UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Región Poza Rica - Tuxpan

Maestría en Ciencias del Ambiente

TRABAJO DE INTERVENCIÓN

“Relación de riqueza de murciélagos insectívoros con algunas variables ambientales en el municipio de Tuxpan, Veracruz”

P R E S E N T A

Biol. Karla Karina Andrade Hernández

Director

Dr. Juan Manuel Pech Canché

Codirectora

Mtra. Blanca Esther Raya Cruz

Tuxpan, Veracruz Mayo, 2019

El presente trabajo de intervención titulado **"Relación de la riqueza de murciélagos insectívoros con algunas variables ambientales en el municipio de Tuxpan, Veracruz"**, realizado por la bióloga Karla Karina Andrade Hernández, bajo la dirección del Dr. Juan Manuel Pech Canché y codirección de la Mtra. Blanca Esther Raya Cruz, ha sido revisado y aprobado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

DR. JUAN MANUEL PECH CANCHÉ

Director

MTRA. BLANCA ESTHER RAYA CRUZ

Codirectora

Universidad Veracruzana

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

Revisión del Trabajo de Intervención de la alumna: **Biól. Karla Karina Andrade Hernández**

JURADO EXAMINADOR

NOMBRE	FECHA	DICTAMEN	FIRMA
Juan Carlos Lopez Acosta	27/05/2019	Aprobado	
María Cristina Mac Swiney González	27/05/2019	Aprobado	
Ivette A. Chamorro F.	27/05/2019	Aprobado	

En la presente revisión se acordó que el Trabajo de Intervención denominado "**Relación de la riqueza de murciélagos insectívoros con algunas variables ambientales en el municipio de Tuxpan, Veracruz**" que presenta la sustentante para obtener el Grado de Maestra, está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.

Esta tesis fue realizada con el financiamiento de CONACYT 445486 bajo la dirección del Dr. Juan Manuel Pech Canché en el Laboratorio de Vertebrados Terrestres de la Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz.

DEDICATORIA

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, gracias por darme fuerza y valor para seguir adelante ante todo lo bueno y lo malo, aprendiendo de mis errores para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

Hijo mío, gracias por ser la fuente de mi esfuerzo y todas las energías requeridas en este, gracias por ser el motor de mi vida, por enseñarme a disfrutar de la vida en diversas facetas, te amo.

Al amor de mi vida por estar conmigo en mis múltiples facetas por apoyarme en mis locuras y mis aventuras, eres una gran bendición, gracias por ser parte de esa fuerza que me impulsa a seguir adelante, aunque algunas veces ya no quiera te amo.

A mis padres por darme orientación y apoyarme en todas las decisiones buenas y malas que he tomado a lo largo de mi vida, por el esfuerzo, paciencia, tiempo y amor que han me brindado incondicionalmente. Los amo mucho y siempre serán lo más importante en mi vida.

Abuela, gracias por alentarme en seguir con mis estudios y preocuparse por mi bienestar, la quiero mucho, para mí más que ser mi abuela es mi mama.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo de la beca CONACYT número 445486, otorgada durante el programa de la Maestría.

Al doctor Juan Manuel Pech Canché por brindarme su ayuda y tiempo en todo momento que lo necesité, por orientarme para que saliera bien el trabajo, por la paciencia que tuvo conmigo y por la amistad brindada, muchas gracias.

A los miembros de la Comisión Revisora: Doctora María Cristina MacSwiney González, Doctor Juan Carlos López Acosta y a la Doctora Ivette Alicia Chamorro Florescano, por tomarse el tiempo de revisar y darme correcciones de mi tesis, gracias.

A las personas que me acompañaron a campo: Alfonso Campos, Cristian Severiano, Enrique De León, Félix Rodríguez, Giselle Medina, Isela Morales, Jesús Ruiz, Juana Isamar, Loreto Gómez, Margarita Hernández.

