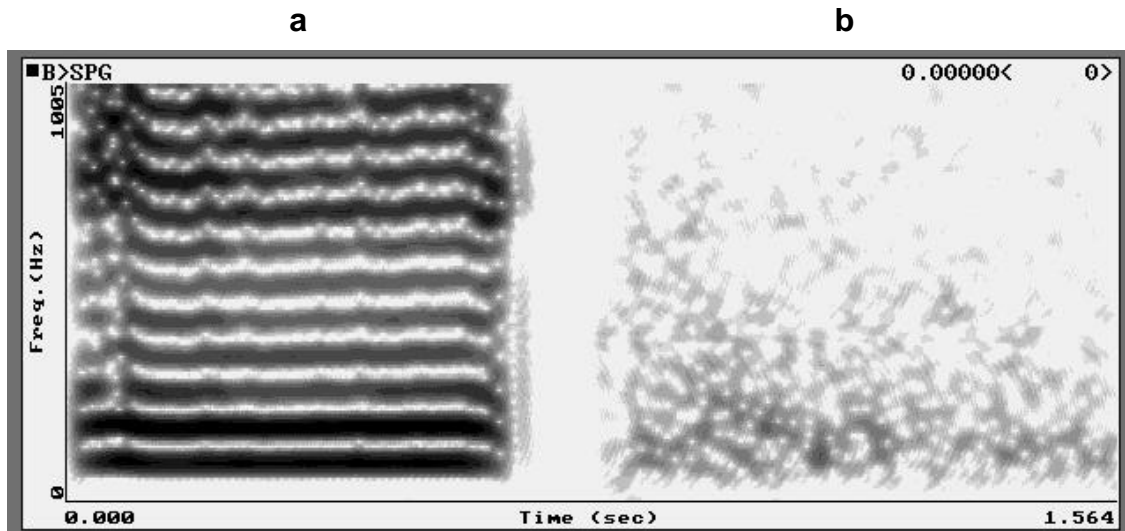


Figura 3a. Espectrograma de un sonido armónico. 3b. Espectrograma de un sonido inarmónico. Imagen tomada de: Iribar, 2008.

En el caso de los murciélagos, que son mamíferos capaces de emitir ondas sonoras en el intervalo de los ultrasonidos (Villalba, 1996), la obtención de las firmas vocales se realiza a través de aparatos especializados conocidos como detectores ultrasónicos.

Detectores ultrasónicos

Una gran variedad de los detectores ultrasónicos, ha sido utilizada en las últimas cuatro décadas para identificar murciélagos en vuelo (Alhén, 2004; O'Farrell

et al., 1999). En la actualidad, han sido clasificados de acuerdo a la técnica que usan para obtener el ultrasonido para su análisis. Existen varios tipos, sin embargo, sobresalen tres: Detectores de sistema heterodino, de división de frecuencia y de expansión de tiempo. Cada sistema tiene sus ventajas y desventajas para estudios de las vocalizaciones de murciélagos.

Sistemas de transformación de ultrasonido al intervalo audible

Sistema heterodino

Es un sistema sensible y tiene largo alcance para detectar murciélagos. La detección de pulsos de ecolocalización se hace en una banda estrecha ($10\text{kHz} \pm 5\text{kHz}$) por lo que esta debe ser sintonizada de acuerdo al intervalo de frecuencia que emite la especie de interés. La sensibilidad de este sistema permite a personas con cierto grado de experiencia determinar si el sonido tiene frecuencia constante o casi constante y la frecuencia aproximada. Además, también es posible oír otras cualidades del sonido (Alhén, 2004; Parson y Obrist, 2004).

Algunas desventajas son: las cualidades que se oyen son difíciles de medir; sólo se escuchan las ecolocalizaciones de los murciélagos que emiten en ese intervalo de frecuencia y se omiten las que están por debajo y por arriba de este. Sin embargo, una combinación de sistema heterodino y de división de frecuencia fue utilizada para solucionar estos inconvenientes hasta que el sistema de expansión de tiempo estuvo disponible (Alhén, 2004; BCM, 2009).

Sistema de expansión de tiempo

Conserva el sonido original con todos sus armónicos. Permite reproducir los llamados a una velocidad menor, por lo general 10 veces más lento (20 veces para las frecuencias muy altas). Esto hace audible todo el espectro de sonidos de los murciélagos. Estos sonidos pueden guardarse usando una grabadora relativamente de bajo costo (Alhén, 2004, Parson y Obrist, 2004).

Toda la información de las frecuencias, amplitud relativa, forma y otras características son guardadas para cada pulso de sonido. Es un excelente sistema para grabar muestras cortas de sonidos para analizarlas posteriormente. Sin embargo, tiene un tiempo limitado de almacenamiento (de uno a 10 segundos) debido a que las llamadas no son transformadas al mismo tiempo que son grabadas (Alhén, 2004; Pettersson, 2002).

Sistema de división de frecuencia (DF)

Utiliza un convertidor de banda ancha, que transforma toda la llamada en tiempo real. Los detectores que poseen este sistema ofrecen una herramienta de campo robusta y económica para realizar estudios por largos periodos de tiempo (BCM, 2009; Messina, 2002).

La llamada original de alta frecuencia es convertida a ondas cuadradas y dividida por una proporción seleccionada por el usuario (generalmente 4, 8, 10, 16 y 32). El detector cuenta cuantas veces los ciclos de las ondas sonoras van de negativo a positivo produciendo una señal de salida cada 1/4, 1/8, 1/10, 1/16, 1/32 de la señal de entrada (BCM, 2009).

La llamadas de frecuencia baja son mejor representadas en división de proporciones bajas. Y las llamadas de frecuencia alta deben ser grabadas a división de proporciones altas. Aunque los detectores de DF son menos sensibles que los heterodinos son capaces de producir una representación precisa de la llamada de un murciélago e incluyen información importante como forma, pendiente (slope), y frecuencia característica (BCM, 2009, Britzke, 2002).

ANABAT BAT DETECTOR SD 1 (Titley Electronics, Ballina, New South Wales, Australia)

Es un detector que utiliza el sistema de división de frecuencia combinado con el modulo de interfaz para análisis de cruces por cero (Zero-Crossing Analyses Interface Module, ZCAIM). Provee información del armónico más alto, puede también incluir el armónico fundamental o algún armónico subsecuente. Utiliza dos programas principales: CFcread para la extracción de datos de la tarjeta de memoria flash y el AnlookW para visualizar y analizar las llamadas después (Corben, 2002, 2011; Gannon *et al.*, 2004).

Formas de grabación

Los detectores pueden ser usados de dos formas activa (en presencia del investigador) y pasiva (investigador ausente).

Activa: Implica mover el detector para aumentar la posibilidad de grabar un murciélago en un área y seguirlo, lo cual incrementa la duración de la secuencia de

una llamada. Esto puede hacerse en un sitio específico (por ejemplo cerca de donde se colocó una red de niebla o en un cuerpo de agua) o puede usarse como muestra un área grande para mover el detector a lo largo de un transecto (Corben, 2002).

Pasiva: En esta, se ubica el detector en un sitio y se deja que el equipo guarde automáticamente las llamadas de ecolocalización detectadas. La grabación pasiva permite el muestreo simultáneo en varios sitios sin demandar mucho personal siempre y cuando se tenga un buen número de detectores (Corben, 2002).

Términos utilizados en la identificación de firmas vocales

Llamado o pulso vocal

Son cada uno de los sonidos emitidos durante la ecolocalización y se separan entre unos y otros por un espacio de silencio. En general, los pulsos poseen tres partes características: Extensión inicial, cuerpo (parte media del pulso) y extensión final (figura 4, Gannon *et al.*, 2004).

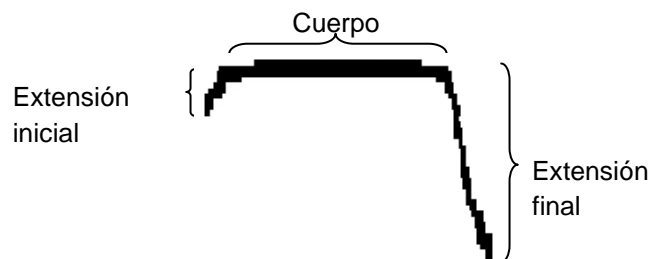


Figura 4. Estructura del llamado de *Pteronotus parnellii*.

Estos pulsos pueden clasificarse de acuerdo a los detalles en cuanto a tipo de frecuencia que exhibe en el análisis posterior a la grabación. Hay llamadas con frecuencia constante (CF), frecuencia modulada (FM), frecuencia cuasiconstante (QCF) y FM-CF-FM. La combinación de los tipos de frecuencia dependerá del área donde forrajea la especie que emite los pulsos (figura 5; Limpens y McCracken, 2002; Neuweiler, 1989; Schnitzler y Kalko, 2001).

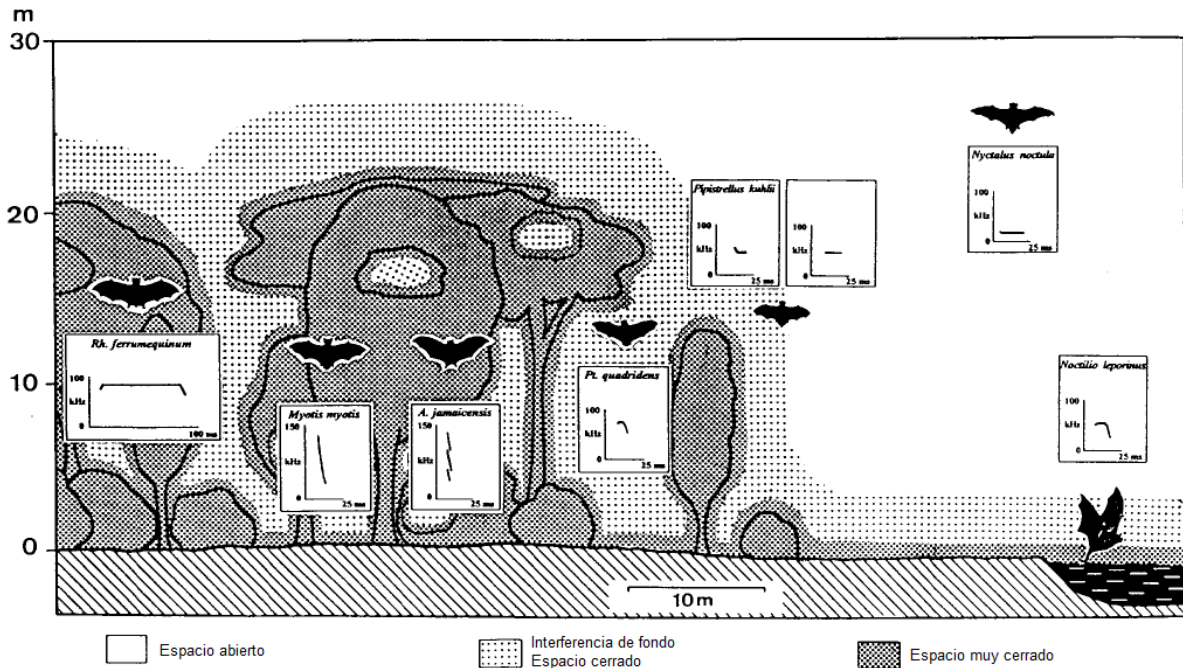


Figura 5. Esquema de los tipos de hábitos de forrajeo de acuerdo con la disposición del espacio, se muestran las siluetas y señales de búsqueda de especies representativas. En espacios abiertos, los murciélagos cazan lejos de la vegetación y el suelo. En espacios con vegetación de fondo que crea interferencia, cazan insectos voladores cerca de obstáculos (como bordes de vegetación, cerca del suelo o en la superficie del agua, en huecos entre y en la vegetación). En los espacios con vegetación densa forrajean volando cerca o posados en la vegetación o el suelo. La frontera entre espacios abiertos y cerrados se define por el comportamiento de ecolocalización de los murciélagos. Cuando entran de un espacio abierto a un cerrado, cambian de señales de banda ancha (FM) a banda estrecha (CF) y viceversa (Schnitzler y Kalko, 2001)

Problemas en el registro de llamadas por los detectores acústicos: depende de la atenuación que les pueda ocasionar la orientación y distancia del murciélago al micrófono, la presencia de obstáculos, variabilidad geográfica, humedad, viento y la presencia de individuos de la misma especie ecolocalizando en el mismo sitio (Betts, 1998; Gannon *et al.*, 2004; Ibañez *et al.*, 2004; Kazial y Masters, 2004; Masters *et al.*, 1995).

Atenuación atmosférica y humedad: La especies que emiten llamadas de frecuencias más allá de los 100kHz son más susceptibles a este tipo de atenuación que las de frecuencias más bajas, debido a que estos factores actúan como un filtro que disminuye la calidad de estas y hace más difícil su identificación (Fenton *et al.*, 1983; Lawrence y Simmons, 1982).

Variación geográfica: debido a la separación de poblaciones de murciélagos

se pueden encontrar diferencias en los llamados a pesar de pertenecer a la misma especie. Esta hipótesis ha sido evaluada en algunas especies como *Lasiurus cinereus*. De acuerdo a Barclay *et al.* (1999) exhibe diferencias significativas en las llamadas en las dos regiones diferentes del estudio, lo que dificulta la separación de la especie.

Sin embargo, O'Farrell *et al.*, (2000) en el análisis a este respecto en la misma especie, consideran que existe este tipo de variación pero no necesariamente afecta la habilidad para identificarla. Además, anota que para evaluarla en cualquier especie es necesario considerar si la variación no se debe más bien a factores ambientales, el tamaño de la muestra evaluado, el contexto de la grabación o al comportamiento de la especie.

Firma vocal

Se le conoce así al conjunto de llamados que están contenidos en un archivo, en esta secuencia se pueden reconocer tres fases: A. fase de búsqueda, son pulsos emitidos con el fin de reconocer y ubicarse en el sitio o para localizar una posible presa; B. fase de aproximación, se inicia cuando se ha localizado una presa por lo que la repetición de pulsos se incrementa y C. fase de caza, la cercanía de la presa es tal que es posible su captura y la repetición de pulsos es mayor (figura 6, Gannon *et al.*, 2004)

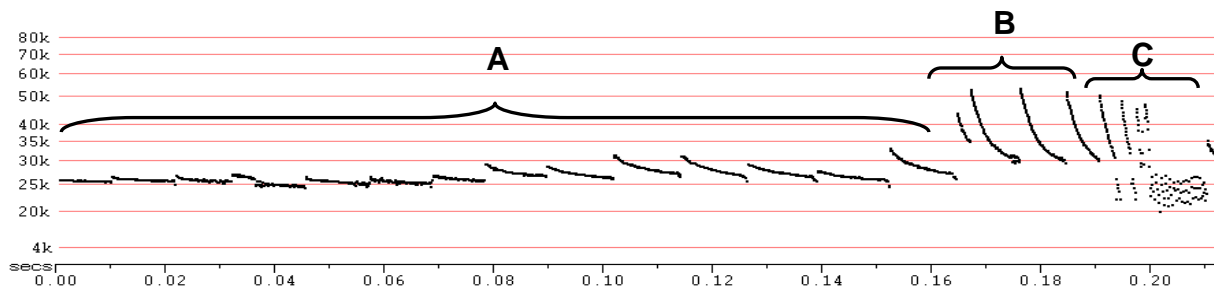


Figura 6. Fases de forrajeo en una firma vocal. A. fase de búsqueda, B. fase de aproximación y C. fase de caza.

Tipos de firmas vocales

De ecolocalización

Los murciélagos que ecolocalizan usan sonidos de alta frecuencia (ondas muy

cortas) para aumentar los detalles que obtendrán de sus objetivos (Griffin, 1958 citado por Fenton, 2003). Los pulsos se emiten a través de la laringe, chocando con cualquier obstáculo que se encuentra a su paso y cuando el eco regresa, los murciélagos lo escuchan. El sistema es muy preciso y la imagen que se forma permite que estos detecten la presencia, forma, distancia y movimiento de los objetos con los que los sonidos chocaron (Romero *et al.*, 2006; Schnitzler y Kalko, 2001).

En promedio, los murciélagos pueden escuchar ultrasonidos en un radio de 1m y no más de 6m; ya que el sonido viaja alrededor de 34m por segundo, el eco de un insecto que se encuentra a 1 m de distancia regresa en 3 milisegundos, este tiempo es muy corto para que un murciélago pueda localizar y atrapar a su presa (Romero *et al.*, 2006).

Sociales

Los murciélagos además de las llamadas de ecolocalización producen otro tipo, conocidas como vocalizaciones sociales. Se diferencian de las primeras en el intervalo de frecuencia, ya que suelen encontrarse en frecuencias bajas (20kHz) y constantes (CF); por ello, pueden ser audibles al oído humano (Fenton *et al.*, 2004; Gannon *et al.*, 2004).

En cuanto a duración, son más cortas las llamadas de ecolocalización debido a que las diferencias entre el pulso vocal y el eco no son muy importantes y se elimina así el autoensordecimiento que se produce al emitir llamadas de alta frecuencia (Fenton, 1994; 2003).

Las vocalizaciones sociales suelen ser más variables que las de ecolocalización debido a que dependen del uso que le den los murciélagos reproducción, reconocimiento de cría, reconocimiento de individuos cohabitantes y no cohabitantes de un sitio específico, defensa del territorio, etc., (Bohn *et al.*, 2006; Fenton, 1994; Voigt-Heucke *et al.*, 2010).

