



## Artículo

# RIQUEZA DE ESPECIES Y ACTIVIDAD RELATIVA DE MURCIÉLAGOS INSECTÍVOROS AÉREOS EN UNA SELVA TROPICAL Y PASTIZALES EN OAXACA, MÉXICO

Cristian Kraker-Castañeda<sup>1,2</sup>, Antonio Santos-Moreno<sup>1</sup>  
y José L. García-García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Ecología Animal, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Calle Hornos 1003, C.P. 71230, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México [Correspondencia: Cristian Kraker-Castañeda: <ckraker@ecosur.edu.mx>].

<sup>2</sup> Departamento de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, Barrio María Auxiliadora, C.P. 29290, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

**RESUMEN.** Se estudió estacionalmente la riqueza de especies y actividad relativa de murciélagos insectívoros aéreos en hábitats ribereños de una selva tropical y pastizales en Oaxaca, sureste de México. La detección se realizó con el sistema Anabat™ SD1, se emplearon 96 horas de grabación y 1656 archivos efectivos. Se identificaron 9 especies y 4 sonotipos, pertenecientes a 4 familias: 2 de Mormoopidae (*Pteronotus davyi* y *P. parnellii*), 3 de Emballonuridae (*Saccopteryx bilineata*, *Balantiopteryx io* y *B. plicata*), 5 de Vespertilionidae (*Eptesicus furinalis*, *Lasiurus blosevillii*, *L. ega* y 2 *Myotis*) y 3 de Molossidae (*Molossus rufus*, *Eumops* sp. y 1 sonotipo). Por medio de un modelo asintótico de acumulación de especies se estimó una riqueza >90% en ambos hábitats y épocas (seca y lluviosa) a las 3 horas de grabación. No se observó superposición de los intervalos de confianza para la riqueza estimada entre hábitats. En la selva se registraron 8 especies durante la época seca y 7 en época lluviosa. En los pastizales se registraron 13 especies en ambas épocas. La diferencia de actividad relativa entre la selva y los pastizales no fue estadísticamente significativa, aunque hubo tendencia al aumento en ambos hábitats durante la época seca. En la selva, en época seca, la actividad relativa general presentó correlación positiva con la temperatura promedio y negativa con la humedad relativa. En época seca, en ambos hábitats, la actividad relativa general reflejó una relación positiva con la disponibilidad de alimento. Los sistemas ribereños y su vegetación asociada en zonas bajo fuerte influencia antropogénica son presumiblemente factores de importancia para la resiliencia de este grupo de mamíferos. A medida que avanza la frontera agropecuaria en la región es necesario considerar el manejo local de este tipo de hábitats, debido a su potencial función como corredores entre fragmentos y la selva continua.

**ABSTRACT.** Aerial insectivorous bats species richness and relative activity in a tropical forest and pastures in Oaxaca, Mexico. We seasonally evaluated species richness and relative activity of aerial insectivorous bats along riparian habitats in a tropical forest and pastures in Oaxaca, southeastern Mexico. We used an Anabat™ SD1, 96 hours of recordings and 1656 effective sound files. We identified 9 species and 4 sonotypes, belonging to 4 families: 2 of Mormoopidae (*Pteronotus parnellii* and *P. davyi*), 3 of Emballonuridae (*Saccopteryx bilineata*, *Balantiopteryx io* and *B. plicata*), 5 of Vespertilionidae (*Eptesicus furinalis*, *Lasiurus blosevillii*, *L. ega* and 2 *Myotis*) and 3 of Molossidae (*Molossus rufus*, *Eumops* sp. and 1 sonotype). In both habitats and seasons (dry and wet) we reached over 90% of the estimated richness by an asymptotic accumulation model after three hours of recording. Confidence intervals did not overlap around the estimated richness between habitats. In the forest

we registered 8 species in the dry season and 7 in the wet season. In the pastures in both seasons we registered 13 species. All species present in forests were detected in grasslands, and differences in relative activity did not show statistical significance. The general relative activity in both habitats had the tendency to increase during the dry season. In forests, during the dry season, the general relative activity was correlated positively with mean temperature and negatively with relative humidity. During the dry season, in both habitats, we observed a significant and positive relationship of general relative activity and food availability. Riparian systems and associated vegetation immerse in areas under high anthropogenic pressure seem to be an important resource for the resilience of aerial insectivorous bats. It is necessary to consider local management of this kind of habitats, because of their potential role as corridors between fragments and continuous forest.

**Palabras clave:** Chimalapas, Chiroptera, México.

**Key words:** Chimalapas, Chiroptera, Mexico.

## INTRODUCCION

México alberga 550 especies de mamíferos (Ceballos y Arroyo-Cabrales, 2012). El 25% son murciélagos, representados por 9 familias, 67 géneros y 136 especies, de las cuales 17 son endémicas del país (Ceballos y Arroyo-Cabrales, 2012) y 38 están en riesgo según la Norma Oficial Mexicana (SEMARNAT, 2010). En el estado de Oaxaca se tienen registradas 94 especies (García-Grajales y Buenrostro, 2012), de las cuales 47 (50%) son de hábitos insectívoros aéreos, pertenecientes a las familias Natalidae, Emballonuridae, Mormoopidae, Vespertilionidae y Molossidae (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004; García-García et al., 2007; Santos-Moreno et al., 2010; Alfaro y Santos-Moreno, 2012; García-Grajales y Buenrostro, 2012).

Estudios previos en regiones tropicales han abordado cómo la transformación de los bosques tiene efecto en este grupo de murciélagos debido a cambios estructurales de la vegetación, como disminución en la riqueza de especies y/o en la cobertura de dosel (e. g. Estrada et al., 2004; Williams-Guillén y Perfecto, 2011), alteraciones de las condiciones ambientales que pueden influir en la disponibilidad de alimento (e. g. Ávila-Flores y Fenton, 2005; MacSwiney et al., 2009), la fragmentación del paisaje (e. g. Estrada-Villegas et al., 2010), así como la importancia de elementos como cuerpos de agua y su vegetación asociada, que propician

la actividad depredadora de estos organismos (MacSwiney, et al. 2009; Escalona, 2011).

Se ha reportado que los murciélagos presentan una tasa menor de actividad en pastizales y que la vegetación arbórea es un factor importante para su adaptación a las modificaciones del hábitat (Estrada et al., 2004). Las diferencias en estructura y complejidad entre fragmentos de bosque y gradientes de cultivo alteran su comportamiento como respuesta a la intensificación en el manejo de los hábitats (Estrada-Villegas et al., 2010; Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Por otra parte los cuerpos de agua son una fuente de alimento para los murciélagos insectívoros aéreos (MacSwiney et al., 2009; Escalona, 2011), ya que los ciclos de vida de muchos grupos de insectos están asociados a ese medio y a la vegetación circundante.