A Iván Martínez quien me orientó y explicó los análisis estadísticos.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 4

2.1. Los murciélagos insectívoros y su distribución en México 4

2.2. Métodos de registro empleados en el estudio de los murciélagos 5

2.3. Detectores ultrasónicos 7

2.4. Estructura de las llamadas de ecolocalización 8

2.5. Clasificación de las actividades de los murciélagos 10

2.6. Urbanización 11

2.7. Estudios con diferentes variables ambientales 13

III. OBJETIVOS 18

3.1. Objetivo general 18

3.2. Objetivos particulares 18

IV. ÁREA DE ESTUDIO 19

4.1. Puntos de muestreo 20

V. MATERIALES Y MÉTODOS 23

5.1. Trabajo de campo 23

5.2. Detector de ultrasonidos 23

5.3. Revisión de grabaciones 24

5.4. Análisis de datos 25

5.4.1. Índice de actividad relativa (AI)..... 25
5.4.2. Diversidad Alfa..... 25
5.4.3. Diversidad Beta 29
5.4.4. Análisis de correspondencia canónica 30
VI. RESULTADOS 32

6.1. Riqueza de especies de murciélagos insectívoros presentes en los sitios de muestreo..... 32

6.1.1. Curvas de acumulación de las especies presentes en los sitios..... 33
6.1.2. representatividad de la riqueza encontrada en los sitios de muestreo. 34
6.2. Índice de actividad relativa y eventos de búsqueda y alimentación por especie en sitios de muestreo 35

6.2.1. Índice de actividad relativa en los sitios de muestreo..... 35
6.2.2. Actividad de los murciélagos insectívoros 36
6.3. Riqueza de especies entre sitios por temporadas 38

6.3.1. Curva de acumulación por temporadas..... 38
6.3.2. Diversidad taxonómica de los sitios..... 39
6.3.3. Gráfica de rango-abundancia por temporadas 40
6.3.4. Complementariedad 41
6.4. Efecto de las variables ambientales sobre la riqueza y la actividad dentro de los sitios de muestreo..... 42

6.4.1. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)..... 42
VII. DISCUSIÓN..... 46

7.1. Riqueza, representatividad y diversidad taxonómica de las especies de murciélagos 46

7.2. Actividad relativa de las especies de murciélagos 50

7.3. Actividad de los murciélagos por temporadas y eventos de búsqueda y alimentación de las especies 52

7.4. Influencia de las variables ambientales presentes en los sitios de muestreo 53

VIII. CONCLUSIONES Y APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TRABAJO 57

8.1. Conclusiones 57

8.1.2. Aplicación práctica del trabajo 58

IX. RECOMENDACIONES 60

X. BIBLIOGRAFÍA 61

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1. Sitios de muestreo con sus características 21

Cuadro 2. Listado de registros de murciélagos en los seis sitios de muestreo: El Edén (E.E.), La Ceiba (L.C.), La Marina (L.M.), Laguna Ensueño (L.E.), Unidad Deportiva (U.D.) y Vista Hermosa (V.H.). 32

Cuadro 3. Estimadores de los seis sitios de muestreo 34

Cuadro 4. Actividad relativa de los seis sitios de muestreo por porcentajes 35

Cuadro 5. Diversidad taxonómica de murciélagos en los seis sitios de muestreo 39

Cuadro 6. Complementariedad entre los sitios de muestreo, mostrando en la parte superior las especies compartidas y en la parte inferior el porcentaje de complementariedad 42

Cuadro 7. CCA de puntuaciones de variables de los sitios con las variables 43

Cuadro 8. CCA de puntuaciones de variables de los sitios con las especies 44

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Sonogramas observados con pulsos emitidos por diferentes especies, mostrando la diversidad de estructuras observas. Ver descripción de la simbología en el párrafo superior (Torres-Morales, 2007). 10

Figura 2. Espectrograma de Tadarida brasiliensis en el cual se puede observar a) Fase de búsqueda, b) Fase de aproximación y a) Fase de alimentación. (Schnitzler y Kalko, 2001). 11

Figura 3. Sitios de los seis puntos de muestreo en el municipio de Tuxpan, Veracruz 22

Figura 4. Pulsos de ecolocalización encontrados en valle del Río los Pescados, Veracruz. Tomado de (Torres-Morales, 2007)..... 24