De acuerdo a este uso, Pfalzer y Kusch (2003) agruparon estas variaciones en cuatro tipos vocales que son independientes de la especie que los emite y específicos a la función que cumplen. El tipo A, llamadas agresivas usadas como amenaza. Tipo B, expresan un incremento en la irritación por ejemplo cuando los murciélagos esta cazando (Russ *et al.*, 1998). Tipo C, son características de la interacción entre hembras y sus crías. Tipo D, son predominantes en el acto de reproducción y comportamiento atrayente (Behr y Von Helversen, 2004; Budenz *et*

al., 2009).

Estudios con descripción de llamados de ecolocalización

Diversos estudios han sido con el fin de describir los llamados de ecolocalización de algunas especies. Sin embargo se han restringido a países como Estados Unidos, Costa Rica, Venezuela, Panamá y Australia (Gannon *et al.*, 2001 y 2004; Guillén-Servent e Ibáñez, 2007; Jung *et al.* 2007; O'Farrell y Miller, 1997 y 1999; Murray *et al.*, 2001).

En México, Audet *et al.* (1993), Fenton *et al.* (1998), Ibañez *et al.*, (2002), Macswiney *et al.* (2006) y Rydell *et al.*, (2002) han realizado descripción de llamados para especies de murciélagos insectívoros. Algunos autores más han trabajado con la actividad general de murciélagos en paisaje urbano áreas fragmentadas, y sistemas agroforestales (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Estrada *et al.*, 2004; Williams y Perfecto, 2011).

Finalmente dos trabajos con ecolocalización de murciélagos se llevaron a cabo en Oaxaca; el de Fuentes (2010) en La Venta, Juchitán que registró doce especies insectívoras y Trejo (2011) que caracterizó las firmas vocales de 14 especies y estimó el índice de actividad acústica en el Parque Nacional Huatulco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

Localización

La provincia fisiográfica de los Valles Centrales se ubica en el centro del estado de Oaxaca. Cerca del 60% de la superficie del área está por debajo de los 1600 msnm; el resto pertenece a las rampas de pie de monte, con terrenos más altos. Las pendientes mayores están en 12° (Ortiz *et al.*, 2004, figura 7).

Es una zona de productividad media, debido a que originalmente sus suelos contuvieron una densa cubierta vegetal y por ende mucha materia orgánica, aunque

en la actualidad están muy desgastados por el continuo uso agrícola a que han sido sometidos (Álvarez, 1997).

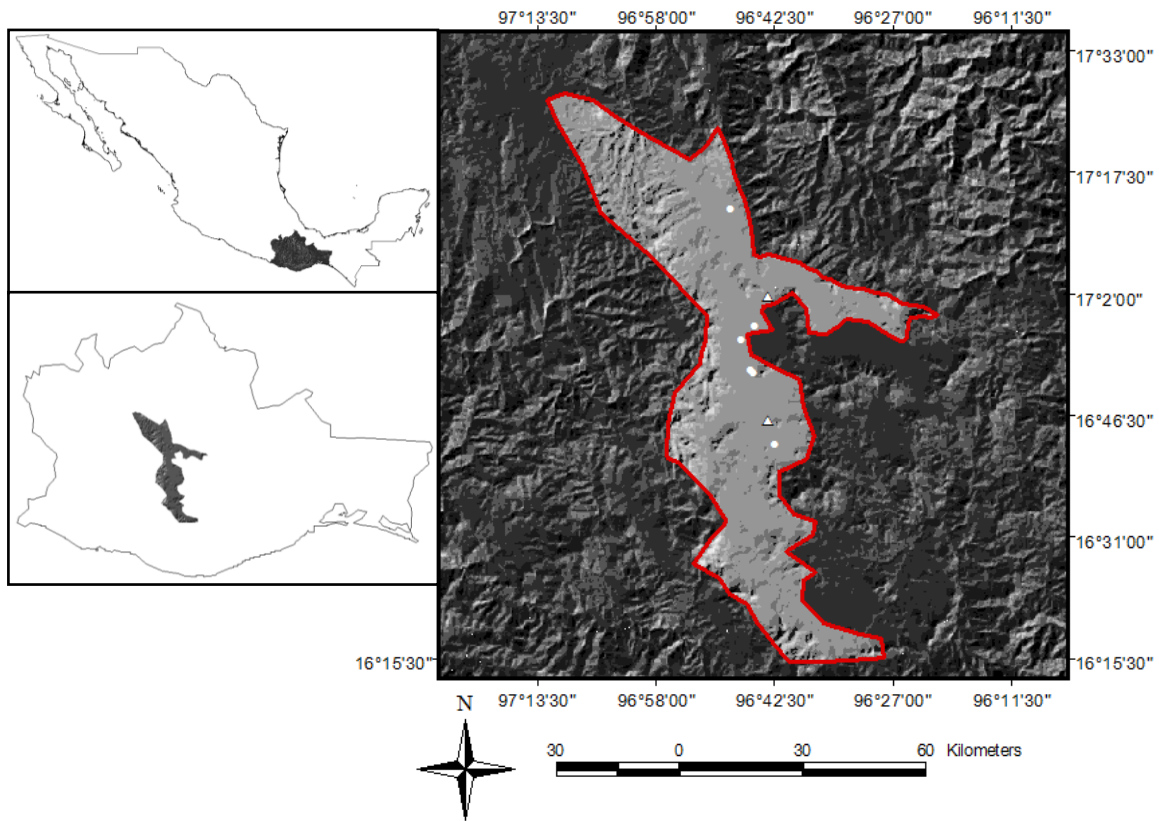


Figura 7. Localización de la provincia fisiográfica de los Valles Centrales de Oaxaca. (Modificado de CONABIO, 2002; GEO, 2000 e INEGI, 2002).

Sitios de colecta

Sitio 1. Se encuentra en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán que pertenece al distrito del Centro. Se ubica en las coordenadas $96^{\circ} 44''$ longitud oeste, $17^{\circ} 02''$ latitud norte con una altura de 1,530 metros sobre el nivel del mar (msnm). La distancia aproximada del municipio a la capital es de 5 km (GEO, 2009).

Su extensión abarca 76.55 km^2 (0.08% de la superficie del estado). De acuerdo al censo de población y vivienda (INEGI, 2010) tiene una población de 77,835 personas (2.1% de la población total). Su concentración poblacional es de 1774.7 habitantes por km^2 .

Sitio 2. Se localiza en el municipio de Ocotlán de Morelos que pertenece al

distrito del mismo nombre. Se encuentra comprendido entre las coordenadas 96°40" de longitud oeste y 16°48" de latitud norte, a una altura de 1,500 msnm. La distancia aproximada del municipio a la capital de estado es de aproximadamente 32 km (GEO, 2009).

Tiene una extensión 123.76 km² (0.13 % del total del estado). Cuenta con una población de 21, 341 habitantes (representa el 0.58 % del total; INEGI, 2010); con una concentración poblacional de 178.1 habitantes por km².

Sitio 3. Localizado en el municipio de San Jesus Nazareno, Xoxocotlán (17°01'12.12" N, 96°45'59.50" O). La vegetación esta dispuesta en pequeños manchones, constituidos en su mayoría por especies de pinos (*Pinus* sp), higos (*Ficus* sp), guajes (*Leucaena sculeta*), guamúchil (*Pithecollobium dulce*) y huizaches (*Acacia* sp). Acompañan esta vegetación áreas de cultivos agrícolas (como maíz, frijol, calabaza, entre otros), estanques y construcciones con techo de teja.

Sitio 4. Hacienda en ruinas en el Municipio de Zimatlán de Álvarez, Zimatlán (16°57'33.26" N y 96°45'30.98" W). Sitio con construcción abandonada de adobe, con poca vegetación en la que predominan principalmente arbustos y pastos. En los alrededores se observaron algunos árboles solitarios de guamúchil (*Pithecollobium dulce*) y cultivos agrícolas de maíz asociado a calabaza y frijol.

Sitio 5. Municipio de Zimatlán de Álvarez, Zimatlán. Ubicado en las coordenadas 16°51'20.80" N y 96°46'44.58" O. Tiene vegetación en manchones constituida principalmente de arbustos, algunos árboles de *Acacia* sp, guamúchil (*Pithecollobium dulce*) y cultivos de maíz de temporal.

Sitio 6. "Las peñas", agencia municipal de Magdalena Ocotlán, Ocotlán (16°42'49.78" N, 96°42'27.07" O). Dominado por grandes peñas que presentan oquedades y grietas. Ubicado a cerca de 10 minutos a pie del centro de la población, con vegetación escasa constituida por huizaches (*Acacia* sp), pastos, algunos árboles de higo (*Ficus* sp) y cultivos de maíz.

Sitio 7. Comunidad de Tlanichico, Trinidad Zaachila, Zaachila (16°56'05.24" N, 96°46'47.49" O). Vegetación de árboles dispersos y áreas de cultivo de maíz a su alrededor. Situado a 5 minutos a pie del centro de la población. Cuenta con una construcción abandonada de adobe en la cual hay una cúpula que es usada como refugio por murciélagos.

Sitio 8. "El llanito", municipio de Villa de Etna, Etna (17°12'49.5" N, 96°48'11.5"W). En este sitio ocurre un río con vegetación riparia (principalmente carrizos y sabinos, *Taxodium* sp) abundante en sus orillas, entre la vegetación existen pequeños senderos que conducen a un área abierta de aproximadamente 30 x 90m, además de un puente de tren abandonado de poca altura, algunas casas y un potrero pequeño. Situado a 15 minutos a pie del centro de la población.

Sitio 9. San Raymundo Jalpan, Municipio de Villa de Zaachila, Zaachila (16°57'56.37"N, 96°45'1.01"O). Posee una construcción abandonada con árboles dispersos de *Ficus* sp y Huamuches (*Phitecollobium dulce*) en cultivos principalmente de maíz.

Sitio 10. 2da sección Guadalupe Victoria (17° 5'42.72"N, 96°44'4.66"O). Sitio dominado por asentamientos humanos, con algunos manchones de vegetación ornamental y un área de aproximadamente cinco hectáreas de eucaliptos.

Métodos

Se establecieron diez sitios de muestreo dentro de la provincia fisiográfica de los Valles Centrales. En el Sitio 1, ubicado en Santa Cruz Xoxoxotlán y el Sitio 2, de Ocotlán de Morelos se efectuaron 20 noches de trabajo de campo en cada uno, de mayo de 2011 a abril de 2012. En ocho sitios más de la zona se grabó durante una noche (abril y mayo de 2008).

Los sitios de muestreo se colocaron cerca de cuerpos de agua con poco movimiento (estanques, charcos), corredores de vegetación y cerca de lámparas de alumbrado (Kunz y Kurta, 1988). Las grabaciones se realizaron en fechas con condiciones ambientales favorables, principalmente noches sin o con poca luz de luna y sin lluvia (Estrada *et al.*, 2004). Se utilizó el detector acústico Anabat de banda ancha (20Hz-20kHz) para la obtención de firmas vocales.

Trabajo de campo

Monitoreo Acústico

Se obtuvieron firmas vocales por el método de grabación pasivo, modificado del propuesto por O'Farrell *et al.* (1999) y Weller y Zabel (2002). El detector se posicionó con una inclinación de 45° a una altura de 1.4 m del suelo sostenido por un

trípode. La grabación se inicio en el momento del crepúsculo vespertino con la sensibilidad ajustada a un nivel intermedio (cinco) y una división de frecuencia de 8. La grabación fue en promedio de 7 horas por noche.

Revisión de sitios de descanso

Se revisaron tres sitios con posible presencia de murciélagos insectívoros, en dos de ellos no se encontraron individuos. Aunque esto no significa que no estén presentes en alguna otra época del año o que solo son utilizados durante la noche como sitio de descanso, debido a que se observaron paredes con machas de guano de murciélago.

Uno de los sitios se encuentra en la iglesia del municipio de Cuilapam de Guerrero a 13.88 km SO de la ciudad de Oaxaca y el otro es conocido como Caballito blanco del monumento natural Yagul, perteneciente al municipio de Tlacolula de Matamoros a 33 km SE de Oaxaca.

Solo en el techo de la iglesia de Villa de Etla a 18.15 km NO de Oaxaca se encontraron individuos de *Promops centralis*, de los cuales se consiguió capturar tres, dos hembras y un macho con testículos escrotados. Fueron identificados a nivel de especie con claves especializadas (Medellín *et al.*, 1997, Álvarez *et al.*, 1994). Se prepararon por medio de la técnica de taxidermia de ejemplares (piel y cráneo; Hall, 1981) y se depositaron en la Colección Mastozoológica del CIIDIR-Oaxaca (OAX.MA.026.0497).

La grabación de estos ejemplares se realizó uno a la vez, en un sitio abierto, amarrando un hilo a las dos patas de animal. El otro extremo del hilo fue sujetado a un tubo. Además se obtuvieron datos de hora de grabación, especie, sexo, estado reproductivo (hembras: inactivas, lactantes, postlactantes; machos: testículos escrotados o inguinales), edad (se determinó a través de características de fusión de las falanges), medidas somáticas (largo total, largo de cola vertebral, largo de pata, largo de oreja, largo de antebrazo y peso), con presencia de quilla o sin ella, y comentarios generales.

Trabajo de gabinete

Las grabaciones obtenidas durante el trabajo de campo se extrajeron de una memoria CF (card flash) de almacenamiento masivo con el programa CFCread Storage a una computadora. Se utilizó el programa Analoow versión 3.8s para el análisis de las secuencias y llamadas.

Se separaron los archivos útiles. Se consideró un archivo útil a un archivo grabado de Anabat de hasta 15 s que contuviera llamados. Se eliminaron los que contuvieron secuencias fragmentadas, estática o menos de dos llamadas por archivo y ruido ambiental (Gannon *et al.*, 2004; Thomas, 1988). Posteriormente, se extrajeron los parámetros automáticamente, mediante la opción medidas del menú vista del programa. Este procedimiento se realizó para cada secuencia de llamadas y los datos fueron guardados en un archivo *.txt. Una vez obtenidos todos los datos se transfirieron a un archivo de Microsoft Excel 2007 para obtener los valores máximos y mínimos, promedios y la desviación estándar.

Estos datos, se compararon con firmas vocales identificadas en artículos científicos y tesis como Fuentes (2010); Gannon *et al.* (2001, 2004), Jung *et al.* (2007), O'Farrell (1997); O'Farrell y Miller (1997); O'Farrell *et al.* (2000); Rydell (2002); Trejo (2011) y bibliotecas acústicas en línea (<http://www.msb.unm.edu/mammals/batcall/accounts>).

Estas investigaciones sirvieron de referencia para asignar especie a algunos espectrogramas. Además de permitir reconocer algunas de las características cuantitativas que se utilizan en la descripción de vocalizaciones, entre ellas, declive inicial (S1), declive característico (Sc), frecuencia máxima (Fmax), frecuencia mínima (Fmin), frecuencia media (Fmean), frecuencia característica o constante (Fc), frecuencia de la inflexión (Fk), duración (dur), inclinación del cuerpo (Tc) y tiempo del inicio del llamado a la rodilla (Tk) (figura 8; O'Farrell y Corben, 2003).

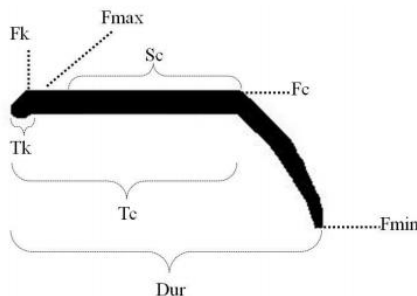


Figura 8. Características cuantitativas generales de los llamados de ecolocalización (Trejo, 2011).

De la misma manera, los parámetros indicados anteriormente se obtuvieron para las especies insectívoras identificadas mediante las grabación controlada en espacios abiertos. Con esta información se estructuró una base de datos en la que se registró la información obtenida en campo de los individuos capturados y la de

resultado del análisis de datos del detector.

Índice de actividad acústica

Este índice fue propuesto por Miller (2001) y supone que cada individuo grabado en un tiempo determinado es independiente de los demás. Se obtiene al contar la presencia de una especie en bloques estandarizados de un minuto, sin tomar en cuenta cuantas veces aparezca en estos. Posteriormente, se suman los minutos con presencia de la especie (P) y se divide por el promedio de minutos muestreados durante las grabaciones (U).

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

Para realizar el cálculo de este índice se fijaron los datos de localidad y especie. Esta información, la fecha y hora de grabación se llevaron a Microsoft Excel © para realizar el conteo de la presencia de las especies identificadas.

Eventos de caza

Las firmas vocales al exhibir diferencias en las fases de forrajeo, permiten inferir un evento de alimentación en el sitio de muestreo. Por lo que, MacSwiney *et al.*, 2009 proponen el conteo de los eventos de caza y suponen que cada evento es independiente y significa la captura de una presa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron grabaciones durante 52 noches (226 horas o 13, 554 minutos) en los diez sitios. En estos, se obtuvieron 6964 archivos con el Anabat SD1, de estos, 4904 resultaron útiles para ser analizados. El resto de archivos se descartaron. Se identificaron seis especies y un género, pertenecientes a tres familias y siete sonotipos (Cuadro 1), de todos ellos se midieron diez parámetros.

Cuadro 1. Especies identificadas en los sitios de muestreo de los VCO. Sitio1. Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Sitio 2. Municipio de Ocotlán de Morelos, Sitio 3. Municipio de San Jesús Nazareno, Xoxocotlán, Sitio 4. Hacienda en ruinas, Municipio de Zimatlán de Álvarez, Zimatlán, Sitio 5. Cerro “El Yavego” Municipio de Zimatlán de Álvarez, Zimatlán, Sitio 6. “Las peñas”, agencia municipal de Magdalena Ocotlán, Ocotlán, Sitio 7. Comunidad de Tlanichico, Trinidad Zaachila, Zaachila, Sitio 8. “El Ilanito”, municipio de Villa de Etna, Etna, Sitio 9. San Raymundo Jalpan, Municipio de Villa de Zaachila, Zaachila, Sitio 10. Cerro de la Cruz, Ejido Guadalupe Victoria, Oaxaca. * Sonotipo grabado por liberación en mano de individuos de la especie.