En general, los estudios del efecto de la perturbación antropogénica sobre este grupo de murciélagos indican una disminución de su riqueza de especies y actividad (Estrada et al., 2004; MacSwiney et al., 2009; Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Nuestro objetivo fue estimar la riqueza de especies de murciélagos insectívoros aéreos en hábitats ribereños en una selva alta perennifolia y pastizales en Santa María Chimalapa, Oaxaca, en el sureste de México, y evaluar entre estos hábitats el efecto de la temperatura promedio, la humedad relativa y la disponibilidad de alimento sobre su actividad relativa. Se partió de la hipótesis de

que la riqueza y actividad relativa de especies asociadas a la selva disminuye en pastizales, aun en proximidad a hábitats ribereños.

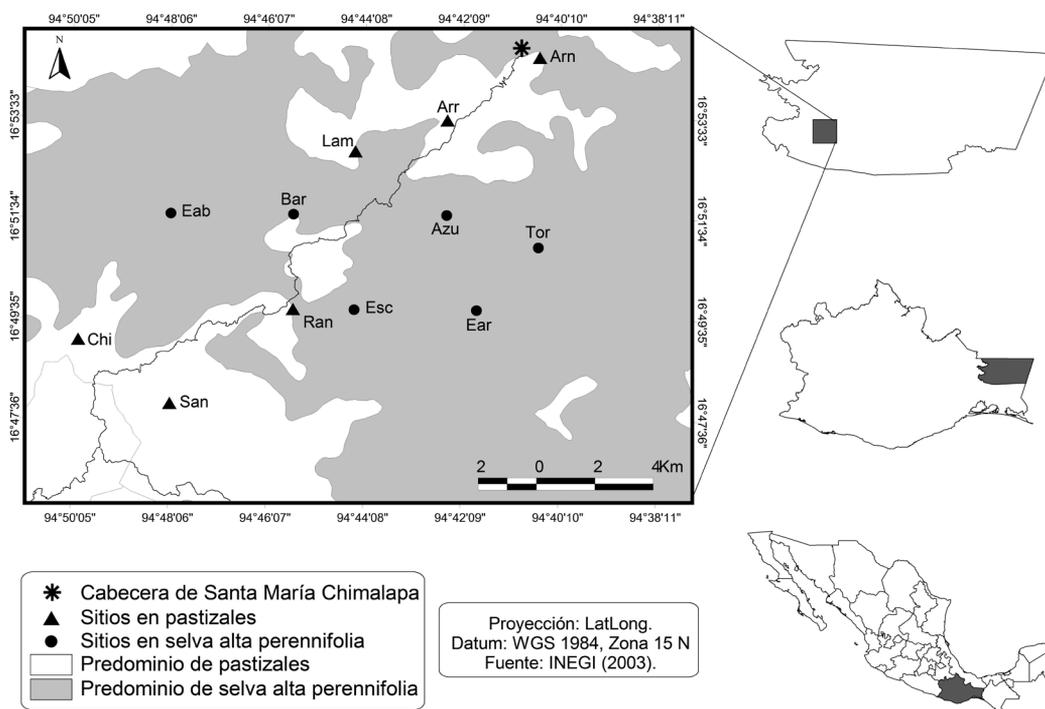
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se desarrolló en el municipio de Santa María Chimalapa, Oaxaca, en el sureste de México (Fig. 1). Este municipio se encuentra ubicado en la región conocida como Los Chimalapas ( $16^{\circ}17'$ ,  $16^{\circ}52'$  N y  $-94^{\circ}12'$ ,  $-95^{\circ}06'$  W), que ocupa aproximadamente  $5100 \text{ km}^2$  (Olguín et al., 2008) y es considerada como una de las porciones con mayor extensión de selva tropical en el país, de prioridad para la conservación de flora y fauna (Arriaga et al., 2000). En esta región se sitúa el istmo de Tehuantepec, que es la porción más estrecha del país entre los océanos Atlántico y Pacífico y limita al norte con el Estado de Veracruz y al este con el Estado de Chiapas (Olguín et al., 2008). La altitud varía entre 90-2300 msnm y el clima predominante es

cálido y húmedo, con régimen de lluvias abundante todo el año (Olguín et al., 2008). En Santa María Chimalapa la estación seca comprende de diciembre a mayo y la estación lluviosa de junio a noviembre (IMTA, 1999).

Los sitios de muestreo se ubicaron en proximidad a hábitats ribereños en dos zonas con vegetación contrastante: selva alta perennifolia continua y pastizales cercanos. La selva presenta una estructura compleja compuesta por varios estratos (Salas-Morales et al., 2001): el estrato arbóreo alto (aproximadamente 40 m) está dominado por *Guatteria anomala*, *Dialium guianense*, *Terminalia amazonia*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Sloanea tuerckheimii*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Lonchocarpus* sp. y *Guarea* spp.; el estrato arbóreo bajo (20-30 m) está constituido por asociaciones de *Cordia alliodora*, *Alchornea latifolia*, *Rinorea guatemalensis*, *Zanthoxylum* sp., *Quararibea* sp. y *Guarea* spp.; y el estrato arbustivo alto (10-15 m) y bajo (menor a 10 m) por lo regular están dominados por *Helicteres mexicana*, *Apeiba tibourbou*, *Rudgea cornifolia*, *Cephaelis elata*, *Inga*



**Fig. 1.** Sitios de muestreo en áreas con predominio de selva alta perennifolia y pastizales en Santa María Chimalapa, Oaxaca, México. Selva: Escolapa Abajo=Eab, Escolapa Arriba=Ear, Escolapa=Esc, Escolapita=Bar, Cerro Azul=Azu y Toronjas=Tor. Pastizales: Santa Inés=San, Lamberto=Lam, Rancho=Ran, Arroyo=Arr, Chichihua=Chi y Río Negro=Arn.

vera, *Amphitecna* sp., *Psychotria* sp., *Miconia* sp. y *Piper* spp. En algunos casos existen numerosas palmas de la especie *Astrocaryum mexicanum* acompañadas de *Chamaedorea* y helechos arbóreos (Salas-Morales et al., 2001). Por otro lado, los pastizales se caracterizan por un manejo semi-tecnificado y en muchos casos por la presencia de ríos con remanentes de vegetación en distinto grado de conservación y varias especies vegetales utilizadas como cercas vivas.

### Riqueza de especies y actividad relativa

Entre febrero de 2011 y febrero de 2012 se seleccionaron 12 sitios de muestreo en el área de estudio (Fig. 1), con dos visitas a cada sitio. De estos sitios se ubicaron 6 en selva continua y 6 en pastizales, separados entre sí por una distancia mayor a 4 Km. Para los análisis de riqueza de especies y actividad relativa se eligieron tres sitios en selva (Escolapa Abajo –Eab–, Escolapa Arroyo –Ear– y Escolapa –Esc–) y tres en pastizales (Santa Inés –San–, Lamberto –Lam– y Rancho –Ran–), ya que contaban con repeticiones entre épocas seca y lluviosa; el resto de los sitios fueron incluidos únicamente en los análisis de la asociación de variables ambientales (temperatura promedio y humedad relativa) y disponibilidad de alimento con la actividad relativa general. Cada noche los períodos de grabación considerados fueron de cuatro horas a partir de la puesta del sol, ya que la actividad de los murciélagos insectívoros aéreos decrece considerablemente después (Estrada-Villegas et al., 2010).