Figura 5. Curvas de acumulación del número de especies de murciélagos registrados en cada uno de los sitios de muestreo: El Edén (13 sp.), La Marina (12 sp.), Laguna Ensueño (9 sp.), La Ceiba (9 sp.), Unidad Deportiva (9 sp.) y Vista Hermosa (12 sp.). 34

Figura 6. Porcentaje de actividad relativa de las especies por actividad (Búsqueda y alimentación) 37

Figura 7. Estructura y composición de las especies en los eventos de forrajeo los nombres de las especies fueron editados tomando la primera inicial de las especies con las tres primeras letras del segundo nombre 37

Figura 8. Curva de acumulación de las temporadas de lluvias y secas 38

Figura 9. Numero de pases de las especies presentes en las temporadas de cada sitio 39

Figura 10. Estructura y composición de la temporada de lluvias y secas, los nombres de las especies fueron editados tomando la primera inicial de las especies con las tres primeras letras del segundo nombre 41

Figura 11. Variables ambientales, la posición del sitio en relación con una variable ambiental indica la fuerza de la relación. Los sitios de muestreo son: El Edén (E.E.), Laguna Ensueño (L.E.), Vista Hermosa (V.H.), Unidad Deportiva (U.D.), La Marina (L.M.) y La Ceiba (L.C.) 44

Figura 12. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para las especies encontradas a través de los sitios de muestreo las especies registradas fueron: *Eptesicus furinalis* (E. fur), *Eptesicus fuscus* (E. fur), *Lasiurus cinereus* (L. cin), *Lasiurus ega* (L. ega), *Myotis californicus* (M. cal), *Myotis elegans* (M. ele), *Myotis keaysi* (M. kea), *Myotis nigricans* (M. nig), *Rhogeessa tumida* (R. tum), *Molossus molossus* (M. mol) *Molossus rufus* (M. ruf) y *Tadarida brasiliensis* (T. bra). 45

RESUMEN

El estudio tuvo la finalidad de evaluar la riqueza, actividad y temporalidad de los murciélagos insectívoros en seis sitios con algunas variables ambientales que favorecen la presencia de estos (cuerpos de agua fijos, vegetación arbórea y presencia de urbanización en algunos) en el municipio de Tuxpan, Veracruz. Los muestreos se realizaron en seis noches por cada sitio, durante dos temporadas, mediante un muestreo acústico utilizando el detector ultrasónico Echo meter EM3+, evaluando la composición de las especies de murciélagos insectívoros, se pudieron identificar 15 especies. Las especies con mayor registro fueron *Rhogeessa tumida*, *Eptesicus furinalis* y *Molossus rufus.* El sitio con mayor riqueza de especies fue El Edén con 13 especies, en el índice de actividad relativa se encontró que los sitios El Edén y La Marina tuvieron la mayor abundancia relativa en comparación a la riqueza y actividad registrada. En la temporada de lluvias se obtuvo un total de 14 especies, donde El Edén y Vista Hermosa tuvieron mayor actividad. No se encontraron diferencias significativas en la estructura de la comunidad entre temporadas, pero sí en la composición de especies. En el análisis de las variables presente se obtuvo que *Rhogeessa tumida, Pteronotus personatus, Pteronotus davyi* y *Eptesicus fuscus* estuvieron más asociadas a los sitios Laguna Ensueño, Vista Hermosa y La Marina, que a su vez estaban relacionadas con características de los sitios como son la presencia de cultivos, lámparas, lago y vegetación.

Palabras clave: Chiroptera, Ecolocalización, Murciélagos insectívoros, Variables ambientales, Veracruz

I. INTRODUCCIÓN

Los murciélagos se agrupan en el orden Chiroptera que incluyen cerca de 1386 especies, siendo después de los roedores, el segundo grupo de mamíferos más diverso, con el 25% de las especies a nivel mundial (Burgin *et al.,* 2018). Este grupo tiene una gran variedad de gremios tróficos, entre los que se encuentran los frugívoros, hematófagos, insectívoros, nectarívoros, piscívoros y polinívoros (Moreno *et al.,* 2006; Medellín *et al.,* 2008). Los murciélagos desempeñan papeles ecológicos importantes, por lo que son considerados como potenciales bioindicadores del estado de salud de los ecosistemas, mostrando cambios en la composición y diversidad, como reflejo de la modificación o pérdida de la calidad de los hábitats (Medellín *et al.,* 2000; La Val y Rodríguez, 2002; Jones *et al.,* 2009) y también son considerados como controladores naturales de poblaciones de insectos y vertebrados (MacSwiney *et al*., 2008).