Especie	Refugio	Sitios de muestreo									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Familia Mormoopidae											
<i>Pteronotus davyi</i>		X	X			X					
<i>Pteronotus parnelli</i>		X									
<i>Mormoops megalophylla</i>		X	X			X					
Familia Molossidae											
<i>Tadarida brasiliensis</i>		X	X	X	X	X	X	X		X	X
<i>Promops centralis</i>		X	X	X		X	X				X
<i>Promops centralis 2*</i>	X										
<i>Eumops 12kHz</i>		X	X		X						
<i>Eumops 16kHz</i>		X	X								
Familia Vespertilionidae											
<i>Myotis californicus</i>		X									
Myo40khz		X	X	X	X	X		X		X	
Myo50khz		X		X				X	X		
<i>Eptesicus fuscus</i>		X	X	X	X			X		X	
Sonotipos											
Sonotipo 1			X								
Sonotipo 2		X									
Sonotipo 3		X		X				X			
Sonotipo 4							X				
Sonotipo 5				X							
Sonotipo 6				X							
Sonotipo 7				X							

El sitio con mayor número de especies y sonotipos fue Santa Cruz Xoxocotlán con 12 y el de menor fue el cerro de la Cruz en Oaxaca de Juárez con dos. En cuanto a especies, *Tadarida brasiliensis* fue la más registrada, teniéndose

grabaciones en nueve sitios, seguida de *Promops centralis* en seis. Los menor presencia fueron el sonotipo 1 y *Promops centralis* 2 en uno, este último obtenido de la grabación de tres individuos.

Sitios uno y dos

Se logró el mayor número de grabaciones en el mes de agosto (669) y mayo (621) de 2011 y marzo de 2012 (522). El mes con menor número fue septiembre (siete) y julio de 2011 (51). No obstante, el mayor número de espectrogramas útiles se tuvo en febrero, abril y marzo de 2012 con 392, 309 y 292 cada uno (figura 9).

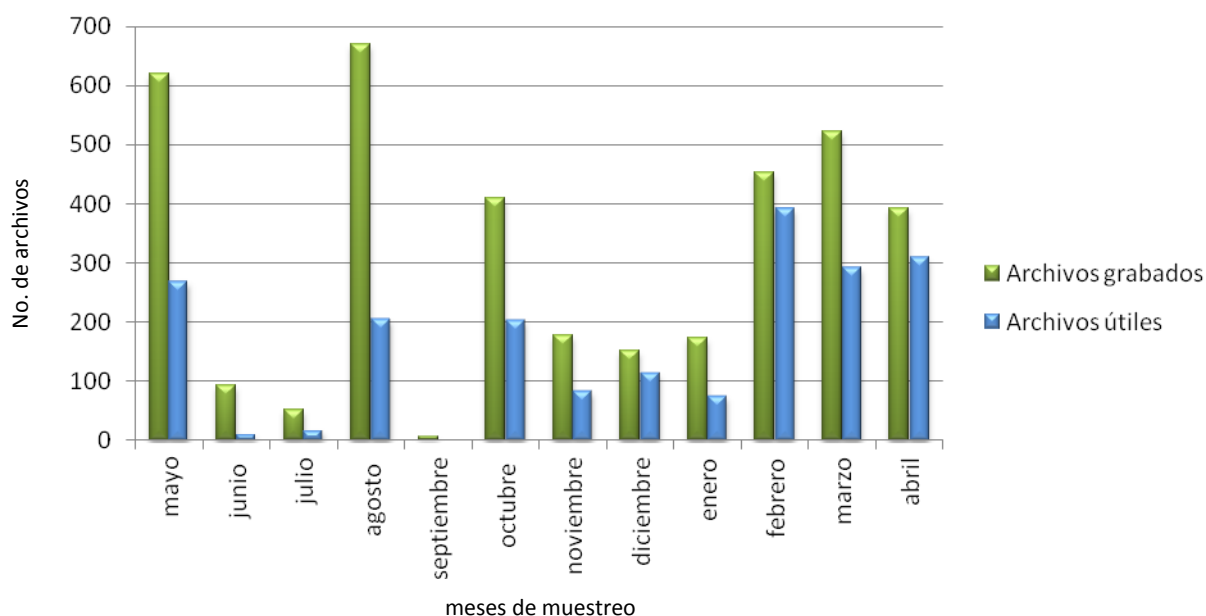


Figura 9. Archivos grabados y útiles durante un año de muestreo en dos sitios del area de estudio.

Así mismo, puede notarse que en la temporada de secas (noviembre a abril) se registraron el mayor número de grabaciones (1870) y archivos útiles (1266), mientras que en la temporada de lluvias se obtuvieron 1852 grabaciones y 705 archivos útiles, si bien la diferencia en el número de grabaciones no es significativa, no lo es así en la de archivos útiles. Esto coincide con lo reportado por Fuentes (2010) en el municipio de la Venta en Juchitán, Oaxaca y Trejo (2011) en el Parque Nacional Huatulco en los que la época seca también contribuyó con el mayor número de archivos útiles.

Esto, puede atribuirse principalmente a que la actividad de murciélagos disminuye en presencia de la lluvia. A lo que se suma, el aumento de humedad que incide en la atenuación de los llamados, sobre todo los de frecuencias altas. Generando así, archivos fragmentados o con mucho ruido que son poco útiles para la identificación (Estrada *et al.*, 2004; Fenton *et al.*, 1983; Griffin, 1971; Lawrence y Simmons, 1982).

Índice de actividad

Se obtuvieron los valores de este índice a partir de datos de 40 noches de muestreo, con un promedio de 510 minutos. En general, *Promops centralis* (470 minutos) y *Tadarida brasiliensis* (252 minutos) tuvieron la mayor presencia en los bloques de un minuto. Los sonotipos uno (un minuto), dos (cinco minutos) y tres (cinco minutos) tuvieron la menor presencia (Cuadro 2).

Cuadro 2. Total del número de bloques de un minuto y porcentaje para cada especie insectívora y sonotipo registrado en dos sitios de los VCO.

Especie	Total	Porcentaje
Familia Mormoopidae		
<i>Pteronotus davyi</i>	38	7.45
<i>Pteronotus parnelli</i>	20	3.92
<i>Mormoops megalophylla</i>	34	6.67
Familia Molossidae		
<i>Tadarida brasiliensis</i>	262	51.37
<i>Promops centralis</i>	470	92.16
<i>Eumops</i> 12kHz	27	5.29
<i>Eumops</i> 16kHz	8	1.57
Familia Vespertilionidae		
<i>Myotis californicus</i>	33	6.47
Myo40khz	58	11.37
Myo50khz	26	5.10
<i>Eptesicus fuscus</i>	6	1.18
Sonotipos		
Sonotipo1	1	0.19
Sonotipo2	5	0.98
Sonotipo3	5	0.98

Para ambos sitios, se destaca la actividad de la familia Molossidae con *Promops centralis* y *Tadarida brasiliensis*. El notable dominio en el total de minutos de actividad, se relaciona con la capacidad de estas especies para soportar ambientes con alteraciones debidas a actividades humanas (Jung y Kalko, 2010). Aunque, Trejo (2011) también encontró en una área natural protegida mayor actividad en especies de la familia Molossidae. No obstante, en ese caso la más registrada fue *Molossus rufus* y fue mínima la contribución de *Tadarida brasiliensis*.

Los sitios perturbados pueden favorecer a estas especies por la atracción que producen hacia algunas especies de insectos como coleópteros, hemípteros, homópteros, dípteros y lepidópteros de los cuales se alimentan. Estos insectos están relacionados a cultivos de cítricos, tomate, maíz, nuez, frijol y hortalizas, de algunos de los cuales existen pequeñas áreas en el sitio de colecta (Gándara *et al.*, 2006; Jung y Kalko, 2010; Vázquez, 2011).

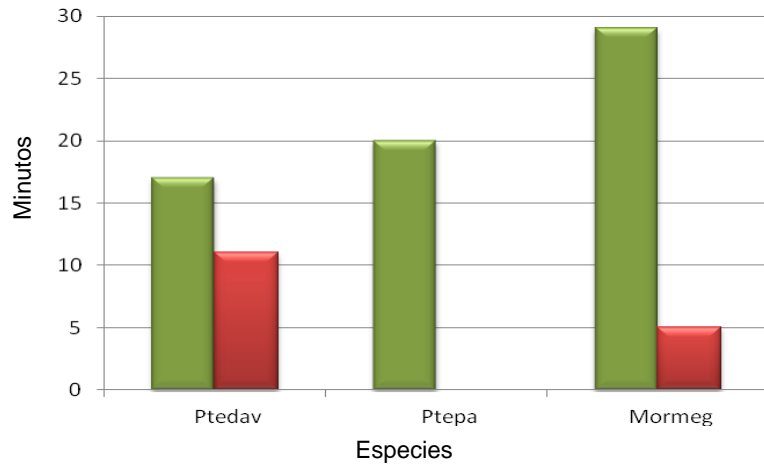
En el caso de la familia Mormoopidae, *Mormoops megalophylla* fue el de mayor actividad con 29 minutos en el sitio uno y *Pteronotus davyi* con 11 en el sitio 2. *Pteronotus parnelli* solo se grabó en Xoxocotlán y constituye el primer registro de la especie para la región.

En cuanto al sitio uno que aportó pocos minutos de actividad (figura 10), se puede decir que al igual que en Xoxocotlán también cuenta con un estanque y cultivos cercanos (en este caso de maíz y frijol de temporal y tomate). Sin embargo, ni en la época de lluvia ni secas se obtuvo un número similar de grabaciones al sitio uno. Lo cual podría estar relacionado con el tipo de cultivo de preferencia para las presas de los murciélagos o con factores que se presentan a lo largo del año.

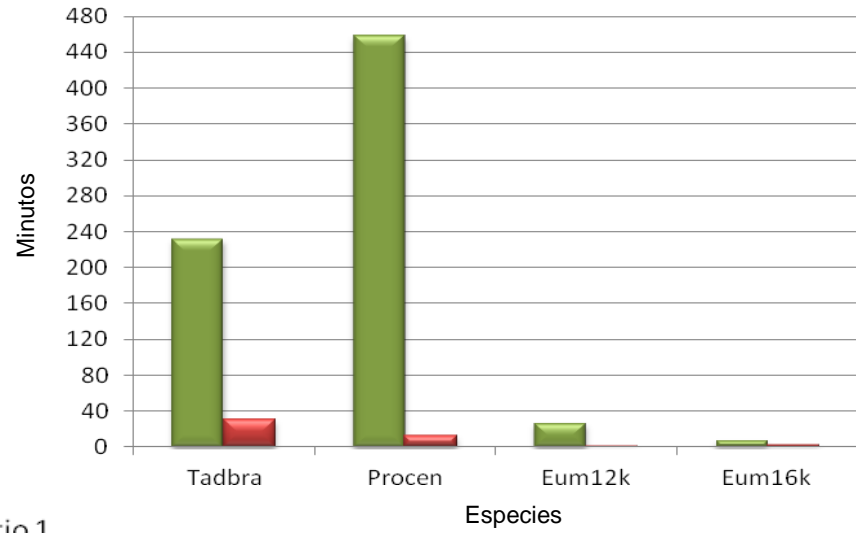
Por ejemplo, en la época de lluvias, esto pudo deberse a que además del estanque existe un arroyo temporal. Y el caudal del arroyo podría estar causando interferencia a las llamadas de ecolocalización de los murciélagos (Von Frenckell y Barclay, 1987). En la época seca, los bajos registros pudieran estar relacionados a la aplicación de sustancias químicas por los agricultores para matar plagas en sus cultivos. Lo cual afectaría directamente la disponibilidad de alimento.

El vespertiliónido, *Myotis* a 40 kHz fue la de mayor actividad en los dos sitios y *Myotis californicus* solo se reconoció en Xoxocotlán. En el grupo de los sonotipos, los tres estuvieron presentes en solo un sitio. El sitio uno registró dos de los tres sonotipos encontrados (figura 10).

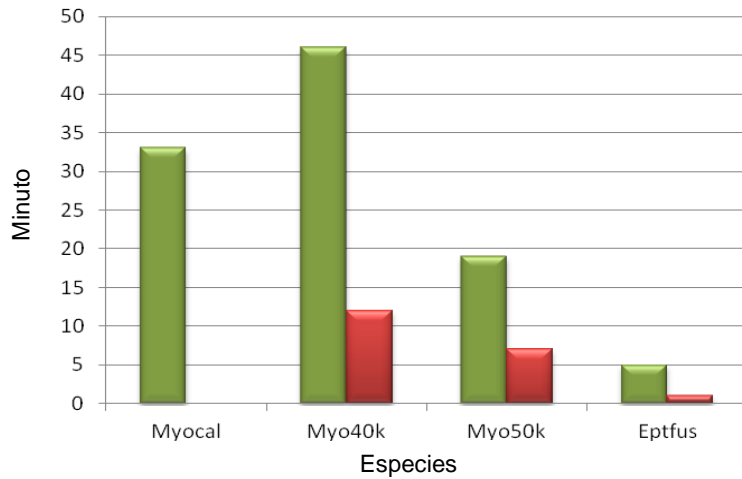
Familia Mormoopidae



Familia Molossidae



Familia Vespertilionidae



■ Sitio 1
■ Sitio 2

Sonotipos

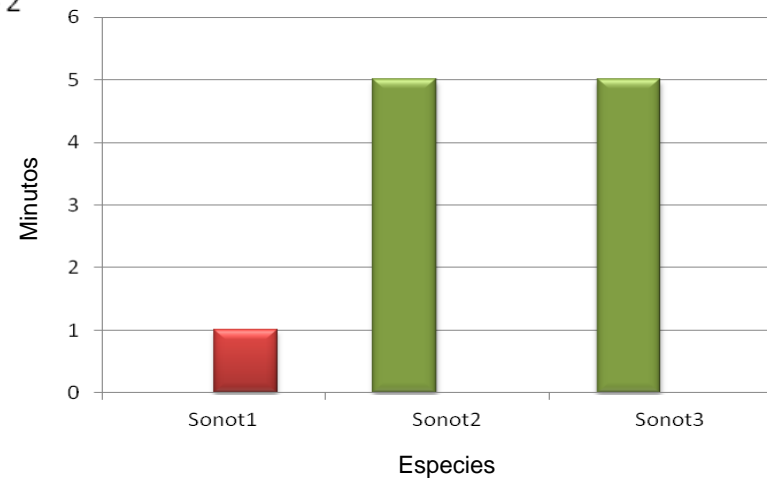


Figura 10. Minutos de actividad por familia o grupo en dos sitios de los VCO. Sitio1. Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Sitio 2. Municipio de Ocotlán de Morelos.

Eventos de caza

En total se registraron 495 eventos de caza para cuatro especies y un género. La especie con mayor número de eventos de caza fue *Promops centralis* con 348, seguido de *Tadarida brasiliensis* con 94 y las de menor fueron *Pteronotus davyi*, *P. parnelli*, *Eumops* 12kHz, *Eumops* 16kHz y *Eptesicus fuscus* con ningún evento de caza en las grabaciones (cuadro 3).

Cuadro 3. Eventos de caza para dos sitios de la provincia fisiográfica de los VCO. Sitio1. Municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Sitio 2. Municipio de Ocotlán de Morelos.

Especie	Sitios		Total
	1	2	
Familia Mormoopidae			
<i>Pteronotus davyi</i>	1	1	2
<i>Pteronotus parnelli</i>	0	0	0
<i>Mormoops megalophylla</i>	18	0	18
Familia Molossidae			
<i>Tadarida brasiliensis</i>	94	0	94
<i>Promops centralis</i>	348	3	351
<i>Eumops</i> 12kHz	0	0	0
<i>Eumops</i> 16kHz	0	0	0
Familia Vespertilionidae			
<i>Myotis californicus</i>	6	0	6
Myo40khz	18	3	21
Myo50khz	3	0	3
<i>Eptesicus fuscus</i>	0	0	0

El sitio 1 tuvo el 98.6% del total de eventos de caza, por lo que puede inferirse que este es utilizado como zona de alimentación favorecida por tener algunos postes de alumbrado. En contraposición, el sitio 2 tiene solo 8 eventos de caza y no posee alumbrado. Se referencia esta idea, ya que se ha documentado que la disponibilidad de alimento en paisajes urbanos es mayor en áreas con iluminación y parches de vegetación (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Jung y Kalko, 2010).

Para la temporada de lluvias (mayo a octubre) se registró un total de 190 eventos de caza y en la de secas 304 (figura 11). Y de manera similar al índice de

actividad se atribuye a la interferencia del agua corriente, humedad ambiental y aplicación de químicos a los cultivos.