Los detectores ultrasónicos permiten registrar a las especies que emiten sonidos de ecolocalización por arriba del límite audible para el humano (aproximadamente 20 kHz, Schnitzler y Kalko, 2001) y que además utilizan los estratos superiores de la vegetación y evaden trampas convencionales de captura como las redes de niebla (MacSwiney, et al. 2008; Pech-Canche et al., 2010). Con estos dispositivos las especies pueden reconocerse con base a la estructura frecuencia-tiempo de sus vocalizaciones (O'Farrell y Miller, 1999; Ochoa et al., 2000).

Se llevó a cabo monitoreo pasivo con un sistema de detección ultrasónico Anabat™ SD1 (Titly Scientific, Columbia, EE.UU.), el cual funciona con la tecnología de cero-cruzamiento o "zero-crossing" (Corben, 2002) y graba los archivos de sonido directamente en una unidad de memoria "Compact Flash". Una de las ventajas de este tipo de muestreo es que permite períodos largos de grabación sin necesidad de un operador y en este caso la ausencia de rutas adecuadas para hacer recorridos en la selva, en contraste con los pastizales, requería una

estandarización del método para evitar sesgos de detección entre los hábitats. El detector fue colocado aproximadamente a 1.5 m del nivel del suelo y orientado en un ángulo de 45° hacia la ruta de vuelo de los murciélagos para que el micrófono no encarara vegetación de sotobosque o sub-dosel. Esta disposición se mantuvo constante entre muestreos para eliminar sesgos (Weller y Zabel, 2002; Milne et al., 2004; Britzke et al., 2010). Se programó una relación de división de 16 y la sensibilidad del detector fue ajustada dependiendo de si el ruido externo, por ejemplo emitido por insectos, generaba interferencia excesiva (Corben, 2002). Para la visualización de los espectrogramas (gráficas de frecuencia-tiempo) se utilizó el programa AnalookW ver. 3.8s (Corben, 2011).

Como medida de la actividad se consideraron secuencias constituidas por al menos dos pulsos sucesivos de ecolocalización, que no necesariamente representan un reflejo directo de la abundancia de las especies, sino una estimación relativa a unidades de esfuerzo-tiempo (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Se utilizó el índice de actividad relativa (AI, por sus siglas en inglés) incorporado a las funciones del programa Analook ver. 3.8s (Miller, 2001; Corben, 2011) que considera la presencia/ausencia de una especie en intervalos de tiempo constantes (en este caso de un minuto) y que puede ser estandarizado por unidades de esfuerzo de distinta duración (Miller, 2001); por ejemplo, si en un tiempo total de 10 min se registra una especie en tres bloques de 1 min, la actividad relativa se calculará en 30%. Este índice considera el sesgo que puede haber entre taxones en el número y duración de los pulsos de la fase de orientación durante el vuelo (Miller, 2001).

La identificación de las especies se basó inicialmente en la comparación de la estructura (forma) de las vocalizaciones con las siguientes muestras de referencia: O'Farrell y Miller (1997), O'Farrell et al. (1999), O'Farrell y Miller (1999), Ochoa et al. (2000), Ibáñez et al. (2002), Miller (2003), García-García et al. (2009) y con las vocalizaciones de una biblioteca de referencia creada en este estudio. Para cada especie se extrajeron valores promedio de algunos parámetros de ecolocalización relevantes, que corresponden a distintas muestras de pulsos: frecuencia máxima o F. máx., frecuencia mínima o F. mín. y frecuencia característica o F. c. (O'Farrell y Miller 1999; O'Farrell et al., 1999; Miller 2003; García-García et al. 2009). La F. c. corresponde a la frecuencia al final de la parte más plana del pulso de ecolocalización y permite la comparación más exacta entre llamados que parecen muy similares, pero que difieren en el grado de su curvatura (Corben, 2002).

Los llamados que no pudieron ser confirmados se designaron como sonotipos a distintas categorías taxonómicas (Ochoa et al., 2000). Las secuencias fragmentadas fueron descartadas de los análisis en la categoría de especie (Miller, 2001; Williams-Guillén y Perfecto, 2011).

Debido a que existe evidencia de variaciones geográficas de la ecolocalización entre poblaciones de una misma especie, es importante crear bibliotecas de referencia locales (Barclay y Brigham, 2002). Paralelamente a las sesiones de grabación se llevaron a cabo capturas de murciélagos a partir de la puesta del sol mediante esfuerzos variables con 6 redes de niebla de 6 y 12 m de longitud, 2.5 m de altura y 35 mm de abertura de malla y una trampa de arpa de doble marco G6 Forest Strainer Harp Trap<sup>®</sup> (Bat Conservation and Management, Inc., Pensilvania, EE.UU.) colocada en las posibles rutas de vuelo. Para grabar a los murciélagos capturados se utilizaron las técnicas de liberación en mano (“hand release”) y líneas de vuelo (“zip lines”). La biblioteca de referencia del área de estudio se encuentra depositada en el Laboratorio de Ecología Animal, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca, México. Para la identificación en campo se utilizó la clave de Medellín et al. (1997) y se apoyó con la guía ilustrada de Reid (1997). Para la nomenclatura taxonómica se siguió a Simmons (2005).

### **VARIABLES AMBIENTALES Y DISPONIBILIDAD DE ALIMENTO**

Simultáneamente con los muestreos de murciélagos se utilizó un medidor ambiental multifuncional WM-350 WindMate<sup>®</sup> (WeatherHawk<sup>®</sup>, Utah, EE.UU.) para la toma de datos de temperatura promedio y humedad relativa, con lecturas programadas cada 20 min. Para estimar la disponibilidad de alimento se utilizó una trampa de luz consistente en un luminario con doble lámpara (luces ultravioleta y blanca) para minimizar el sesgo de la atracción diferencial de los tipos de luz (Kunz, 1988; MacSwiney et al., 2009). El luminario fue proyectado hacia una manta blanca de 1 m de altura por 1.5 m de ancho, aproximadamente a 1 m sobre el nivel del suelo (MacSwiney et al., 2009). Inicialmente se había considerado que los períodos de grabación paralelos al uso de la trampa de luz tuvieran un tratamiento distinto por un posible efecto de atracción de insectos y por lo tanto de la actividad de los murciélagos insectívoros (Kunz, 1988; A. Guillén-Servent, com. pers.), sin embargo durante pruebas en campo no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre períodos con luz y sin luz ( $t = 0.9408$ ,  $g.l. = 12$ ,  $p = 0.3654$ ), por

lo que se trataron indistintamente. Los ejemplares colectados fueron preservados en alcohol al 70% en recipientes de plástico. Las muestras se secaron en una estufa a 70°C por 48 horas (Bradley et al., 1993) y se obtuvo el peso seco utilizando una balanza analítica. Los insectos considerados muy grandes para ser parte de la alimentación de los murciélagos fueron descartados de los análisis (MacSwiney et al., 2009; C. MacSwiney, com. pers.).