Se estima que actualmente dos tercios de las especies de murciélagos a nivel mundial son insectívoras (Kunz *et al*., 2011). Estos controlan grandes poblaciones de insectos que plagan los cultivos (Cleveland *et al*., 2006; Kalko *et al.,* 2008; Medellín *et al*., 2008). Los murciélagos enfrentan la destrucción de sus hábitats, como resultado de la ganadería, agricultura y la urbanización (Czech *et al.* 2000; RELCOM, 2010). En todo el mundo la urbanización es una de las actividades humanas que ocasiona gran pérdida en los hábitats (Primack, 2000; McKinney,

2002; Alberti, 2005), promoviendo la fragmentación y la transformación, afectando la estructura y composición de los paisajes (Luniak, 2004; Grimm *et al.,* 2008; Voigt y Kingston, 2016), al igual que distintos procesos ecológicos de las comunidades de flora y fauna (Duchamp y Swihart, 2008; Faeth *et al.,* 2011).

Muchos países actualmente se enfrentan a un rápido desarrollo y crecimiento; en los últimos 20 años, países, como México, han experimentado importantes cambios demográficos con migración desde zonas rurales a zonas urbanas (Seto *et al.,* 2011). En la actualidad el 80% de las personas viven en zonas urbanas como es el caso de América Latina y se espera un crecimiento significativo en los próximos 30 años (ONU-Hábitat 2012); Las investigaciones sobre el efecto de la urbanización están aumentando (Garza, 2010; Ortega-Álvarez *et al*., 2011a, b; Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016), sin embargo, actualmente se requiere mayor información para evaluar el papel de las especies silvestres y domésticas en los ecosistemas urbanos (Beninde *et al.,* 2015); así como influye en la distribución de especies silvestres y los procesos ecológicos (Alberti *et al.,* 2003; Evans *et al*., 2009; Pauchard y Barbosa, 2015).

Los ecosistemas urbanos pueden llevar a una baja diversidad de especies, reemplazando a las especies que son vulnerables a los cambios ambientales relacionados con las perturbaciones y fragmentación del paisaje (Galindo-González, 2004), por aquellas con mayor capacidad de adaptación a nuevas

condiciones ecológicas y tolerantes a la presencia humana (Alberti *et al*., 2003; McKinney, 2006; Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016), como es el caso de los murciélagos que muestran adaptación a la urbanización (Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016; McKinney, 2002), ya que estos aprovechan los recursos y las variables ambientales que ofrecen los hábitats urbanos (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Jung y Kalko 2011). Algunas de las variables que aprovechan los murciélagos son los cuerpos de agua (MacSwiney *et al.,* 2009; Gómez-Ruiz, 2007), la vegetación, luminosidad de las lámparas de las calles (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Cú, 2009; Stone *et al.,* 2015), utilización de sitio de percha en algunas casas, edificios, algunos parques y sitios de recreación (Torres-Morales, 2007; Juárez-Hernández *et al.,* 2008; Capaverde *et al.,* 2014; Uribe-Bencomo, 2016).

Lo anterior resalta la importancia de analizar las variables ambientales en la diversidad de murciélagos, tanto en ambientes naturales como urbanos, por lo cual en el presente trabajo se pretende evaluar la riqueza, actividad y estacionalidad en las especies de murciélagos insectívoros y ampliar el conocimiento del efecto de algunas variables ambientales sobre la comunidad de murciélagos insectívoros en seis sitios de muestreo del municipio de Tuxpan, Veracruz.