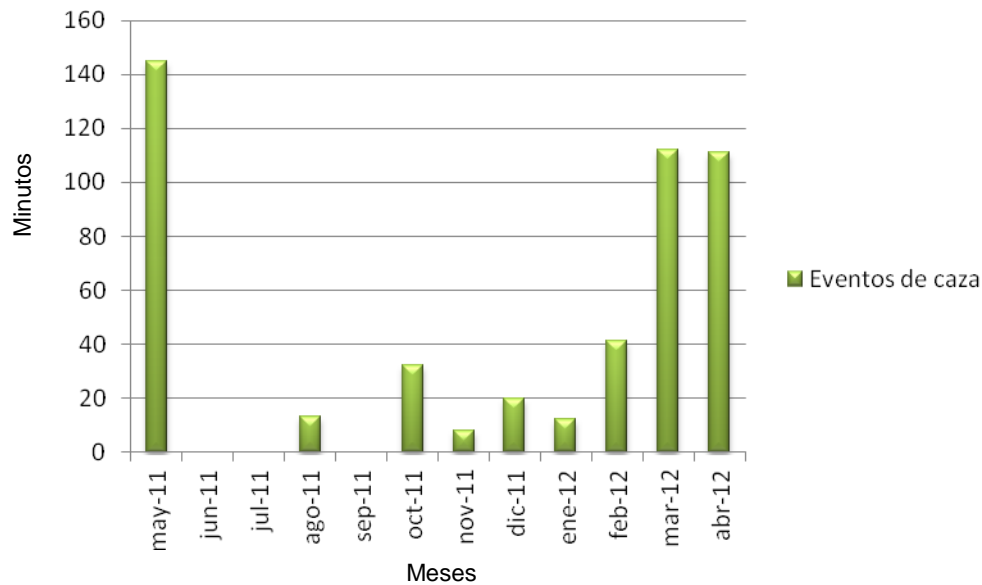


Figura 11. Eventos de caza por mes en dos sitios de los Valles centrales de Oaxaca.

Sitios tres al diez

A pesar de que solo una noche de muestreo para cada uno de ellos, las grabaciones aumentaron el número de archivos utilizados en la caracterización de algunas firmas vocales, sobre todo en el caso de *Eptesicus fuscus*. Adicionalmente, contribuyeron con los sonotipos cuatro al siete que solo se registraron en los sitios 3 y 6.

La obtención de estos sonotipos puede atribuirse a que los sitios donde se obtuvieron funcionan como refugios, en los cuales se ha documentado que las llamadas presentan diferencias a las que se realizan durante el forrajeo, por el gran número de individuos de la misma especie ecolocalizando en el mismo espacio (Gillam *et al.*, 2010; Ratcliffe *et al.*, 2004)

Por lo que de acuerdo a Gilliam *et al.* (2010), que estudiaron las llamadas de ecolocalización de *Tadarida brasiliensis* al momento de la salida de dos cuevas; los sonotipos 3 y 7 podrían corresponder a esta especie, ya que los valores reportados para Fmin (27.5) y Fmax (53.6khz) y la estructura del llamado son muy similares a los obtenidos en este trabajo (Fmin 28.46, Fmax 52.69).

En cuanto a grabaciones, San Raymundo Jalpan aportó el mayor número de grabaciones con 1390 seguido de San Jesús Nazareno con 781 y los de menor contribución al total fueron “el llanito”, Villa de ETLA y el Cerro de la Cruz con seis y 11 respectivamente (figura12).

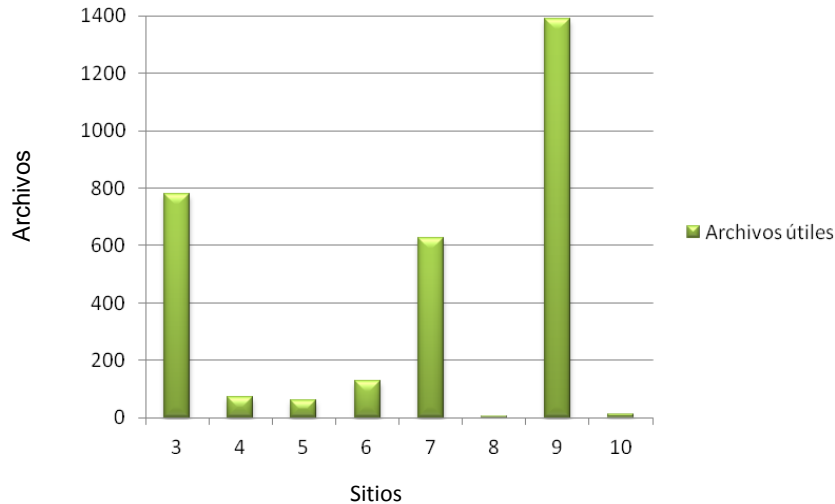


Figura 12. Archivos útiles obtenidos en los sitios tres al diez en la región de los Valles Centrales. Sitio 3. Municipio de San Jesús Nazareno, Xoxocotlán, Sitio 4. Hacienda en ruinas, Municipio de Zimatlán de Álvarez, Zimatlán, Sitio 5. Cerro “El Yavego” Municipio de Zimatlán de Álvarez, Zimatlán, Sitio 6. “Las peñas”, agencia municipal de Magdalena Ocotlán, Ocotlán, Sitio 7. Comunidad de Tlanichico, Trinidad Zaachila, Zaachila, Sitio 8. “El llanito”, municipio de Villa de ETLA, ETLA, Sitio 9. San Raymundo Jalpan, Municipio de Villa de Zaachila, Zaachila, Sitio 10. Cerro de la Cruz, Ejido Guadalupe Victoria, Oaxaca.

Medidas de espectrogramas de los especies identificadas

Familia Mormoopidae

Mormoops megalophylla

Se midieron características en diez archivos. El llamado inicia con un segmento muy corto (0.38 ms) de frecuencia cuasiconstante, le sigue una inflexión que da paso a un fragmento de frecuencia modulada, otro cambio o rodilla y finalmente frecuencia modulada. Posee una Fmax de 52.55 ± 0.77 y Fmin de 45.30 ± 3.39 (figura 13A).

En estudios como el de Fuentes (2010) y Trejo (2011) se han reportado valores para la duración (entre cinco y seis milisegundos), Fmax (54kHz) y Fmin

(46kHz). En comparación con las medidas obtenidas aquí la duración es casi 2 milisegundos menor, aunque los valores de Fmax y Fmin están dentro del intervalo de los reportado anteriormente.

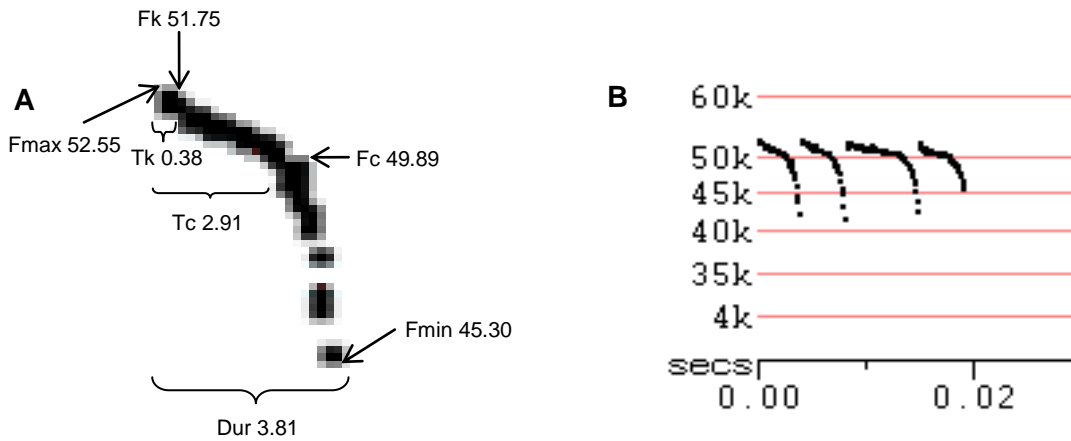


Figura 13A. Medidas promedio de los llamados de *Mormoops megalophylla*. B. Espectrograma de la especie.

Pteronotus davyi

Se analizaron 25 secuencias de esta especie. El llamado inicia con un segmento corto de frecuencia cuasiconstante seguido de un cambio (rodilla, Tk) y finaliza con un segmento de frecuencia modulada. Se observaron dos armónicos en algunas secuencias. La Fmax para el armónico más alto (figura 14-A1) fue de 71.72 ± 1.75 y Fmin 58.39 ± 2.07 . El armónico de menor frecuencia (figura 14-A2) mostró una Fmax de 35.75 ± 1.16 y Fmin de 26.96 ± 8.66 .

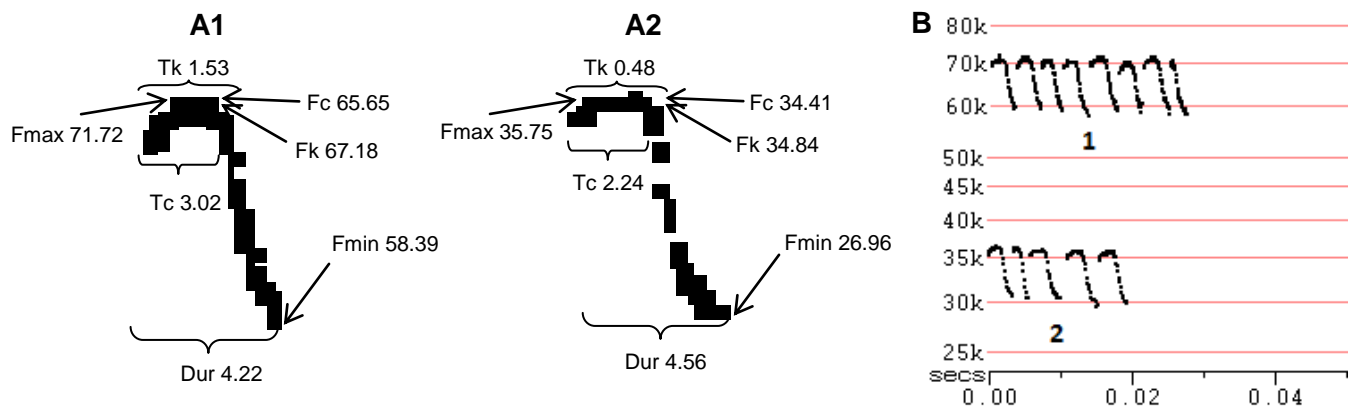


Figura 14A1y A2. Medidas promedio de los llamados de *Pteronotus davyi*. B1 y B2 Espectrograma de la especie.

En otros estudios, se ha descrito que después del segmento de frecuencia modulada hay otro pequeño de frecuencia cuasiconstante, el cual no se encontró en las grabaciones de la zona. Una hipótesis al respecto es que debido a que también se grabó un segundo armónico este interfirió en la grabación de este segmento, ya que el Anabat solo graba el armónico más fuerte. En el momento del término de este se detectó el segundo armónico más abajo y se dejó de registrar el segmento final del primero.

Para el estado solo se han reportado valores del armónico más alto (A1) con una duración de casi 6 ms, Fmax de 73 kHz y Fmin de 59 kHz. Estos dos últimos valores no difieren mucho de los valores obtenidos aquí. Sin embargo, la duración se diferencia en al menos 1 ms y se atribuye la diferencia a la falta del último segmento del llamado (Fuentes, 2010; Trejo 2011).

Pteronotus parnelli

Las características de los llamados de esta especie se midieron en 21 secuencias. Inicia con un segmento corto de frecuencia cuasiconstante seguido de un fragmento de frecuencia constante para finalizar en frecuencia modulada. Se obtuvieron los valores Fmax 64.44 ± 1.22 y Fmin 54.79 ± 2.40 (figura 15A y 15B).

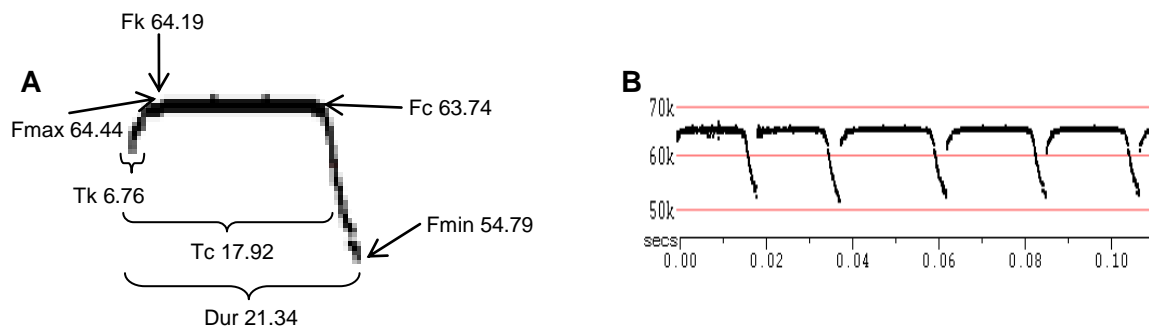


Figura 15A. Medidas promedio de los llamados de *Pteronotus parnelli*. B. Firma vocal de la especie.

La duración promedio de este llamado es menor a las obtenidas en otros estudios que se encuentran entre 22.3 y 24.5 ms. Aun así, este es el segundo llamado más largo después del descrito para *Promops centralis*. En cuanto a los valores de Fmax y Fmin obtenidos en este trabajo, no se encontraron diferencias a los reportados por otras investigaciones (Fuentes, 2010; Trejo 2011)

Cuadro 4. Parámetros (valor promedio \pm desviación estándar, valor máximo y valor mínimo) medidos en las especies de la familia Mormoopidae. Sec: número de secuencias; (n): número de llamadas; Dur: duración de la llamada; Fmax: Frecuencia máxima de la llamada; Fmin: Frecuencia mínima de la llamada; Fmean: Frecuencia media; Tk: Tiempo de inicio del llamado a la inflexión o rodilla; Fk: Frecuencia de la inclinación o rodilla; Fc: Frecuencia característica; Tc: inclinación del cuerpo; S1: inclinación inicial; Sc: inclinación característica. Mormeg: *Mormoops megalophylla*, Ptedav: *Pteronotus davyi*, Ptepar: *Pteronotus parnelli*,

Parámetros \pm 1 SD (max/min)	Mormeg	Ptedav Frecuencia alta	Ptedav Frecuencia baja	Ptepar
Sec (n)	10(32)	25(81)	6(10)	21(132)
Dur(ms)	3.81 \pm 1.54 (8.9/1.02)	4.22 \pm 1.37 (7.45/1.22)	4.56 \pm 1.23 (6.67/2.11)	21.34 \pm 4.03 (32.81/12.35)
Fmax(kHz)	52.55 \pm 0.77 (54.05/50.63)	71.72 \pm 1.75 (74.07/67.23)	35.75 \pm 1.16 (36.7/33.61)	64.44 \pm 1.22 (67.23/62.02)
Fmin(kHz)	45.30 \pm 3.39 (51.28/38.46)	58.39 \pm 2.07 (62.5/53.69)	26.96 \pm 8.66 (30.77/2.5)	54.79 \pm 2.40 (62.02/51.28)
Fmean(kHz)	50.34 \pm 0.98 (52.82/48.79)	66.55 \pm 1.90 (71.36/62.41)	31.68 \pm 4.52 (34.17/19.2)	63.87 \pm 1.12 (65.63/60.8)
Tk (kHz)	0.38 \pm 0.47 (2.54/0)	1.53 \pm 1.60 (4.66/0)	0.48 \pm 0.62 (1.98/0)	6.76 \pm 7.80 (29.85/0.06)
Fk(ms)	51.78 \pm 0.94 (53.69/50.31)	67.18 \pm 4.85 (73.39/57.97)	34.84 \pm 1.61 (36.36/31.62)	64.19 \pm 2.62 (67.23/54.42)
Fc(kHz)	49.89 \pm 1.41 (52.29/46.78)	65.65 \pm 6.15 (74.07/56.34)	34.41 \pm 2.09 (36.36/30.53)	63.74 \pm 3.80 (67.23/51.61)
Tc(ms)	2.91 \pm 1.16 (6.88/1.02)	3.02 \pm 1.68 (7.13/0.69)	2.24 \pm 0.82 (4.31/1.34)	17.92 \pm 4.57 (32.18/7.32)
S1	71.17 \pm 117.38 (246.53/-248.14)	33.87 \pm 210.59 (476.94/-481.39)	0.67 \pm 130.46 (292.1/-118.69)	-58.37 \pm 207.83 (363.5/-756.89)
Sc	23.71 \pm 17.22 (71.66/-6.58)	41.16 \pm 81.59 (309.6/-31.96)	14.41 \pm 45.36 (121.29/-17.05)	7.37 \pm 20.89 (115.59/-4.76)

Familia Molossidae

Tadarida brasiliensis

Sus características se midieron en 97 secuencias. Tiene una Fmax de 27.59 ± 2.23 y una Fmin de 24.25 ± 1.14 . Este llamado inicia con un segmento de frecuencia cuasi constante, seguido de una inflexión (tk) que finaliza con un pequeño segmento de frecuencia cuasi constante (figura 16A).

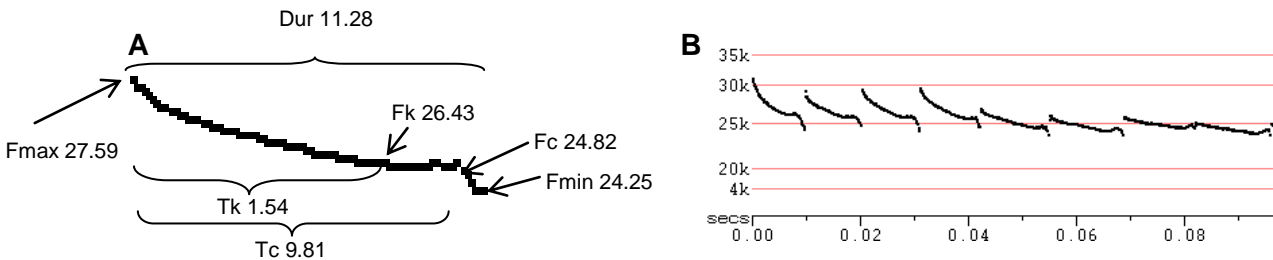


Figura 16A. Medidas promedio de los llamados de *Tadarida brasiliensis*. B. Secuencia de pulsos de la especie.

Los valores de al menos la duración, Fmax y Fmin, han sido reportados en los últimos años para esta especie (cuadro 5), puede observarse que los valores descritos aquí para las llamadas coinciden con las obtenidas en otros estudios. Sin embargo, destacan los valores del trabajo de Fuentes (2010) donde la duración es al menos dos ms menor a los otros valores. La Fmax tiene 5kHz y la Fmin 2kHz de diferencia.