### **ANÁLISIS DE DATOS**

Debido a que los llamados de ecolocalización no necesariamente representan individuos distintos, para el análisis de la riqueza de especies solamente se utilizaron datos de presencia/ausencia (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Se elaboraron curvas de acumulación de especies en el programa EstimateS ver. 7.5 y los datos se aleatorizaron 1000 veces para eliminar el orden en el que el muestreo fue hecho (Colwell, 2005). En la elaboración de las curvas de acumulación se consideró la presencia de las especies por períodos de 30 min. Asimismo se calculó la riqueza esperada con base al estimador no paramétrico Bootstrap, junto con sus intervalos de confianza de 95%; este estimador es apropiado para registros de incidencia a partir de muestras pequeñas (Colwell, 2005; Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Se determinó qué tan completo fue el inventario calculando el porcentaje de las especies observadas respecto al cálculo del estimador (Moreno y Halfpeter, 2000).

Previo a los análisis comparativos de actividad relativa se llevó a cabo exploración de datos con diagramas de cajas y bigotes (“box plots”) y se eliminaron observaciones atípicas. Se llevaron a cabo pruebas de normalidad en la distribución de cada conjunto de datos y, de no cumplirse los supuestos, se llevaron a cabo transformaciones logarítmicas; en último caso se utilizaron pruebas no paramétricas. Para conocer la proporcionalidad y la significancia de la asociación de las variables ambientales con la AI general, se utilizó el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman ( $\rho$ ) y para conocer la proporcionalidad y la significancia de la asociación entre la disponibilidad de alimento con la AI general, se utilizó un análisis de regresión lineal simple, ambos cálculos en el programa STATISTICA ver. 8.0 (StatSoft, Inc., 2007).

## **RESULTADOS**

### **Riqueza de especies**

En la selva en época seca se grabaron 557 archivos efectivos (8 especies) y en época

lluviosa 149 (7 especies). En los pastizales en época seca se grabaron 497 archivos efectivos (13 especies) y en época lluviosa 453 (13 especies). La diferencia de archivos efectivos entre época seca y lluviosa fue estadísticamente significativa, con una cantidad menor en época lluviosa ( $X^2=122.52$ , g.l.=1,  $p<0.0001$ ). En total se obtuvieron 96 horas de grabación y 1656 archivos de sonido (secuencias) y se identificaron 9 especies y 4 sonotipos de distintas categorías taxonómicas (familia y género), pertenecientes a 4 familias: 2 de Mormoopidae (*Pteronotus davyi* y *P. parnellii*), 3 de Emballonuridae (*Saccopteryx bilineata*, *Balantiopteryx io* y *B. plicata*), 5 de Vespertilionidae (*Eptesicus furinalis*, *Lasiurus blosevillii*, *L. ega* y 2 *Myotis*) y 3 de Molossidae (*Molossus rufus*, *Eumops* sp. y 1 sonotipo no identificado). Los promedios de los parámetros de ecolocalización para los murciélagos identificados a nivel específico se presentan en la **Tabla 1**. Todas las especies de las familias Emballonuridae y Mormoopidae

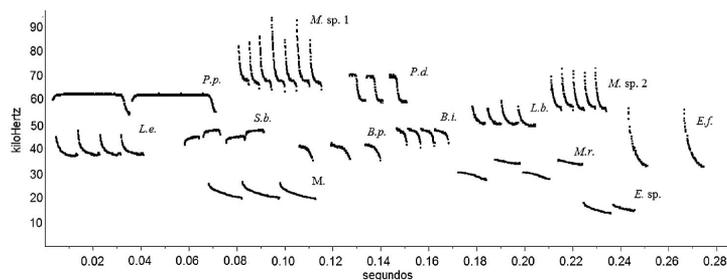
fueron capturadas, grabadas e incorporadas a la biblioteca de referencia local. Aunque se capturaron, grabaron y recolectaron especímenes del género *Myotis*, no fue posible asignar con certeza las grabaciones a una especie debido a que los parámetros de sus llamados muchas veces se superponen (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Las especies presentes en ambos hábitats fueron *Balantiopteryx io*, *Saccopteryx bilineata*, *Pteronotus davyi*, *P. parnellii*, *Eptesicus furinalis*, *Lasiurus blosevillii*, *Myotis* sp. 1 y *Myotis* sp. 2. Los pastizales se distinguieron por la detección de murciélagos de la familia Molossidae como *Molossus rufus*, *Eumops* sp., así como un sonotipo no identificado. El espectrograma para las especies y sonotipos se presenta en la **Fig. 2**.

La curva de acumulación de especies en la selva alcanzó la asíntota en la época seca a las 3 horas acumuladas de grabación (180 min) y con base en el estimador se registró 96% de la riqueza (Sobs=8 y Sest=8.34); en época lluviosa la curva tuvo un número me-

**Tabla 1**

Parámetros de ecolocalización de murciélagos insectívoros aéreos identificados a nivel de especie en Santa María Chimalapa, Oaxaca, México. *Myotis* sp. 1 y *Myotis* sp. 2 fueron registrados en selva y pastizales, *Eumops* sp. y Molossidae (no identificado) exclusivamente en pastizales. Referencias: n= número de pulsos, F. máx.= frecuencia máxima, F. mín.= frecuencia mínima, F. c.= frecuencia característica, S=selva y P=pastizales. Espectrogramas de referencia: <sup>1</sup>O'Farrell y Miller (1997), <sup>2</sup>O'Farrell et al. (1999), <sup>3</sup>O'Farrell y Miller (1999), <sup>4</sup>Ochoa et al. (2000), <sup>5</sup>Ibáñez et al. (2002), <sup>6</sup>Miller (2003), <sup>7</sup>García-García et al. (2009).

Especie	n	F. máx. (kHz)	F. mín. (kHz)	F. c. (kHz)	Hábitat
Emballonuridae					
<i>Saccopteryx bilineata</i> <sup>1, 2, 3, 4 y 6</sup>	21	47.41	44.24	47.37	S, P
<i>Balantiopteryx io</i> <sup>3 y 6</sup>	24	52.75	46.29	50.78	S, P
<i>Balantiopteryx plicata</i> <sup>5</sup>	28	39.92	37.70	38.80	P
Mormoopidae					
<i>Pteronotus davyi</i> <sup>1, 3, 4 y 6</sup>	22	69.23	57.44	58.88	S, P
<i>Pteronotus parnellii</i> <sup>1, 3, 4, 6 y 7</sup>	26	62.71	55.61	63.05	S, P
Vespertilionidae					
<i>Eptesicus furinalis</i> <sup>3, 4 y 6</sup>	18	64.02	32.78	33.13	S, P
<i>Lasiurus ega</i> <sup>6</sup>	23	43.97	35.49	37.27	P
<i>Lasiurus blosevillii</i> <sup>6</sup>	29	62.67	46.84	47.23	S, P
Molossidae					
<i>Molossus rufus</i> <sup>6</sup>	25	33.61	28.80	30.17	P

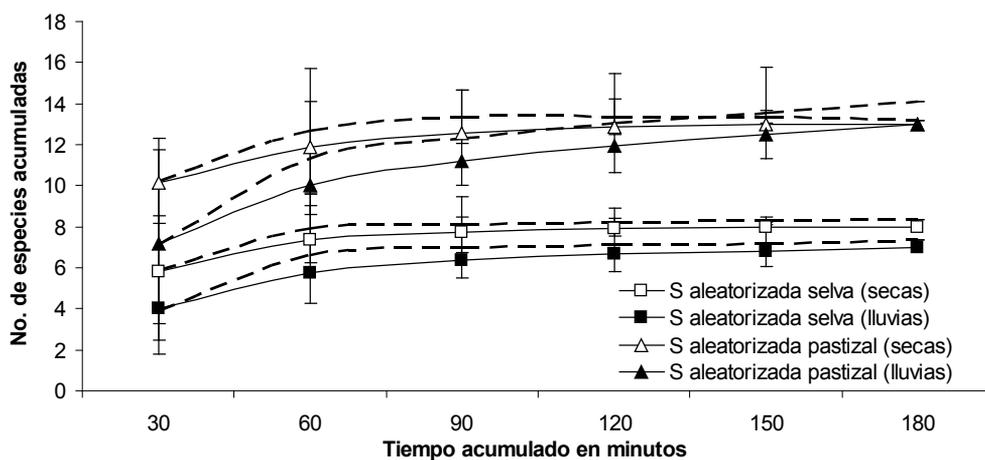


**Fig. 2.** Espectrograma de murciélagos insectívoros aéreos registrados en Santa María Chimalapa, Oaxaca, en el sureste de México. La escala de tiempo está comprimida para visualizar mayor cantidad de pulsos. P.p.= *Pteronotus parnellii*, P.d.= *P. davyi*, L.e.= *Lasiurus ega*, L.b.= *Lasiurus blossevillii*, S.b.= *Saccopteryx bilineata*, M. sp. 1= *Myotis* sp. 1, M. sp. 2= *Myotis* sp. 2, B.p.= *Balantiopteryx plicata*, B.i.= *Balantiopteryx io*, E.f.= *Eptesicus furinalis*, M.r.= *Molossus rufus*, E. sp.= *Eumops* sp. y M.= *Molossidae*.

nor de especies registradas, que con base en el estimador representan 95% de la riqueza (Sobs=7 y Sest=7.37, **Fig. 3**). En los pastizales la curva también alcanzó la asíntota en la época seca con 3 horas de grabación y con base en el estimador se registró 98% de la riqueza (Sobs=13 y Sest=13.19); en época lluviosa la curva tuvo el mismo número de especies, que con base en el estimador representan el 92% de la riqueza (Sobs=13 y Sest=14.13, **Fig. 3**). No se observó traslape de los intervalos de confianza calculados para la riqueza estimada entre hábitats (**Fig. 3**).

### Variación de la actividad relativa entre hábitats y épocas

A nivel de familia no se presentaron diferencias estadísticamente significativas de actividad relativa entre la selva y los pastizales en cada época (seca y lluviosa), observándose en todos los casos traslape del error estándar alrededor del promedio (**Fig. 4**). A nivel de especie se observó esta misma falta de significancia ( $p > 0.05$ ). Estacionalmente en cada hábitat la actividad relativa tiene la tendencia de ser mayor en la época seca, aunque para la mayoría



**Fig. 3.** Curvas de acumulación de especies de murciélagos insectívoros aéreos en Santa María Chimalapa, Oaxaca, México. Los períodos de 30 minutos inician a partir de la puesta del sol. La línea discontinua sobre cada curva corresponde a la predicción del estimador Bootstrap y las líneas verticales sus intervalos de 95% de confianza.

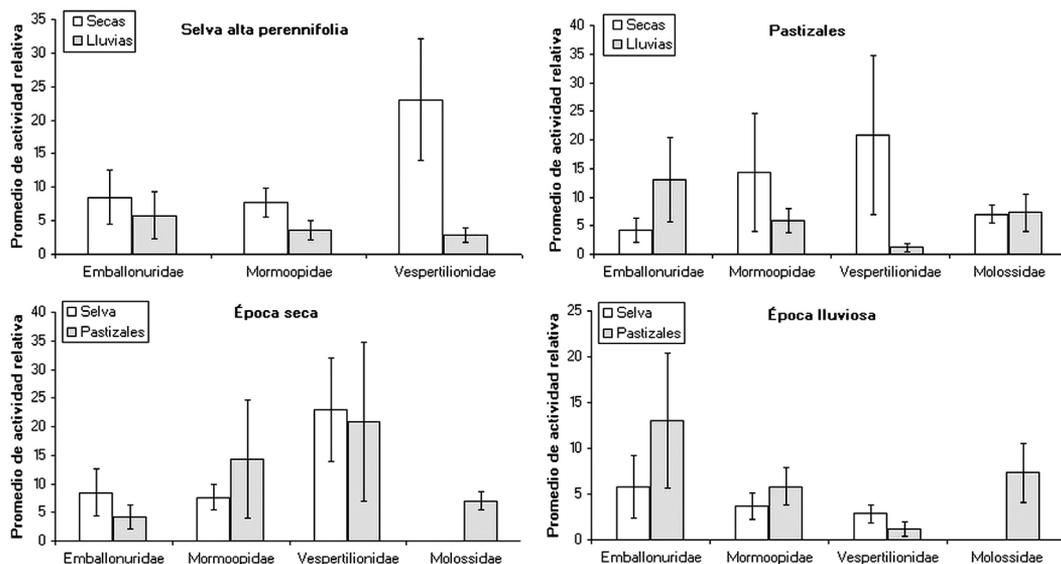


Fig. 4. Promedio de actividad relativa y error estándar para los murciélagos insectívoros aéreos entre hábitats (selva y pastizales) y épocas (seca y lluviosa) en Santa María Chimalapa, Oaxaca, México.

de familias estadísticamente no significativa; la excepción son los vespertilionídeos que en la selva exhiben un incremento marginalmente no significativo ( $t=2.213$ , g. l. = 10,  $p=0.0513$ ). Un caso particular corresponde a la familia Molossidae que fue detectada exclusivamente en los pastizales, lo cual se atribuye a un artefacto del muestreo. En general, en la época seca es cuando la mayoría de especies tienen la tendencia de incrementar su actividad relativa en ambos hábitats.