Esto se atribuye a que posiblemente la medición de los pulsos no se hiciera en la fase de búsqueda, sino en la fase de aproximación. Ya que el espectrograma que ofrece de la especie parece ser de esta fase. Esto porque al encontrar una presa de interés aumenta el intervalo de frecuencia de los llamados y disminuye la duración para adquirir la mayor información posible en el menor tiempo (Guillén com. per.). Y también se observa este patrón en los valores reportados.

Cuadro 5. Comparativo de los valores reportados para tres características de la fase de búsqueda de *Tadarida brasiliensis*.

Estudio	Duración	Fmax	Fmin
Fuentes, 2010	8.69	34.04	27.32
Trejo, 2011	10.79	28.73	25.86
Rizo, 2008	14.5	27.7	24.8
Gilliam <i>et al.</i> , 2010	12.8	27	22.7

Promops centralis

Fue identificado en 24 secuencias. Se detectaron tres armónicos. El armónico bajo tuvo una F_{max} de 25.85 ± 0.56 y F_{min} de 19.80 ± 1.14 con una forma de S alargada (figura 17A1), inicia con un fragmento largo de frecuencia cuasi constante en una banda angosta de Khz (aproximadamente 3), le sigue un cambio abrupto (Tk) que continua con una estructura cuasiconstante en una banda angosta de casi el mismo número de kHz que la primera. Es el llamado más largo registrado en esta investigación (57.67ms). Se encontró también, un armónico corto de baja frecuencia (figura 17A2) de F_{max} 25.75 ± 1.97 y F_{min} 22.88 ± 1.96 . Y un armónico alto (figura 17A3) con F_{max} de 34.84 ± 3.73 y F_{min} de 27.78 ± 0.86 (figura 17B).

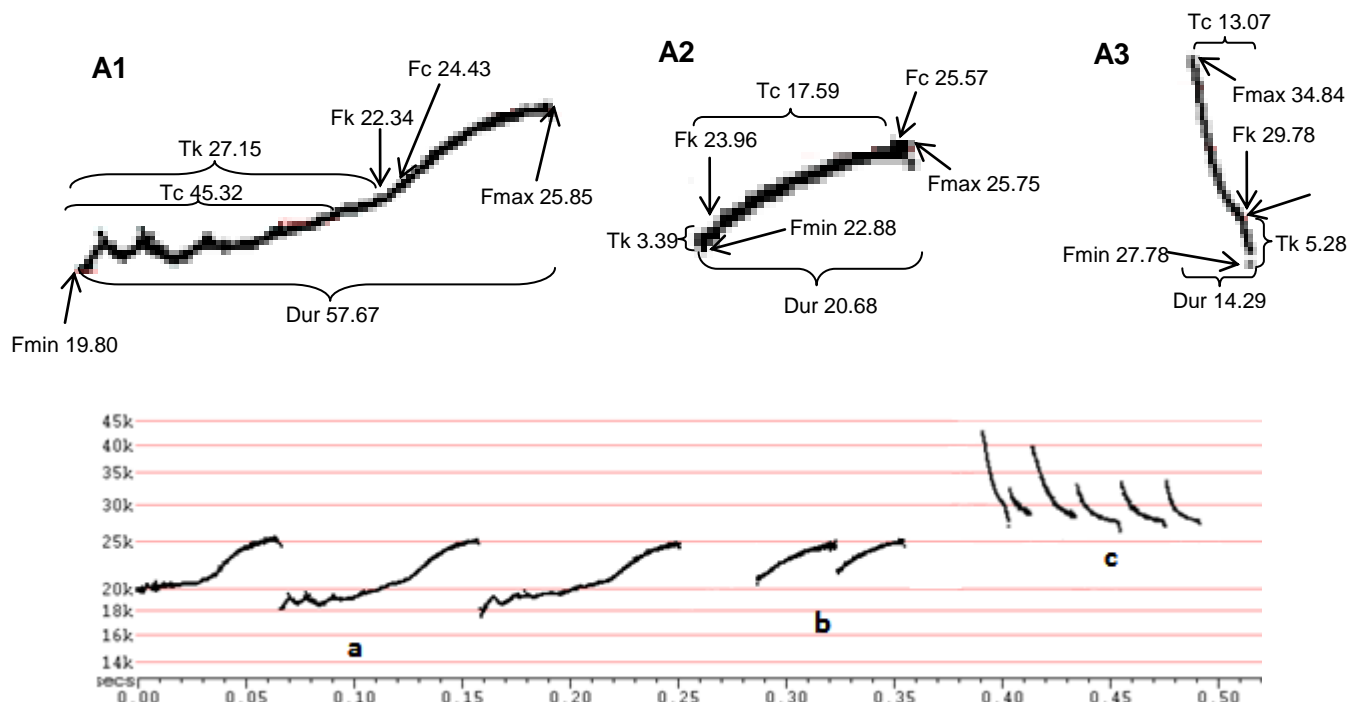


Figura 17A1, A2, A3. Armónicos de la firma vocal de *Promops centralis* y sus valores promedio 17B. Firma vocal de ecolocalización de *Promops centralis*.

En ninguno de los trabajos realizados para otros regiones del estado de Oaxaca se reportan valores para *Promops centralis*. No obstante, los sonogramas muestran que las grabaciones asignadas a *Cynomops mexicanus* son similares a las de *Promops* y en realidad pertenecen a esta especie (Mac Swiney com. per.). Por lo que sus valores se comparan con los de este estudio. Destaca la duración del llamado del armónico bajo (Figura 17A1) con el trabajo de Trejo (2011) que obtuvo un valor de 74.85 y significa una diferencia de 17.18 ms. Los demás datos coinciden con lo reportado aquí.

Promops centralis 2

Se tomaron medidas en 23 archivos grabados de la especie a través de la liberación de tres individuos en mano. Se tuvieron dos armónicos, el primero de frecuencia modulada en un ancho de banda de 16 kHz (figura 18A1) con una Fmax de 40.04 ± 2.15 y Fmin de 24.18 ± 4.12 . El segundo de frecuencia cuasiconstante de banda angosta (aproximadamente 2 KHz) con Fmax de 26.23 ± 1.10 y Fmin 24.54 ± 1.14 .

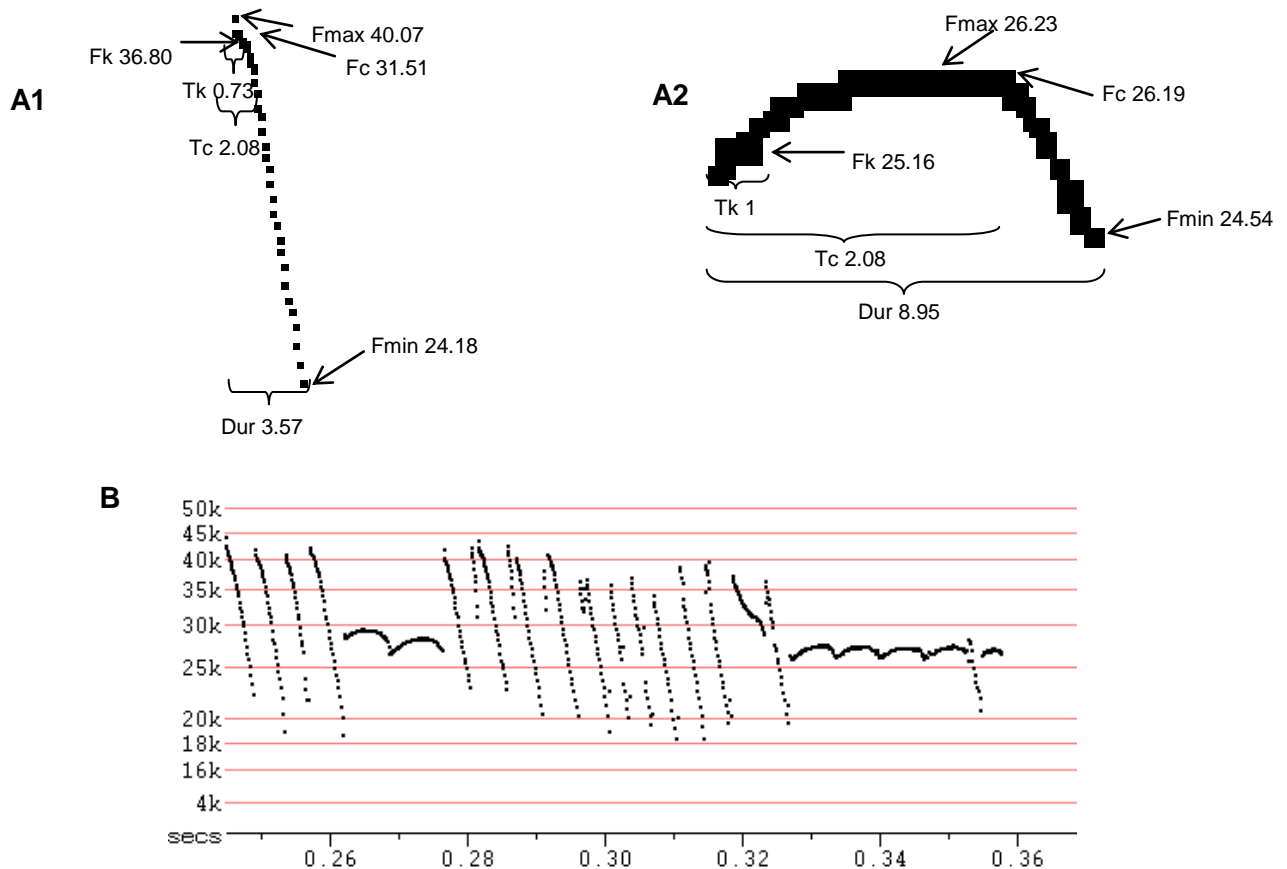


Figura 18A1 y A2. Medidas promedio de los dos armónicos de la firma vocal de *Promops centralis* 2. 18B. Secuencia de llamados de *Promops centralis* 2.

Las firmas vocales obtenida mediante la grabación de estos individuos no corresponde a la que normalmente emiten en los sitios de forrajeo y esta relacionada con el estrés que les provoca la manipulación. Aunque al principio se creía que podría corresponder a *Molossus sinaloe* por la similitud en el patrón de los llamados, al identificar el esqueleto en laboratorio y comparar con intervalos de frecuencia reportados para la especie, se observó que no correspondía. Ya que los obtenidos aquí, están al menos 10 kHz más abajo y el armónico de banda angosta no se

intercala con otro igual pero a mayor frecuencia (Fuentes, 2010).

Eumops 12 kHz

Se tomaron medidas en 5 archivos grabados de la especie. Es un llamado de frecuencia cuasi constante a la que le sigue una inflexión y finalmente un pequeño segmento de frecuencia cuasi constante. Se obtuvieron las siguientes medidas promedio Fmax de 14.23 ± 1.29 y Fmin de 11.73 ± 0.37 (Figura 19A).

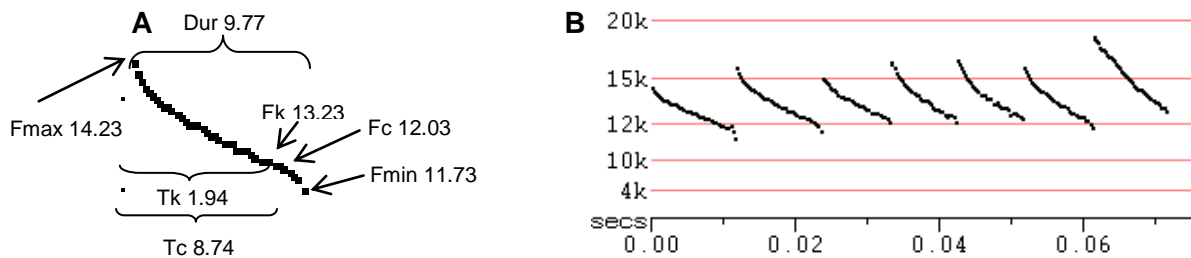


Figura 19A. Medidas promedio del pulso de *Eumops* 12kHz. B. Firma vocal de la especie.

Eumops 16kHz

Se tomaron medidas en 5 archivos grabados de la especie. Se obtuvieron las siguientes medidas promedio (figura 20A) Fmax de 40.04 ± 2.15 y Fmin de 24.18 ± 4.12 .

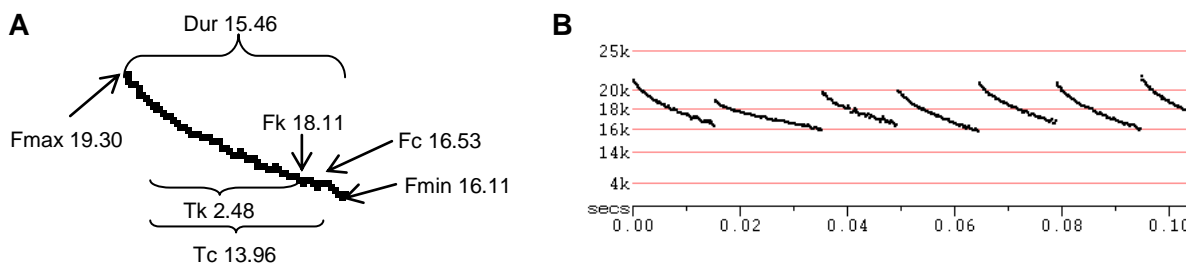


Figura 20A Medidas promedio del pulso de *Eumops* 16kHz. B. Firma vocal de la especie.

Solo Fuentes (2010) ha reportado valores para sonotipos de estructura y valores de frecuencia similares a estos dos últimos aquí mostrados. Por lo que se asignó el mismo genero a las firmas vocales reconocidas con estas características. A pesar de que *Eumops* 16kHz tuvo 27 bloques de un minutos en uno de los sitios de colecta, el número de archivos que se midieron fueron pocos pues muchos de ellos tenían llamadas fragmentadas.

Cuadro 6. Parámetros (valor promedio \pm desviación estándar, valor máximo y valor mínimo) medidos en las especies de la familia Molossidae. Sec: número de secuencias; (n): número de llamadas; Dur: duración de la llamada; Fmax: Frecuencia máxima de la llamada; Fmin: Frecuencia mínima de la llamada; Fmean: Frecuencia media; Tk: Tiempo de inicio del llamado a la inflexión o rodilla; Fk: Frecuencia de la inclinación o rodilla; Fc: Frecuencia característica; Tc: inclinación del cuerpo; S1: inclinación inicial; Sc: inclinación característica. Tadbra: *Tadarida brasiliensis*, Procem: *Promops centralis*.

Parámetros ± 1 SD (max/min)	Tadbra	Procen Frecuencia baja	Procen Corta de baja frecuencia	Procen Frecuencia alta
Sec (n)	97(1523)	24(98)	28(167)	12(21)
Dur(ms)	11.28 \pm 2.32 (21.61/2.70)	57.67 \pm 21.82 (135.61/22.31)	20.68 \pm 5.75 (35.38/8.39)	14.29 \pm 4.74 (24.86/6.94)
Fmax(kHz)	27.59 \pm 2.23 (36.04/23.81)	25.85 \pm 0.56 (27.4/24.24)	25.75 \pm 1.97 (27.4/1.21)	34.84 \pm 3.73 (43.24/29.96)
Fmin(kHz)	24.25 \pm 1.14 (29.74/21.56)	19.80 \pm 1.14 (22.41/17.54)	22.88 \pm 1.96 (25.32/0.67)	27.78 \pm 0.86 (29.74/26.4)
Fmean(kHz)	25.66 \pm 1.32 (31.14/22.86)	22.68 \pm 1.01 (24.96/20.24)	24.68 \pm 1.94 (26.27/0.82)	29.99 \pm 1.61 (33.71/28.27)
Tk (kHz)	1.54 \pm 1.41 (12.19/0)	27.15 \pm 22.47 (102.55/0.2)	3.39 \pm 2.88 (18.4/0)	5.28 \pm 2.11 (9.69/1.81)
Fk(ms)	26.43 \pm 1.53 (32.39/23.05)	22.34 \pm 1.86 (25.16/18.14)	23.96 \pm 1.98 (25.81/0.84)	29.78 \pm 1.45 (33.61/28.17)
Fc(kHz)	24.82 \pm 1.22 (30.19/22.47)	24.43 \pm 1.97 (26.49/19)	25.57 \pm 2.03 (27.12/0.67)	28.56 \pm 0.96 (30.08/26.94)
Tc(ms)	9.81 \pm 2.26 (20.95/1.97)	45.32 \pm 23.90 (132.93/9.71)	17.59 \pm 5.65 (31.93/6.57)	13.07 \pm 4.93 (23.98/4.57)
S1	14.35 \pm 108.02 (484.10/-800.44)	8.04 \pm 89.62 (356.48/-264.26)	-16.55 \pm 66.66 (214.25/-181.89)	137.72 \pm 76.31 (321.69/-40.55)
Sc	11.88 \pm 8.46 (63.07/-35.42)	-7.50 \pm 3.64 (-0.92/-18.76)	-6.68 \pm 3.59 (26.61/-26.26)	10.62 \pm 10.19 (45.32/1.32)

Continuación Cuadro 6. Parámetros (valor promedio \pm desviación estándar, valor máximo y valor mínimo) medidos en las especies de la familia Molossidae. Sec: número de secuencias; (n): número de llamadas; Dur: duración de la llamada; Fmax: Frecuencia máxima de la llamada; Fmin: Frecuencia mínima de la llamada; Fmean: Frecuencia media; Tk: Tiempo de inicio del llamado a la inflexión o rodilla; Fk: Frecuencia de la inclinación o rodilla; Fc: Frecuencia característica; Tc: inclinación del cuerpo; S1: inclinación inicial; Sc: inclinación característica. Procen2: *Promops centralis* 2, Eum12kHz= *Eumops* a 12 kHz y Eum16kHz= *Eumops* a 16 kHz.