#### Asociación de actividad relativa con variables ambientales y disponibilidad de alimento

El promedio de actividad relativa general únicamente estuvo correlacionada de forma significativa en época seca en la selva, de forma positiva con la temperatura promedio ( $\rho=0.77$ ,  $n=16$ ,  $p=0.0004$ ) y de forma negativa con la humedad relativa ( $\rho=-0.7$ ,  $n=16$ ,  $p=0.001$ ). El promedio de actividad relativa general analizada para los dos hábitats en conjunto reflejó una relación positiva con la disponibilidad de alimento en ambas épocas. Sin embargo, solamente en la época seca los parámetros de la ecuación fueron estadísticamente significativos:

$$n = 16, r^2 = 0.34, m = 0.61 (p = 0.005), b = 3.85 (p = 0.017).$$

#### DISCUSIÓN

La efectividad del muestreo con este dispositivo de detección ultrasónica fue superior al 90% en ambos hábitats y épocas al finalizar un período de grabación de 3 horas, resultado similar a lo reportado por otros autores. Milne et al. (2004) documentan que el mayor incremento en el número acumulado de especies detectadas ocurrió en las primeras 3 horas a partir del atardecer, tiempo durante el cual 80% de las especies fueron detectadas; Duffy et al. (2000) documentan entre 3 y 5 horas para registrar aproximadamente 70% de las especies; y por último Richards (2001) reporta 3 horas para acumular el 90% de especies y la noche completa para registrarlas a todas. En el estado de Oaxaca los murciélagos insectívoros aéreos están representados por 47 especies (García-Grajales y Buenrostro, 2012) y la mayoría podrían ser caracterizados con este tipo de micrófonos. En este estudio se detectaron en total 13 sonotipos, algunos identificados únicamente a categorías taxonómicas de familia y género debido a la dificultad para discriminar

entre especies, implicando una subestimación de la riqueza. MacSwiney et al. (2009) por medios acústicos registraron 14 especies y 4 sonotipos de murciélagos insectívoros aéreos contrastando dos hábitats, selvas y pastizales, con y sin presencia de cuerpos de agua (cenotes), mientras que Williams-Guillén y Perfecto (2011) registraron 23 especies en un gradiente que incluía cuatro categorías de manejo: fragmentos de bosque y cafetales con intensidad de manejo bajo, medio y alto. La riqueza y composición de especies puede ser efecto de la diferencia entre ecosistemas, hábitats, estado de degradación, posibles errores de muestreo y otras. Se esperaría que abarcando un mayor gradiente o variabilidad ambiental a nivel local, exista una riqueza más alta basada en un mayor recambio de especies para este grupo de mamíferos. Asimismo es importante considerar una combinación de monitoreo activo y pasivo, que podría incrementar la calidad y cantidad de registros.

La identificación de los llamados de los murciélagos insectívoros aéreos depende de la complejidad acústica del sonido emitido y la disponibilidad de material para comparación. En el caso de los mormópidos, estos en general pueden ser reconocidos fácilmente y sus vocalizaciones ultrasónicas son consideradas como firmas acústicas. Estos murciélagos pueden exhibir pulsos constituidos por un componente constante fácilmente reconocible para el caso de *P. parnellii* (Fig. 2) o frecuencias moduladas con formas muy características para el resto de especies (e. g. *P. davyi*, Fig. 2) y prácticamente no hay problema durante la asignación de especies (Miller, 2003; Williams-Guillén y Perfecto, 2011).

De forma similar los llamados de los embalonúridos son asignados a las especies con relativa facilidad (e. g. *S. bilineata*, Fig. 2), con excepción en este caso de *P. macrotis* y *B. plicata*; sin embargo estas especies exhiben una F. c. distinta que permite discriminarlos (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Para *B. plicata* los parámetros de las frecuencias observados en el área de estudio muestran valores ligeramente fuera del rango reportado por Ibáñez et al. (2002), sin embargo esta variación puede deberse a

factores ecológicos y/o biológicos variables a lo largo del rango de distribución de la especie (Barclay y Brigham, 2002).

En cuanto a los molósidos la identificación de las especies es complicada debido a la falta de llamados de referencia en la literatura (Williams-Guillén y Perfecto, 2011) y traslape de parámetros de las frecuencias. Estos murciélagos exhiben frecuencias bajas, de banda angosta, larga duración y formas que se superponen. Aun así el género *Molossus* es fácilmente identificado por el patrón pareado de pulsos (Miller, 2003). En este caso *M. rufus* se identificó contrastando los pulsos superiores con los rangos reportados por Miller (2003). En Los Chimalapas, Olguín et al. (2008) confirman la presencia de esta especie en la selva alta perennifolia. Por otro lado, para el género *Eumops* las especies no pueden ser asignadas fácilmente, ya que sus parámetros se superponen, aunque a nivel de género la forma del llamado y el rango de frecuencias en el que se encuentran es fácilmente distinguible. MacSwiney et al. (2009) y Williams-Guillén y Perfecto (2011) en sus estudios reportan a *Eumops* como un sonotipo a nivel de género. El sonotipo no identificado para la familia Molossidae podría pertenecer a *Nyctinomops laticaudata* o *Tadarida brasiliensis*, ya que las ecolocalizaciones de estas especies son muy similares (Miller, 2003; R. LaVal, com. pers.). En Los Chimalapas se sugiere que *N. laticaudata* probablemente se localice en el sur de la región (Olguín et al., 2008) y *T. brasiliensis* se tiene registrado solamente en bosque de pino-encino en San Miguel Chimalapa (García-García y Santos-Moreno, 2008), aunque esta última especie es de amplia distribución y frecuente una amplia variedad de hábitats (Reid, 1997).

Diferenciar a las especies de la familia Vespertilionidae es particularmente difícil y algunos autores recomiendan utilizar como caracteres diagnósticos la frecuencia mínima y duración de los pulsos (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Por ejemplo, la separación de *L. ega* y *L. intermedius* es posible con base en la frecuencia mínima (> 30 kHz para *L. ega*, Williams-Guillén y Perfecto, 2011). En el caso del género *Myotis* con frecuencias

mínimas entre 48 kHz y 58 kHz la identificación es complicada debido a la superposición de parámetros (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Con respecto al sonotipo *Myotis* sp. 2, la única especie reportada en la literatura con frecuencia mínima por arriba de 60 kHz es *M. elegans* (O'Farrell y Miller 1999; Miller, 2003), sin embargo su llamado no pudo ser corroborado con las especies capturadas. En Los Chimalapas solamente se tiene registrado a *M. keaysi* (Olguín et al., 2008).

La ausencia de detecciones de molósididos en la selva en este caso se atribuye a un sesgo de muestreo, que se debe a las diferencias en la probabilidad de detección entre hábitats por efecto de la estructura de la vegetación (MacSwiney et al., 2009; Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Los murciélagos insectívoros muestran adaptaciones específicas para abastecerse dentro o por arriba del dosel (Estrada-Villegas et al., 2010). Por ejemplo, en fragmentos de bosque con vegetación densa y pocos o ningún sendero, aunque los detectores se coloquen en las mejores rutas de vuelo disponibles, la menor tasa de llamados seguramente es un artefacto más que un reflejo de menor actividad (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). MacSwiney et al. (2009) siempre dirigieron el micrófono a áreas abiertas para eliminar la variabilidad de los llamados y cambios en la detección atribuibles a diferencias de estructura entre hábitats. Adicionalmente las distancias de detección son mayores en áreas abiertas debido a que hay menor atenuación de los llamados (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Los murciélagos insectívoros de áreas abiertas vuelan a gran altura y tienen menor maniobrabilidad (Williams-Guillén y Perfecto, 2011), de tal forma que difícilmente son detectados en hábitats con vegetación densa como la selva continua.

Muchos de los murciélagos de áreas abiertas utilizan árboles como sitios de percha (Reid, 1997; Williams-Guillén y Perfecto, 2011), por lo que la ausencia de estos puede tener un efecto negativo en su conservación y en este caso los hábitats ribereños y las cercas vivas cercanas a los pastizales pueden cumplir esta función. Por otro lado, estos hábitats puede que representen solamente rutas de vuelo y/o áreas de abastecimiento y que la selva sea su

refugio potencial. Aunque los murciélagos de áreas abiertas pueden volar distancias considerables, de hasta 56 Km en una noche en el caso de *Tadarida brasiliensis* (Best y Geluso, 2003), la pérdida de áreas de percha a nivel de paisaje puede causar la disminución de sus poblaciones (Williams-Guillén y Perfecto, 2011). Los fragmentos de selva son relevantes para los murciélagos insectívoros y muchas especies pueden utilizar fragmentos pequeños y dispersos debido a su habilidad para modificar su actividad y transitar por una variedad de ambientes perturbados (Estrada-Villegas et al., 2010; Williams-Guillén y Perfecto, 2011).

Las condiciones ambientales en los pastizales del área son evidentemente distintas a las de las selvas, ya que cambian en extremo su fisonomía. En este estudio no se detectaron tendencias claras en el cambio de la riqueza de especies y actividad relativa de los murciélagos insectívoros aéreos entre este tipo de hábitats. Entre las posibles explicaciones está la cercanía a riachuelos y la vegetación ribereña asociada, así como la proximidad al borde de selva continua. Asimismo a la escala espacial de estudio es posible que la capacidad de vuelo de muchas de las especies registradas les permita transitar sin dificultad por la matriz agropecuaria. En el caso de los hábitats ribereños las estrategias de conservación a nivel local, para este grupo de vertebrados, deben considerar su protección en los ambientes modificados por su importancia al ofrecer recursos como agua, alimento, refugios, permitir la evasión de depredadores y/o funcionar como corredores entre fragmentos de selva; por ejemplo, Estrada et al. (2004) sugieren que la vegetación arbórea autóctona e introducida (e. g. cercas vivas) puede constituir un factor importante para la adaptación de los murciélagos a las modificaciones del hábitat.

En cuanto a la relación entre las variables ambientales, disponibilidad de alimento y la actividad relativa, los resultados muestran que hay variables con un efecto significativo, particularmente en la época seca, lo cual se evidencia en el aumento de actividad en cercanía a los riachuelos (hábitats ribereños) y su vegetación asociada, ya que ofrecen recursos que escasean (e. g. agua y alimento)

debido al cambio estacional de condiciones ambientales. En este caso la relación de la actividad relativa general y la disponibilidad de alimento es directamente proporcional y estadísticamente significativa durante la época seca, sugiriendo que la cantidad de alimento es un factor limitante estacionalmente. MacSwiney et al. (2009) enfatizan la importancia de los cuerpos de agua debido a la actividad depredadora de los murciélagos insectívoros aéreos; estos autores reportan que 84% de las especies registradas tuvieron mayor actividad de alimentación cuando había presencia de cenotes en su área de estudio, lo cual fue inferido por los denominados zumbidos de alimentación (“feeding buzzes”). Asimismo reportan a *Pteronotus personatus* y un sonotipo de molósido exclusivamente en estos sitios.

Son pocas las especies que bajo distintas circunstancias emiten llamados que pueden ser confundidos (O’Farrell et al., 1999), en este caso algunos géneros de las familias Molossidae y Vespertilionidae. En el caso de los sonotipos la identidad precisa de las especies puede ser reconocida posteriormente al estudio conforme la información se vuelva disponible y mientras tanto pueden formar la línea base para determinar el número de especies presentes y representar un punto de partida para estudios futuros; la determinación de la composición de especies a nivel de familia permite una evaluación inicial de la riqueza de la comunidad y permite reconocer los taxones que requieren mayor esfuerzo de investigación (Ochoa et al., 2000).

Los sistemas ribereños y su vegetación asociada dentro de zonas bajo fuerte influencia antropogénica posiblemente son factores de importancia para la resiliencia de este grupo de mamíferos a cambios en el uso del suelo. A medida que avanza la frontera agrícola en la región es necesario considerar el manejo local de este tipo de hábitats debido principalmente a su potencial función como corredores entre fragmentos y la selva continua.

## AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por la beca de estudios de posgrado No. 302365 y al Programa Institucional de

Formación de Investigadores (PIFI) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), México. Esta investigación tuvo apoyo económico de la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN a través del Proyecto SIP 20100377. Agradecemos a “Chido” por su invaluable asistencia en campo, a don Jorge y doña Guadalupe por el apoyo brindado y su amistad, a S. Trujillo, D. Mondragón, G. Ramos, M. García y C. Bonilla por la revisión del documento y a dos revisores anónimos que ayudaron a mejorar este manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- ALFARO AM y A SANTOS-MORENO. 2012. The big free-tailed bat *Nyctinomops macrotis* (Chiroptera: Molossidae) in Oaxaca, Mexico. *Chiroptera Neotropical* 18:1115-1116.
- ARRIAGA L, JM ESPINOZA, C AGUILAR, E MARTÍNEZ, L GÓMEZ y E LOA. 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- ÁVILA-FLORES R y B FENTON. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy* 86:1193-1204.
- BARCLAY R y R BRIGHAM. 2002. Geographic variation in the echolocation of bats: a complication for identifying species by their calls. Pp. 144-149, *en: Bat echolocation research, tools, techniques and analysis* (R Brigham, EK Kalko, G Jones, S Parsons y H Limpens, eds.). Bat Conservation International, Austin, EE.UU.
- BEST TL y KN GELUSO. 2003. Summer foraging range of Mexican free tailed bats (*Tadarida brasiliensis mexicana*) from Carlsbad cavern, New Mexico. *Southwestern Naturalist* 48:590-596.
- BRADLEY ES, RJ COOPER, RD GREER y RC WHITMORE. 1993. Estimation of insect biomass by length and width. *The American Midland Naturalist* 129:234-240.
- BRIONES-SALAS MA y V SÁNCHEZ-CORDERO. 2004. Mamíferos. Pp. 423-447, *en: Biodiversidad de Oaxaca* (AJ García Mendoza, MJJ Ordóñez y M Briones-Salas, eds.). Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.
- BRITZKE ER, BA SLACK, MP ARMSTRONG y SC LOEB. 2010. Effects of orientation and weatherproofing on the detection of bat echolocation calls. *Journal of Fish and Wildlife Management* 1:136-141.
- CEBALLOS G y J ARROYO-CABRALES. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología (nueva época)* 2:27-80.
- COLWELL RK. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples, ver. 7.5. (también disponible en línea: <http://purl.oclc.org/estimates>).
- CORBEN C. 2002. Zero-crossings analysis for bat identification: An overview. Pp. 95-106, *en: Bat echolocation research, tools, techniques and analysis* (R Brigham, EK Kalko, G Jones, S Parsons y H Limpens, eds.). Bat Conservation International, Austin, EE.UU.
- CORBEN C. 2011. AnaloookW for bat call analysis using ZCA, ver. 3.8s. (también disponible en línea: <http://www.hoarybat.com>).