Parámetros ± 1 SD (max/min)	Procen2 Frecuencia modulada	Procen2 Frecuencia cuasiconstante	Eum12kHz	Eum16kHz
Sec (n)	23(149)	14(161)	5(18)	5(42)
Dur(ms)	3.57 \pm 0.98 (6.59/1.39)	8.95 \pm 2.01 (12.40/4.17)	9.77 \pm 1.98 (13.41/6.13)	15.46 \pm 2.50 (19.85/6.87)
Fmax(kHz)	40.04 \pm 2.15 (45.45/33.47)	26.23 \pm 1.10 (29.52/24.69)	14.23 \pm 1.29 (16.43/12.80)	19.30 \pm 1.53 (21.92/16.95)
Fmin(kHz)	24.18 \pm 4.12 (33.90/17.20)	24.54 \pm 1.14 (28.37/22.73)	11.73 \pm 0.37 (12.36/11.19)	16.11 \pm 0.47 (17.24/15.12)
Fmean(kHz)	31.94 \pm 2.55 (37.69/24.80)	25.68 \pm 1.09 (29.13/24.19)	12.69 \pm 0.57 (13.65/11.89)	17.39 \pm 0.71 (18.55/16.15)
Tk (kHz)	0.73 \pm 0.70 (2.76/0)	1 \pm 1 (5.51/0)	1.94 \pm 1.05 (4.43/0.31)	2.48 \pm 1.27 (5.79/0.43)
Fk(ms)	36.80 \pm 3.25 (42.55/27.97)	25.16 \pm 1.12 (28.67/23.26)	13.23 \pm 0.61 (14.47/12.54)	18.11 \pm 0.96 (20.25/16.36)
Fc(kHz)	31.51 \pm 3.23 (39.80/20.00)	26.19 \pm 1.09 (29.20/24.69)	12.02 \pm 0.47 (13.27/11:30)	16.53 \pm 0.56 (18.39/15.75)
Tc(kHz)	2.08 \pm 0.81 (4.07/043)	6.96 \pm 1.73 (10.60/2.46)	8.74 \pm 2.05 (12.04/5.02)	13.96 \pm 3.12 (19.35/4.31)
S1(ms)	267.55 \pm 165.00 (717.88/-261.82)	23.07 \pm 79.70 (294.95/-107.28)	68.42 \pm 28.03 (111.48/28.24)	72.56 \pm 36.10 (244.34/32.48)
Sc	182.22 \pm 61.82 (352.40/57.59)	-10.06 \pm 6.14 (26.52/-37.27)	21.86 \pm 8.34 (38.78/12.44)	12.33 \pm 6.92 (24.60/2.40)

Familia Vespertilionidae

Myotis californicus

Se tomaron medidas en 25 archivos grabados de la especie. Es un llamado de frecuencia modulada seguido de una inflexión que termina con un pequeño fragmento de frecuencia cuasi constante. Se obtuvieron las siguientes medidas promedio para la Fmax de 68 ± 6.11 y Fmin de 48.19 ± 2.79 (figura 21A).

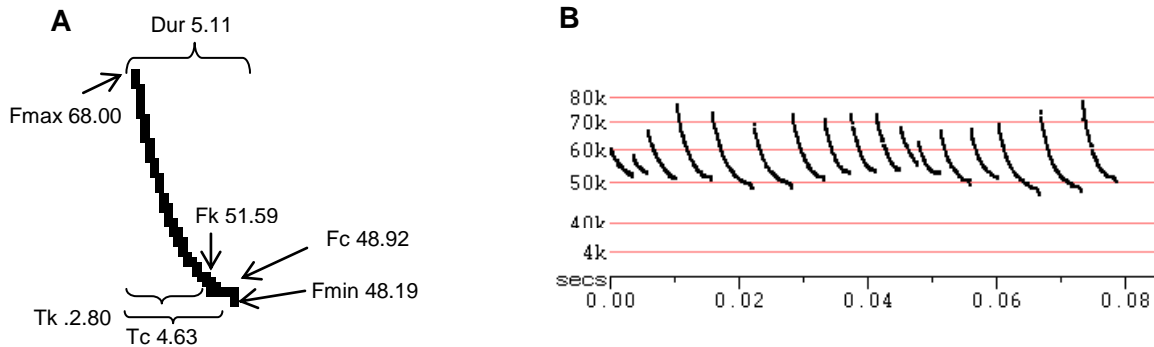


Figura 21. Características del llamado de *Myotis californicus*. Secuencia de pulsos de la especie.

En el trabajo de Gannon *et al.*, 2001 en el que realizaron una comparación de llamados de *Myotis californicus* y *M. ciliolabrum* se reportan valores de la duración (2 ms), Fmax (76 kHz) y Fmin (48.55 kHz) para esta especie. En otro estudio conducido en el estado de Morelos por Rizo (2008) se presentaron los siguientes valores, duración 1.3 ms, Fmin 44.2 y Fmax 77.2. Se destacan los valores de la Fmax con los anteriores estudios ya que significan entre 8 y 9.2 kHz más que el presente estudio. Además del caso de la duración en la que el valor de ofrece Rizo (2008) es 35% menos del primer estudio y un 74.5 % menos con esta investigación.

Eptesicus fuscus

Se obtuvieron datos para 45 secuencias. Es un llamado de frecuencia modulada seguido de una inflexión que termina con un pequeño fragmento de frecuencia cuasi constante. Se obtuvieron las medidas promedio y se destaca los valores de Fmax en 48.83 ± 5.03 y Fmin en 29.13 ± 0.81 (figura 22A).

En el municipio de la Venta, se reportaron valores promedio de duración de 6.19 milisegundos, Fmax 55.19 kHz y Fmin 31.43. El valor de la Fmax tiene una diferencia con el reportado aquí de 6.36 kHz y la Fmin solo difiere en 2.3 kHz, en la

duración no se hallan grandes diferencias (0.68 ms) (Fuentes, 2010).

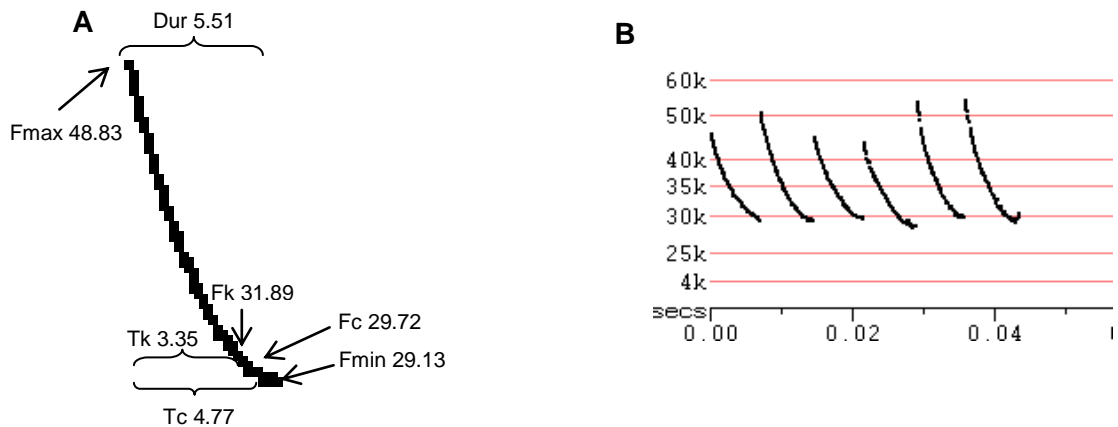


Figura 22A. Valores promedio de los parámetros para los llamados de *Eptesicus fuscus*. B. Secuencia de llamados de la Especie

Myotis 40 kHz

Se midieron diez parámetros 36 secuencias. Es un llamado de frecuencia modulada seguido de una inflexión que termina con un pequeño fragmento de frecuencia cuasi constante. Se obtuvieron las medidas promedio y se destaca los valores de Fmax en 48.83 ± 5.03 y Fmin en 29.13 ± 0.81 (figura 23A).

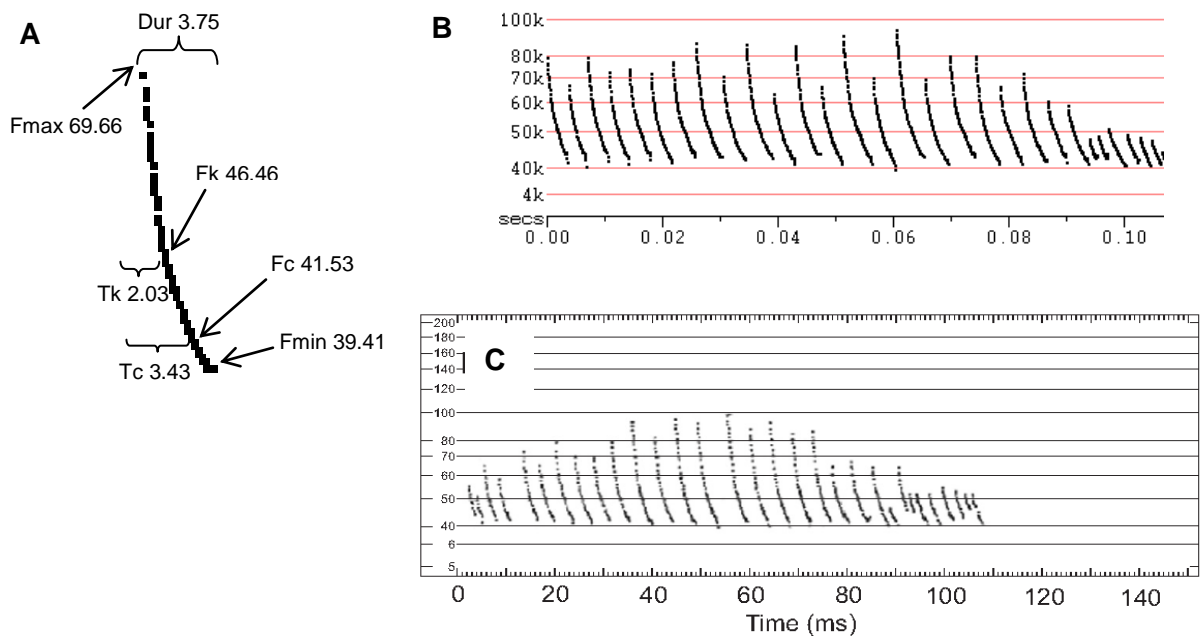


Figura 23A. Medidas promedio de los llamados de *Myotis* a 40 kHz. B. Secuencia de pulsos. C. Espectrograma que muestra la firma vocal de *Myotis ciliolabrum* (Imagen modificada de Gannon et al., 2001).

De acuerdo a los valores mencionado por Gannon *et al.*, 2001 (Fmax 61.10, Fmin 39.20 y duración 3.91ms) se presume que es probable que el sonotipo al que se le asignó el genero *Myotis* 40kHz pertenezca a *Myotis ciliolabrum*. Sin embargo, será necesario realizar pruebas estadísticas para afirmarlo, ya que se sabe que las especies del genero *Myotis* en muchos casos son difíciles de diferenciar.

Myotis 50 kHz

Se midieron diez parámetros en tres secuencias. Es un llamado de frecuencia modulada seguido de una inflexión que termina con un pequeño fragmento de frecuencia modulada. Se obtuvieron las medidas promedio y se destaca los valores de Fmax en 70.49 ± 7.57 y Fmin en 50.68 ± 1.72 (figura 24A).

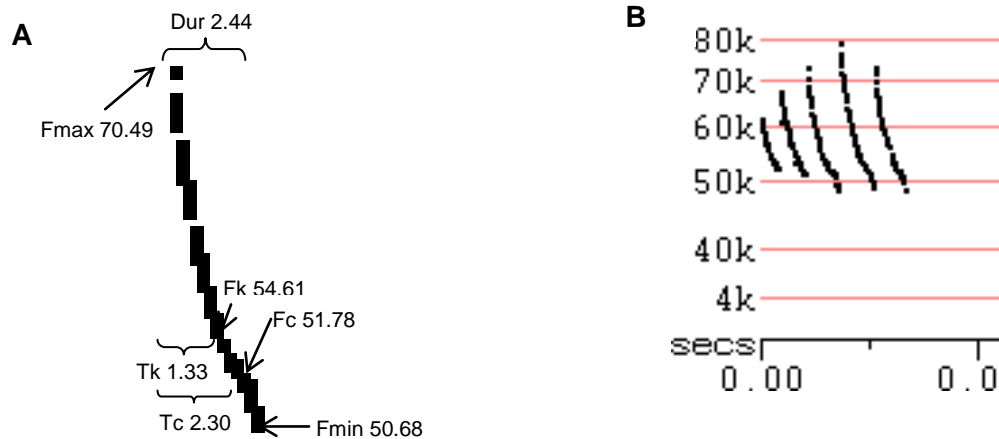


Figura 24A. Medidas promedio de los llamados del sonotipo de *Myotis* 50kHz. B. Secuencia de pulsos de la especie.

Cuadro 7. Parámetros (valor promedio \pm desviación estándar, valor máximo y valor mínimo) medidos en las especies de la familia Vespertilionidae. Sec: número de secuencias; (n): número de llamadas; Dur: duración de la llamada; Fmax: Frecuencia máxima de la llamada; Fmin: Frecuencia mínima de la llamada; Fmean: Frecuencia media; Tk: Tiempo de inicio del llamado a la inflexión o rodilla; Fk: Frecuencia de la inclinación o rodilla; Fc: Frecuencia característica; Tc: inclinación del cuerpo; S1: inclinación inicial; Sc: inclinación característica. Myocal: *Myotis californicus*, Eptfus: *Eptesicus fuscus*, Myo40kHz: *Myotis* a 40 kHz; Myo50kHz: *Myotis* a 50 kHz

Parámetros ± 1 SD (max/min)	Myocal	Eptfus	Myo40kHz	Myo50kHz
Sec (n)	25(62)	45(651)	36(174)	3(11)
Dur(ms)	5.11 \pm 1.14 (6.59/3.53)	5.51 \pm 1.46 (7.78/330)	3.75 \pm 0.55 (5.09/3.01)	2.44 \pm 0.70 (3.09/1.51)
Fmax(kHz)	68.00 \pm 6.11 (76.92/57.55)	48.83 \pm 5.03 (56.34/40.00)	69.66 \pm 10.4 (94.12/55.17)	70.49 \pm 7.57 (79.21/61.64)
Fmin(kHz)	48.19 \pm 2.79 (52.63/45.45)	29.13 \pm 0.81 (30.42/27.87)	39.41 \pm 1.19 (43.01/38.10)	50.68 \pm 1.72 (52.63/49.08)
Fmean(kHz)	53.60 \pm 3.79 (59.05)	34.96 \pm 1.61 (37.38/31.80)	48.82 \pm 2.32 (54.96/46.05)	56.78 \pm 1.17 (58.25/55.52)
Tk (kHz)	2.80 \pm 1.16 (4.13/1.23)	3.35 \pm 1.08 (5.86/1.52)	2.03 \pm 0.57 (3.44/1.27)	1.33 \pm 0.37 (1.71/0.84)
Fk(ms)	51.59 \pm 4.63 (58.39/47.34)	31.89 \pm 1.40 (34.63/29.20)	46.46 \pm 1.70 (53.33/43.96)	54.61 \pm 0.71 (55.17/53.69)
Fc(kHz)	48.92 \pm 3.48 (54.05/45.45)	29.72 \pm 0.93 (31.01/27.87)	41.53 \pm 1.07 (45.71/41.03)	51.78 \pm 0.59 (52.63/51.28)
Tc(kHz)	4.63 \pm 1.34 (6.00/2.09)	4.77 \pm 1.22 (7.40/2.39)	3.43 \pm 0.56 (4.99/2.73)	2.30 \pm 0.57 (2.85/1.51)
S1(ms)	447.65 \pm 189.53 (727.23/109.63)	344.76 \pm 91.58 (591.05/185.68)	434.29 \pm 681.94 (1051.37/-2068.60)	-129.47 \pm 1636.97 (912.19/-2555.59)
Sc	52.77 \pm 49.55 (139.32/0)	70.99 \pm 28.79 (154.66/20.31)	108.70 \pm 19.80 (170.81/71.66)	78.04 \pm 11.00(93.03/68.29)

Sonotipos

Sonotipo 1

Se utilizó un archivo para tomar las diez medidas reportadas. Es un llamado de frecuencia modulada de banda ancha (aprox. 40 kHz), seguida de una rodilla que da paso a un pequeño segmento de frecuencia cuasiconstante que va de menor a mayor frecuencia. Los valores para la Fmax fueron de 70.49 ± 7.57 y para la Fmin son 50.68 ± 1.72 (figura 25A).

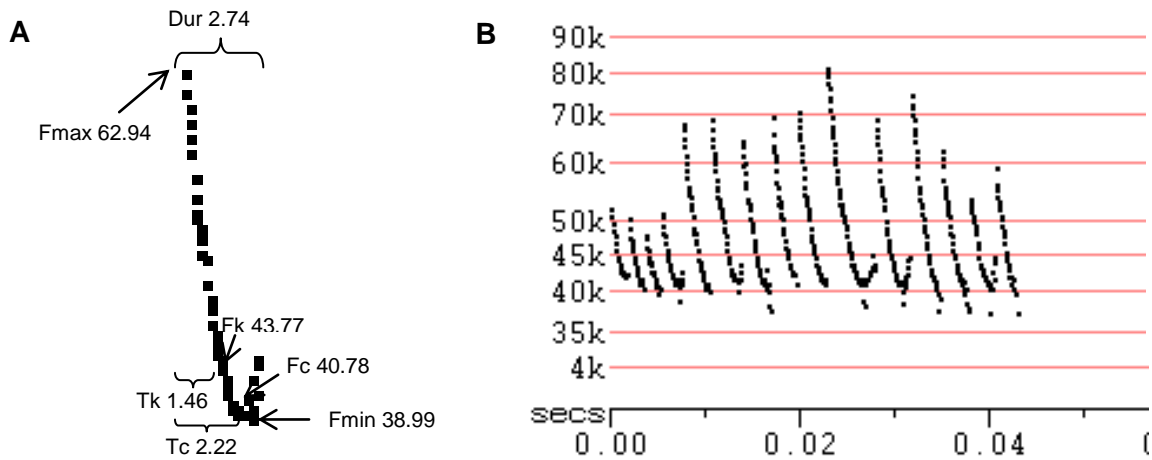


Figura 25A. Medidas promedio de las llamadas del sonotipo 1. B. Secuencias de pulsos de la especie.

Sonotipo 2

Se utilizaron 2 archivos para tomar las diez medidas reportadas. Es un llamado de frecuencia modulada de banda ancha (27 kHz) que aproximadamente en la parte media tiene una inflexión (Tk) para continuar con la frecuencia modulada. Los valores para la Fmax fueron de 69.36 ± 2.25 y para la Fmin son 42.59 ± 2.72 (figura 26A).

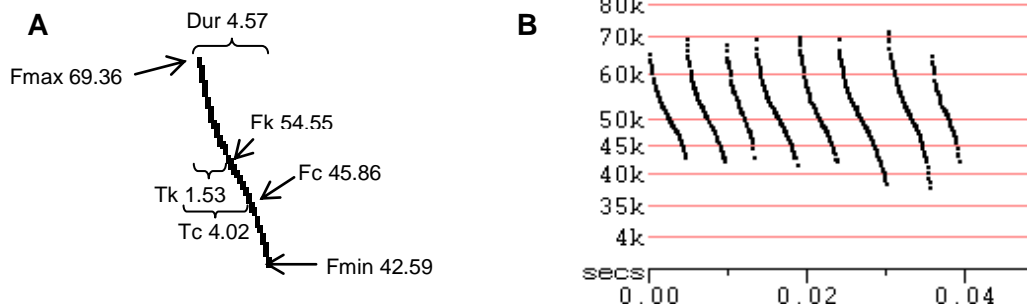


Figura 26A. Medidas promedio de las llamadas del sonotipo 2. B. Secuencia de pulsos del sonotipo.

Sonotipo 3

En cuatro archivos se tomaron las diez medidas reportadas. Es un llamado de frecuencia modulada de banda ancha (24 kHz) que inicia con un pequeño fragmento de frecuencia cuasi constante, seguido de una inflexión (Tk) que termina con frecuencia modulada. Los valores para la Fmax fueron de 52.69 ± 1.27 y para la Fmin 28.46 ± 1.34 (figura 27A).

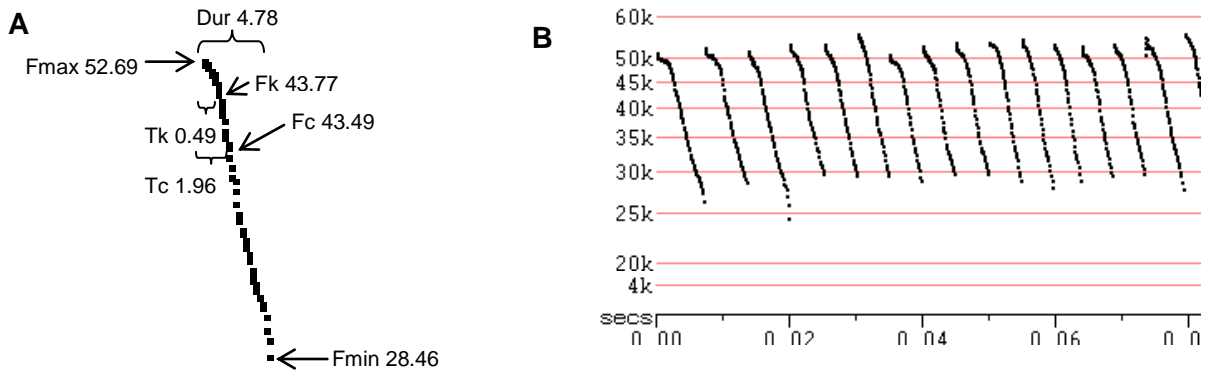


Figura 27A. Medidas promedio de los pulsos del sonotipo 3. B. Secuencia de pulsos.

Sonotipo 4

En cuatro archivos se tomaron las diez medidas reportadas. Es un llamado de frecuencia modulada de banda ancha (37 kHz) con una inflexión (Tk) que continua con frecuencia modulada. Los valores para la Fmax fueron de 80.53 ± 2.29 y para la Fmin 43.13 ± 3.48 (figura 28A).

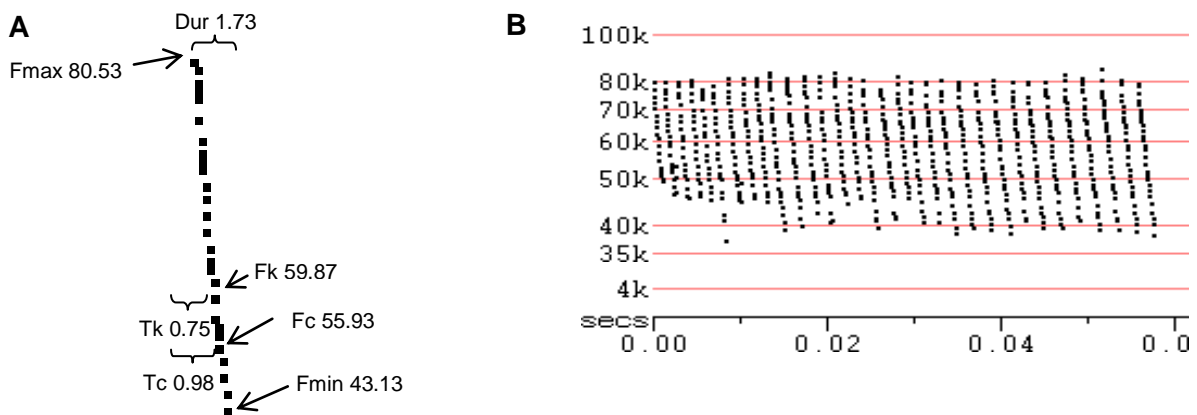


Figura 28A. Medidas promedio de las llamadas del sonotipi 4. B. Firma vocal del sonotipo.

Sonotipo 5

En dos archivos se tomaron las diez medidas reportadas. Es un llamado de frecuencia cuasi constante de banda angosta (5 kHz) con una inflexión (Tk) que continua con frecuencia cuasi constante. Los valores para la Fmax fueron de 34.47 ± 1.99 y para la Fmin 29.25 ± 1.81 (figura 29A).

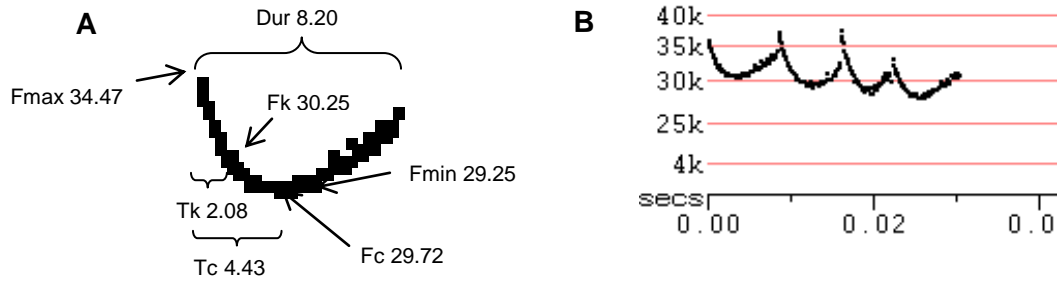


Figura 29A. Medidas promedio de los llamados del sonotipo 5. B. Secuencia de llamados del sonotipo.

Sonotipo 6

En cuatro archivos se tomaron las diez medidas reportadas. Es un llamado de frecuencia cuasi constante de banda ancha (17.48 kHz) con una inflexión (Tk) que continua con frecuencia cuasi constante. Los valores para la Fmax fueron de 49.07 ± 1.14 y para la Fmin 31.59 ± 0.83 (figura 30A).

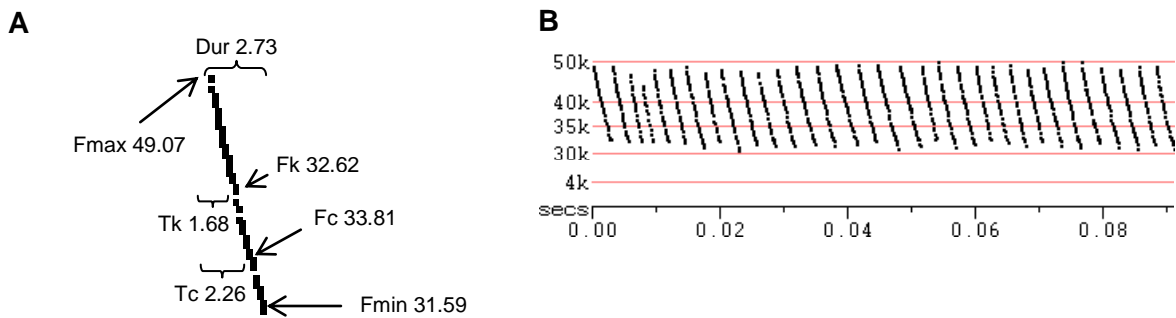


Figura 30A. Medidas promedio de las secuencias del sonotipo 6. B. Secuencia de pulsos del sonotipo.

Sonotipo 7

En 24 archivos se tomaron las diez medidas reportadas. Es un llamado de banda ancha (24.4 kHz), inicia con un pequeño fragmento de frecuencia cuasi constante con una inflexión (Tk) que finaliza con frecuencia cuasi constante. Los valores para la Fmax fueron de 55.39 ± 1.34 y para la Fmin 30.98 ± 1.41 (figura 31A).

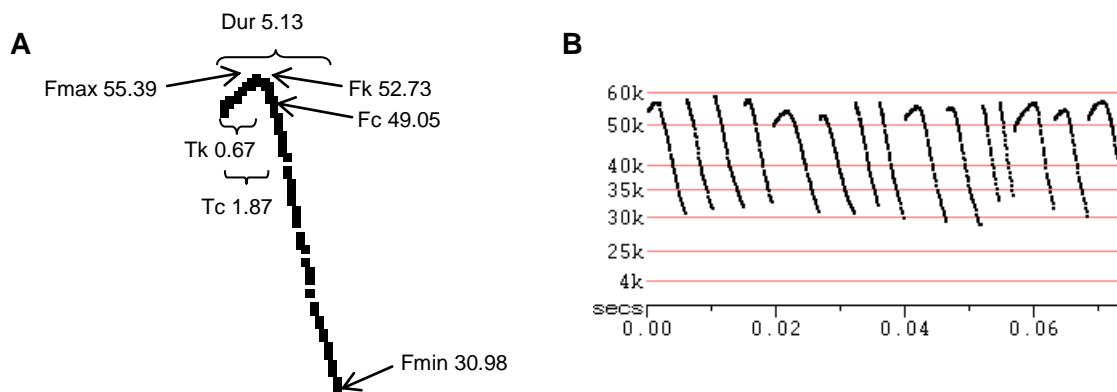


Figura 31A. Medidas promedio de las llamadas del sonotipo 7. B. Secuencia de llamados del sonotipo.

Cuadro 8. Parámetros (valor promedio \pm desviación estándar, valor máximo y valor mínimo) medidos el grupo de los sonotipos. Sec: número de secuencias; (n): número de llamadas; Dur: duración de la llamada; Fmax: Frecuencia máxima de la llamada; Fmin: Frecuencia mínima de la llamada; Fmean: Frecuencia media; Tk: Tiempo de inicio del llamado a la inflexión o rodilla; Fk: Frecuencia de la inclinación o rodilla; Fc: Frecuencia característica; Tc: inclinación del cuerpo; S1: inclinación inicial; Sc: inclinación característica.

Parámetros ± 1 SD (max/min)	Sonotipo 1	Sonotipo 2	Sonotipo 3
Sec (n)	1(15)	2(11)	4(83)
Dur(ms)	2.74 \pm 0.93 (5.13/1.38)	4.57 \pm 0.84 (6.08/3.55)	4.78 \pm 0.60 (7.13/3.56)
Fmax(kHz)	62.94 \pm 10.17 (81.63/47.90)	69.36 \pm 2.25 (72.07/65.04)	52.69 \pm 1.27 (55.94/50)
Fmin(kHz)	38.99 \pm 1.30 (41.03/37.38)	42.59 \pm 2.72 (46.24/37.91)	28.46 \pm 1.34 (33.47)
Fmean(kHz)	46.34 \pm 2.58 (49.92/42.61)	52.36 \pm 1.49 (54.74/50)	40.18 \pm 1.19 (43.36/36.81)
Tk (kHz)	1.46 \pm 0.66 (2.74/0.52)	1.53 \pm 0.44 (2.46/0.71)	0.49 \pm 0.54 (1.94/0)
Fk(ms)	43.77 \pm 1.38 (45.98/41.45)	54.55 \pm 1.89 (57.97/51.28)	50.61 \pm 2.48 (54.79/44.20)
Fc(kHz)	40.78 \pm 0.79 (42.11/39.60)	45.86 \pm 2.98 (49.08/38.65)	43.49 \pm 3.57 (51.61/36.53)
Tc(kHz)	2.22 \pm 0.72 (3.50/1.07)	4.02 \pm 0.92 (6.08/2.75)	1.96 \pm 0.45 (2.84/0.75)
S1(ms)	451.82 \pm 670.93 (1183.44/-1804.72)	687.94 \pm 212.26 (1041.07/432.60)	192.72 \pm 90.88 (448.10/44.46)
Sc	141.31 \pm 47.61(236.69/65.96)	101.09 \pm 12.28 (128.83/84.77)	161.20 \pm 69.80 (321.28/21.28)

Continuación Cuadro 8. Parámetros (valor promedio \pm desviación estándar, valor máximo y valor mínimo) medidos para el grupo de los sonotipos. Sec: número de secuencias; (n): número de llamadas; Dur: duración de la llamada; Fmax: Frecuencia máxima de la llamada; Fmin: Frecuencia mínima de la llamada; Fmean: Frecuencia media; Tk: Tiempo de inicio del llamado a la inflexión o rodilla; Fk: Frecuencia de la inclinación o rodilla; Fc: Frecuencia característica; Tc: inclinación del cuerpo; S1: inclinación inicial; Sc: inclinación característica.

Parámetros	Sonotipo 4	Sonotipo 5	Sonotipo 6	Sonotipo 7
± 1 SD (max/min)				
Sec (n)	5(167)	2(8)	4(83)	24 (386)
Dur(ms)	1.73 \pm 0.33 (2.89/1.18)	8.20 \pm 0.23 (8.36/8.03)	2.73 \pm 0.37 (3.88/1.63)	5.13 \pm 1.34(7.48/2.11)
Fmax(kHz)	80.53 \pm 2.29 (85.11/73.39)	34.47 \pm 1.99 (35.87/33.06)	49.07 \pm 1.14 (50.96/43.96)	55.39 \pm 2.47 (59.26/49.38)
Fmin(kHz)	43.13 \pm 3.48 (49.69/37.38)	29.25 \pm 1.81 (30.53/27.27)	31.59 \pm 0.83 (32.65/28.07)	30.98 \pm 1.41 (34.04/28.88)
Fmean(kHz)	57.38 \pm 2.52 (64.72/53.62)	30.72 \pm 1.88 (32.05/29.39)	38.35 \pm 0.55 (39.19/36.30)	43.41 \pm 2.61 (48.83/38.70)
Tk (kHz)	0.75 \pm 0.41 (1.50/0)	2.08 \pm 1.65 (3.25/0.91)	1.68 \pm 0.57 (2.68/0.34)	0.67 \pm 0.75 (3.27/0)
Fk(ms)	59.87 \pm 10.41 (81.63/45.71)	30.25 \pm 0.40 (30.53/29.96)	36.62 \pm 3.19 (45.98/33.06)	52.73 \pm 3.42 (58.39/46.78)
Fc(kHz)	55.93 \pm 9.70 (76.19/42.55)	29.72 \pm 2.33 (31.37/28.07)	33.81 \pm 2.61 (41.24/30.08)	49.05 \pm 5.97 (57.55/38.83)
Tc(kHz)	0.98 \pm 0.42 (1.85/0.21)	4.43 \pm 1.43 (5.44/3.42)	2.26 \pm 0.60 (3.30/0.92)	1.87 \pm 0.92 (3.52/0.44)
S1(ms)	729.58 \pm 518.25 (1466.04/- 2356.68)	189.13 \pm 69.03 (237.94/140.31)	380.61 \pm 104.00 (632.28/158.50)	-12.72 \pm 141.65 (240.21/- 251.45)
Sc	433.21 \pm 184.37(873.34/-259.25)	9.77 \pm 39.07 (37.40/-17.86)	204.13 \pm 34.62 (286.85/147.31)	140 \pm 148.23 (365.52/-71.11)

CONCLUSIONES

Este trabajo constituye uno de los primeros esfuerzos en el estado por medir cuantitativamente parámetros de los llamados de especies insectívoras y de iniciar con ellos la conformación de una biblioteca de referencia para identificación de especies.