- DUFFY AM, LF LUMSDEN, CR CADDLE, RR CHICK y GR NEWELL. 2000. The efficacy of Anabat ultrasonic detectors and harp traps for surveying microchiropterans in south-eastern Australia. *Acta Chiropterologica* 2:127-144.
- ESCALONA MG. 2011. Papel ecológico de las aguadas para murciélagos insectívoros en un bosque tropical subhúmedo. Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México.
- ESTRADA A, C JIMÉNEZ, A RIVERA y E FUENTES. 2004. General bat activity measured with an ultrasound detector in a fragmented tropical landscape in Los Tuxtlas, Mexico. *Animal Biodiversity and Conservation* 27:1-9.
- ESTRADA-VILLEGAS S, CF MEYER y EK KALKO. 2010. Effects of tropical forest fragmentation on aerial insectivorous bats in a land-bridge island system. *Biological Conservation* 143:597-608.
- GARCÍA-GRAJALES y BUENROSTRO. 2012. Revisión al conocimiento de los murciélagos del estado de Oaxaca. *Therya* 3:277-293.
- GARCÍA-GARCÍA JL y A SANTOS-MORENO. 2008. Diversidad de cuatro ensambles de murciélagos en San Miguel Chimalapa, Oaxaca, México. Pp. 411-426, *en: Avances en el estudio de los Mamíferos de México II* (C Lorenzo, E Espinoza y J Ortega, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México.
- GARCÍA-GARCÍA JL, A SANTOS-MORENO, AM ALFARO y A SOTO-CENTENO. 2007. Noteworthy records of *Eptesicus brasiliensis* (Vespertilionidae) from Oaxaca, México. *Bat Research News* 48:5-6.
- GARCÍA-GARCÍA JL, A SANTOS-MORENO, AE HERNÁNDEZ-CRUZ y M PÉREZ-LUSTRE. 2009. Murciélagos de La Ventosa, Oaxaca: comparación entre el método de muestreo convencional y el muestreo acústico. *Naturaleza y Desarrollo* 7:19-29.
- IBÁÑEZ C, J JUSTE, R LÓPEZ-WILCHIS, L ALBUJA y A NÚÑEZ-GARDUÑO. 2002. Echolocation of three species of Sac-Winged bats (*Balantiopteryx*). *Journal of Mammalogy* 83:1049-1057.
- INEGI (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA). 2003. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación, escala 1:1'000,000 Serie II (también disponible en línea: <http://www.inegi.org.mx>).
- IMTA (INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA). 1999. Extractor rápido de información climática, Morelos, México.
- KUNZ T. 1988. Methods of assessing the availability of prey to insectivorous bats. Pp. 191-210, *en: Ecological and behavioral methods for the study of bats* (T Kunz, ed.). Smithsonian Institution, Washington, EE.UU.
- MACSWINEY MC, FM CLARKE y PA RACEY. 2008. What you see is not what you get: The role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *Journal of Applied Ecology* 45:1364-1371.
- MACSWINEY MC, B BOLÍVAR, FM CLARKE y PA RACEY. 2009. Insectivorous bat activity at cenotes in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Acta Chiropterologica* 11:139-147.
- MEDELLÍN RA, H ARITA y O SÁNCHEZ. 1997. Identificación de los murciélagos de México: clave de campo. Talleres Offset, México.
- MILLER BW. 2001. A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. *Acta Chiropterologica* 3:93-105.
- MILLER BW. 2003. Community ecology of the non-Phyllostomid bats of northwestern Belize, with a landscape level assessment of the bats of Belize. Tesis de Ph.D. Universidad de Kent, Canterbury, Inglaterra.
- MILNE DJ, M ARMSTRONG, A FISHER, T FLORES y R PAVEY. 2004. A comparison of three survey methods for collecting bat echolocation calls and species-accumulation rates from nightly Anabat recordings. *Wildlife Research* 31:57-63.
- MORENO C y G HALFFTER. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37:149-158.
- OCHOA J, MJ O'FARRELL y BW MILLER. 2000. Contribution of acoustic methods to the study of insectivorous bat diversity in protected areas from northern Venezuela. *Acta Chiropterologica* 2:171-183.
- O'FARRELL MJ y BW MILLER. 1997. A new examination of echolocation calls of some Neotropical bats (Emballonuridae y Mormoopidae). *Journal of Mammalogy* 78:954-963.
- O'FARRELL MJ y BW MILLER. 1999. Use of vocal signatures for the inventory of free-flying Neotropical bats. *Biotropica* 31:507-516.
- O'FARRELL MJ, BW MILLER y WL GANNON. 1999. Qualitative identification of free-flying bats using the Anabat detector. *Journal of Mammalogy* 80:11-23.
- OLGUÍN HC, L LEÓN, UM SAMPER-PALACIOS y V SÁNCHEZ-CORDERO. 2008. Mastofauna de la región de Los Chimalapas, Oaxaca, México. Pp. 165-216, *en: Avances en el estudio de los Mamíferos de México II* (C Lorenzo, E Espinoza y J Ortega, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México.
- PECH-CANCHE J, MC MACSWINEY y E ESTRELLA. 2010. Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos neotropicales. *Therya* 1:227-234.
- REID F. 1997. A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico. Oxford University, Nueva York, EE.UU.
- RICHARDS GC. 2001. Towards defining adequate bat survey methodology: Why electronic call detection is essential throughout the night. *Australasian Bat Society Newsletter* 16:24-28.
- SALAS-MORALES SH, L SCHIBLI y E TORRES-BAHENA. 2001. La importancia ecológica y biológica. Pp. 27-47, *en: Chimalapas: La última oportunidad*. Oaxaca, México (World Wildlife Fund y Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, eds.). México.
- SANTOS-MORENO A, S GARCÍA y EE PÉREZ. 2010. Records of bats from Oaxaca, Mexico. *Southwestern Naturalist* 55:454-456.
- SCHNITZLER HU y EK KALKO. 2001. Echolocation by Insect-eating Bats. *BioScience* 51:557-569.

- 
- SEMARNAT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE y RECURSOS NATURALES). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México.
- SIMMONS NB. 2005. Order Chiroptera. Pp. 312-529, *en*: Mammal species of the world: A taxonomic and geographic reference (DE Wilson y DM Reeder, eds.). 3ra. Edición, Johns Hopkins, Baltimore, EE.UU.
- STATSOFT INC. 2007. STATISTICA (data analysis software system), ver. 8.0., EE.UU. (también disponible en línea: <http://www.statsoft.com>).
- WELLER TJ y CJ ZABEL. 2002. Variation in bat detections due to detector orientation in a forest. *Wildlife Society Bulletin* 30:922-930.
- WILLIAMS-GUILLÉN K y I PERFECTO. 2011. Ensemble composition and activity levels of insectivorous bats in response to management intensification in coffee agroforestry Systems. *PlosONE* 6:1-10.