El método de detección ultrasónica registró dos especies que no habían sido reportadas anteriormente para la región, *Pteronotus parnelli* y *Mormoops megalophylla*. Adicionalmente se atribuyeron dos sonotipos a la especie *Promops centralis*, uno durante grabación en campo y otra durante un ejercicio de grabación, además de que estos registros constituyen los primeros después de 20 años de no haber colectado la especie en la región.

Obtener grabaciones de firmas vocales en diferentes condiciones (en la búsqueda y fase de alimentación, después de la captura, al abandonar el refugio) y variación (ya sea geográfica, de sexo, edad, ambiental), proveen información sobre el repertorio de sonotipos de las especies. Esto hace importante continuar con la investigación en estos ámbitos para enriquecer los listados y las bibliotecas de referencia.

LITERATURA CITADA

- Alhén, I. 2004. Heterodyne and time-expansion methods for identification of bats in the field and through sound analysis. In: Bringham, R. M.; E. K. V. Kalko; G. Jones; S. Parsons y H. J. G. A. Limpens. Bat echolocation research. Tools, techniques and analysis. Bat Conservation International y National Fish and Wildlife Foundation. 72 - 79. Disponible en: <http://batcon.org/pdfs/workshops/EcholocationProceedings.pdf>
- Álvarez, T.; S. T., Álvarez C. y J.C., López V. 1994. Claves para murciélagos mexicanos. Segunda edición. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D. F. p. 64.
- Ávila F., R. y M. B. Fenton. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of mammalogy*. 86(6):1193-1204.

- Barclay, R. M. R.; J. H. Fullard y D. S. Jacobs. 1999. Variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*): influence of body size, habitat structure, and geographic location. *Can. J. Zool.* 77:530 – 534.
- BCM. Bat Conservation and Management Inc. 2009. <http://www.batmanagement.com/Ordering/acoustic/hardware.html>
- Behr, O. y O. Von Helversen. 2004. Bat serenades—complex courtship songs of the sac-winged bat (*Saccopteryx bilineata*). *Behav Ecol Sociobiol.* 56:106 - 115.
- Betts, B. J. 1998. Effects of interindividual variation in echolocation calls on identification of big brown and silver-haired bats. *Journal of Wildlife management.* 62(3): 1003 - 1010.
- Bohn, K. M.; C. F. Moss y G. S. Wilkinson. 2006. Correlated evolution between hearing sensitivity and social calls in bats. *Biology Letters.* 2: 561 - 564.
- Briggs, P. 2012. Bat sound library. Bat Conservation Trust (BCT). Biblioteca en línea de acceso restringido: http://www.bats.org.uk/pages/bat_sound_library.html.
- Britzke, E. R. 2002. Designing Monitoring Programs Using Frequency-Division Bat Detectors: Active Versus Passive Sampling. In: R. M. Brigham, E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons y H. J. G. A. Limpens. *Bat Echolocation Research. Tools, techniques and analysis.* Bat Conservation International. Austin, Texas. 79-83. Disponible en: <http://batcon.org/pdfs/workshops/EcholocationProceedings.pdf>
- Broders, H. G. 2003. Another quantitative measure of bats species activity and sampling intensity considerations for the design of ultrasonic monitoring studies. *Acta chiropterologica.* 5(2)235-241.
- Budenz, T.; S. Heib y J. Kusch. 2009. Functions of Bat Social Calls The Influence of Local Abundance, Interspecific Interactions and Season on the Production of Pipistrelle (*Pipistrellus pipistrellus*) Type D Social Calls. *Acta Chiropterologica,* 11(1):173-182.
- Corben, C. 2002. Zero-crossings analysis for bat identification: an overview. In: R. M. Brigham, E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons y H. J. G. A. Limpens. *Bat Echolocation Research. Tools, techniques and analysis.* Bat Conservation International. Austin, Texas. 95-107. Disponible en: <http://batcon.org/pdfs/workshops/EcholocationProceedings.pdf>

- Corben, C. 2011. Anabat contents: Overview. <http://users.lmi.net/corben/anabat.htm#Anabat%20Contents>
- Erickson, J. y S. West. Pacific Northwest Bat Call Library. College of Forest Resources, University of Washington. Biblioteca en línea: <http://depts.washington.edu/sdwasm/pnwbat/batcall.html>
- Estrada, A.; C. Jiménez, A. Rivera y E. Fuentes. 2004. General bat activity measured with ultrasound detector in a fragmented tropical landscape in Los Tuxtlas, Mexico. *Animal Biodiversity and Conservation*. 27:5-13.
- Fenton, M. B. 1994. Assessing signal variability and reliability: to thine ownself be true. *Animal Behaviour*. 47(4): 757 - 764.
- Fenton, M. B. 2003. Eavesdropping on the echolocation and social calls of bats. *Mammal Review*. 33(3): 193 - 204.
- Fenton, M. B.; D. S. Jacobs; E. J. Richardson; P. L. Taylor y W. White. 2004. Individual signatures in the frequency-modulated sweep calls of African large-eared, free-tailed bats *Otomops martiensseni* (Chiroptera: Molossidae). *The Zoological Society of London*. 262: 11 - 19.
- Fenton, M. B.; Merriam, H. G. y Holroyd, G. L. 1983. Bats of Kootenay, Glacier and Mount Revelstoke national parks in Canada identification by echolocation calls, distribution and biology. *Canadian Journal of Zoology*. 61: 2503 - 2508.
- Fenton, M.B.; Acharya L.; Audet D.; Hickey M.B.C.; Merriman C.; Obrist M.K.; Syme D.M. y Adkins B. 1992. Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica*. 24:440-446.
- Fernández F., J. y M. Pujal C. 1992. *Iniciación a la física vol.1*. Editorial Reverte. p. 221 y 225.
- Fisher, J.; J. Francis y G. Jones. 2005. The bats of Britain. School of Biological Sciences, University of Bristol. Biblioteca en línea: <http://www.bio.bris.ac.uk/research/bats/britishbats/index.htm>
- Fuentes M., H. 2010. Estructura del ensamble de murciélagos de la Venta, Oaxaca, México. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. 63 pp.

- Gándara F., G; A. N., Correa S. y C. A., Hernández C. 2006. Valoración económica de los servicios ecológicos que prestan los murciélagos *Tadarida brasiliensis* como controladores de plagas en el norte de México. Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública (EGAP). Cátedra de Integración Económica y Desarrollo Social. Nuevo León, México. pp. 1-18.
- 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. In: Thomas, J. A.; Moss, C. F. y Vater, M. (Eds.). Echolocation in bats and dolphins. University of Chicago Press. Chicago, Illinois, USA. 478-484.
- 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(1):77-91.
- Gannon, William L. y J. Ding. 2000. BatCall. Acoustic call library and Species Accounts. Division of Mammals, Museum of Southwestern Biology, Department of Biology, University of New Mexico. Biblioteca en línea: <http://www.msb.unm.edu/mammals/batcall/html/calllibrary.html>.
- Gehrt S. D. y J. E. Chelsvig. 2003. Bat activity in an urban landscape patterns at the landscape and microhabitat scale. *Ecology applications*, 13(4):939-950.
- Gehrt S. D. y J. E. Chelsvig. 2004. Species-specific patterns of bat activity in an urban landscape. *Ecology applications*, 14(2):625-635.
- GEO, Gobierno del Estado de Oaxaca. 2009. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/>
- Gillam, E. H., N. I. Hristov, T. H. Kunz y G. F. McCracken. 2010. Echolocation behavior of Brazilian free-tailed bats during dense emergence flights. *Journal of Mammalogy*, 91(4):967–975.
- GNoR BIG (Gauteng and Northern Regions Bat Interest Group). 2004. Call parameters of some Southern African Bats. Disponible en: http://www.batsgauteng.org.za/Bat_Calls_SA.pdf
- Griffin, D. R. 1971. The importance of atmospheric attenuation for the echolocation of bats (Chiroptera). *Animal Behaviour*. 19 (1): 55–61.

- Guillén-Servent, A. y C. Ibañez. 2007. Unusual echolocation behavior in a small molossid bat, *Molossops temminckii*, that forages near background clutter. *Behav Ecol Sociobiol.* 61:1599 - 1613. DOI 10.1007/s00265-007-0392-4.
- Hall, E. R. 1981. *The mammals of North America*. Segunda edición. Wiley-Interscience Publication. Volumen I y II. E. U.A. 1181.
- Herr, A. y N. Klomp. 1995. South-eastern Australian bat call library. Johnstone Centre of Parks, Recreation and Heritage, Charles Sturt University. Biblioteca en línea: <http://batcall.csu.edu.au/batcall1.html>
- Ibañez, C. J.; Juste. R.; López W. L. Albuja y A. Nuñez G. 2002. Echolocation of three species of sac-winged bats (*Balantiopteryx*). *Journal of Mammalogy.* 83: 1049 – 1057.
- Ibañez, C. J.; Juste. R.; López W. y A. Nuñez G. 2004. Habitat variation and jamming avoidance in echolocation calls of the sac-winged bat (*Balantiopteryx plicata*) *Journal of Mammalogy.* 85(1): 38 – 42.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Censo de población y vivienda 2010. <http://www.inegi.org.mx>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. 2002. Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso de Suelo y Vegetación. 125000. <http://www.inegi.org.mx>
- Iribar I., A. Física de los sonidos del lenguaje. Consultado: enero 2012. Disponible en: http://paginaspersonales.deusto.es/ai_ribar/Fonetica/Apuntes/03.html
- Jaramillo J., A. M. 2007. *Acústica la ciencia del sonido*. Instituto Tecnológico Metropolitano. Medellín, Colombia. 25 y 26.
- Jung, K. y E. K. V. Kalko. 2010. Where forest meets urbanization: foraging plasticity of aerial insectivorous bats in an anthropogenically altered environment. *Journal of Mammalogy.* 91(1):144-153. doi: <http://dx.doi.org/10.1644/08-MAMM-A-313R.1>.
- 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.

- Kazial, K. A. y W. M. Masters. 2004. Female big brown bats, *Eptesicus fuscus*, recognize sex from a caller's echolocation signals. *Animal behavior*. 67: 855 - 863.
- Keinath, D. Anabat Call Key for the Greater Yellowstone Ecosystem. Wyoming Natural Diversity Database. University of Wyoming. Clave disponible en: http://www.uwyo.edu/wyndd/_files/docs/bat-call/anabat%20callkey3.pdf
- Keinath, D. Wyoming Bat Call Library. Wyoming Natural Diversity Database. University of Wyoming. Biblioteca en línea: <http://www.uwyo.edu/wyndd/data-dissemination/priority-data-comp/wyoming-bat-call-library/index.html#Library>.
- Korine C. y B. Pinshow. 2004. Guild structure, foraging space use, and distribution in a community of insectivorous bats in the Negev Desert. *J. Zool., Lond. The Zoological Society of London*. 262:187 - 196
- Kuenzi, A. J. y M. L. Morrison. 1998. Detection of bats by mist-nets and ultrasonic sensors. *Wildlife society bulletin*, 26(2)307-311.
- Kunz, T. H. y A., Kurta. 1988. Capture methods and holding devices. In: Kunz, T. H (Ed.). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution Press. E. U. A. pp. 3-20.
- Lawrence, B. D. y J. A. Simmons. 1982. Measurements of atmospheric attenuation at ultrasonic frequencies and the significance for echolocation by bats. *Journal of the Acoustical Society of America*. 71(3): 585 - 590.
- Limpens, H. J. G. A. y G. F. McCracken. 2002. Choosing a bat detector: theoretical and practical aspects. In: R. M. Brigham, E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons y H. J. G. A. Limpens. *Bat Echolocation Research. Tools, techniques and analysis*. Bat Conservation International. Austin, Texas. 28-37.
- Loeb, S. C. y J. M. O'Keefe. 2006. Habitat Use by Forest Bats in South Carolina in Relation to Local, Stand, and Landscape Characteristics. *Journal of wildlife management*. 70(5): 1210 - 1218.
- MacSwiney G., M. C., Clarke, F. M. y Racey, P. A. 2008. What you see is not what you get: the role of ultrasonic detectors at maximising inventory completeness in neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology* 45(5): 1364-1371.

- MacSwiney G., M. C.; B. Bolvar C.; F. M. Clarke y P. 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., 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.
- Masters, W. M.; K. A. S. Raver y K. A. Kazial. 1995. Sonar signals of big brown bats, *Eptesicus fuscus*, contain information about individual identity, age and familiar affiliation. *Animal behavior*. 50:1243 - 1260.
- McKinney, M. L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127(3): 247-260. En: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00063207>.
- Messina, T. 2002. Frequency division: a technical overview. In: R. M. Brigham, E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons y H. J. G. A. Limpens. *Bat Echolocation Research. Tools, techniques and analysis*. Bat Conservation International. Austin, Texas. 89-91.
- Milne, D. J. 2002. Key to the bat calls of the top end of the northern territory. Parks and Wildlife Commission of the Northern Territory. Technical Report. Australia. En: http://www.nretas.nt.gov.au/__data/assets/pdf_file/0015/17520/Milne2002NTBatCallKey1.01.pdf. No. 71: pp. 39.
- Mittermeier, R. A. y C. Goettsch de M. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. José Sarukhán y Rodolfo Dirzo (eds.) México ante los retos de la biodiversidad. Conservation international. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad. México D. F. 14 pp.
- Murray, K. L.; E. R. Britzke y L. W. Robbins. 2001. Variation in search-phase calls of bats. *Journal of Mammalogy*, 82(3):728-737.
- Neuweiler, G. 1989. Foraging ecology and audition in echolocating bats. *Trends in ecology and evolution*. 4(6): 160-166.
- 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 (3):954-963.
- O'Farrell, M. J. y B. W., Miller. 1999. Use of Vocal Signatures for the Inventory of Free-flying Neotropical Bats. *Biotropica*. 31(3)pp.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(1)pp. 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(2): 185-196.
- O'Farrell, M. J. y C. Corben. 2003. Combined Software Documentation. Anabat Software. 77 pp.
- Parson, S. y M. K. Obrist. 2004. Recent methodological advances in the recording and analysis of field recorded bat echolocation calls. In: Thomas J. A., C. F. Moss y M. Vater (eds.). *Echolocation in bats and dolphins*. E.U.A. The university of Chicago press. 470-472.
- Pennay, M.; B. Law y L. Reinhold. 2004. Region based guide to the echolocation calls of microchiropteran bats. NSW (New South Wales) Department of Environment and Conservation, Hurstville. En: <http://www.environment.nsw.gov.au/resources/nature/BatCallsOfNSW.pdf>. pp. 87.
- Pettersson, L. 2002. Time expansion: analysis capabilities and limitations and field design. In: R. M. Brigham, E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons y H. J. G. A. Limpens. *Bat Echolocation Research. Tools, techniques and analysis*. Bat Conservation International. Austin, Texas. 91 - 94.
- Pfalzer G. y J. Kusch. 2003. Structure and variability of bat social calls: implications for specificity and individual recognition. *J. Zool., Lond.* 261: 21 - 33.
- Ratcliffe, J. M., H. M. Ter Hofstede, R. Ávila-Flores, M. B. Fenton, G. F. McCracken, S. Biscardi, J. Blasko, E. Gillam, J. Orprecio y G. Spanjer. 2004. Conspecifics influence call design in the Brazilian free-tailed bat, *Tadarida brasiliensis*. *Can. J. Zool.* 82: 966–971.

- Romero, A. M. de L.; A., Aguilar S. y C., Sánchez H. 2006. Murciélagos benéficos y vampiros. Características, importancia, rabia, control y conservación. AGT Editor S. A. México. p. 213.
- Russ, J. M.; P. A. Racey y G. Jones. 1998. Intraspecific responses to distress calls of the pipistrelle bat, *Pipistrellus pipistrellus*. Anim. Behav. 55(3): 705 - 713.
- Rydell, J.; Arita, H. T.; Santos, M. y J. Granados. 2002. Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. J. Zool., Lond. 257:27-36.
- Schnitzler, H. U. y E. K. V. Kalko. 2001. Echolocation by insect-eating bats. BioScience. 51(7): 557-56.
- Trejo O., A. 2011. Caracterización acústica de los murciélagos insectívoros del Parque Nacional Huatulco, Oaxaca. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca. 84 pp.
- Vázquez M., C.I. 2011. Identidad taxonómica y tamaño de las presas consumidas por algunas especies de murciélagos de la familia Molossidae (Mammalia: Chiroptera). Tesis. Universidad Veracruzana. p. 65.
- Villa, B. 1966. Los Murciélagos de México. Editorial Libros. México, D. F. 483 pp.
- Villalba P., A. 1996. Capítulo I. La pérdida de la audición. In: Atención educativa de las deficiencias auditivas. J. A. Fernandez M. y A. Villalba P. Generalitat Valenciana. 1-16. Disponible en: http://www.cefe.gva.es/ocd/areacd/docs/esp/d_auditiva.pdf
- Voigt-Heucke, S. L. M. Taborsky y D. K. N. Dechmann. 2010. A dual function of echolocation: bats use echolocation calls to identify familiar and unfamiliar individuals. Animal Behaviour. 80: 59 - 67.
- Von Frenckell, B. y R. M. R. Barclay. 1987. Bat activity over calm and turbulent water. Canadian Journal Zoology, 65: 219:222.
- Weller, T. J. y C. J., Zabel. 2002. Variation in Bat Detections due to Detector Orientation in a Forest. Wildlife Society Bulletin. 30(3): 922-930.

Williams G., K. y I. Perfecto. 2011. Ensemble Composition and Activity Levels of Insectivorous Bats in Response to Management Intensification in Coffee Agroforestry Systems, PLoS ONE 6(1) e16502. En: doi:10.1371/journal.pone.016502

Wilson, E.O. 1988. The current state of Biological Diversity. In: Biodiversity (E.O. Wilson, edit.). Nacional Academy Press. U.S.A. pp. 3-18.