II. ANTECEDENTES

2.1. Los murciélagos insectívoros y su distribución en México

Los murciélagos son los únicos mamíferos voladores, pertenecen al orden Chiroptera, son después de los roedores, el segundo grupo de mamíferos con el mayor número de especies con cerca de 1386 especies, representando el 25% de las especies actuales de mamíferos a nivel mundial (Burgin *et al.,* 2018). México, alberga un total de 138 especies de murciélagos (Ceballos y Arroyo-Cabrales, 2012), que se agrupan taxonómicamente en ocho familias (Ceballos y Arroyo-Cabrales, 2012; Romero, 2006). Esta alta diversidad de especies es el resultado de la variedad de hábitos alimenticios que los murciélagos tienen; entre estos hábitos se encuentran los frugívoros, hematófagos, insectívoros, nectarívoros, piscívoros y polinívoros (Moreno *et al.,* 2006; Medellín *et al.,* 2008).

Los murciélagos están distribuidos prácticamente en todo el mundo, a excepción de las regiones más frías como los polos y algunas islas oceánicas muy aisladas (Nowak, 1999; Hutson *et al.,* 2001; Fenton y Simmons, 2014). Las zonas tropicales y en particular las del centro y norte de Sudamérica son las que concentran el mayor número de especies (Hutson *et al.,* 2001; Willig *et al.,* 2003). Los murciélagos desempeñan papeles ecológicos importantes, por lo que son considerados como potenciales bioindicadores del estado de salud de los ecosistemas, mostrando

cambios en la composición y diversidad, como reflejo de la modificación o pérdida de la calidad de los hábitats (Medellín *et al.,* 2000; La Val y Rodríguez, 2002; Jones *et al.,* 2009).

En el caso de los murciélagos insectívoros, actualmente dos tercios de las especies a nivel mundial son insectívoras. Dados sus hábitos mayoritariamente nocturnos, casi todas las familias de insectos pueden ser sus presas. Los murciélagos insectívoros controlan grandes cantidades de poblaciones de insectos que plaga de cultivos agrícolas (maíz, algodón entre otros), que provocan pérdidas millonarias a los agricultores (Cleveland *et al*., 2006; Kalko *et al.,* 2008; Medellín *et al*., 2008), por lo que se les considera eficaces controladores naturales que ya que cumplen la misma función que un plaguicida, debido a que estos generan grandes costos económicos, dañan los ecosistemas y que no solo afectan la fertilidad del suelo, sino que también a otros organismos que habitan en éste.

2.2. Métodos de registro empleados en el estudio de los murciélagos

Existen varios métodos para registrar las especies de murciélagos, por ejemplo: la captura directa, como las redes de niebla y las trampas arpa. Las redes de niebla son un método práctico para capturar especies de vuelo lento, maniobrable y que emiten llamadas de frecuencia baja. Estas pueden colocarse a diferentes alturas y

orientaciones en diferentes condiciones (espacios abiertos, cerrados con vegetación o cuerpos de agua) (Pech-Canché *et al.,* 2011).

Las trampas arpas son favorables para la captura de especies de vuelo rápido y poco maniobrable y que emiten llamadas de alta frecuencia. Estas se pueden colocar en sitios más restringidos (entradas de cuevas o dentro de vegetación densa) (Berry *et al.,* 2004). Por ejemplo, las familias Phyllostomidae y Mormoopidae son las más factibles de ser registradas con los métodos directos debido a que presentan un vuelo lento y poco maniobrable (Dumont y Swartz, 2009), ya que generalmente su alimentación se basa en recursos que se encuentran fijos y son de gran tamaño (frutos y flores e insectos entre la vegetación),

Las técnicas anteriores de registro están mayormente empleadas para el estudio de diversidad de murciélagos; ya que los murciélagos insectívoros, poseen un sistema de ecolocación más desarrollado que les permite detectar y evadir las redes de niebla y prefieren volar sobre la vegetación o sitios abierto para la captura de presas en pleno vuelo y por esto para el estudio y registro de especies insectívoras se emplea el uso detectores ultrasónicos (Berry *et al*., 2004; Kalko *et al*., 2008; MacSwiney *et al.,* 2006). Es un método de registro indirecto (MacSwiney *et al.,* 2009; Pech-Canché *et al*., 2010) y es considerado como una alternativa no invasiva para el estudio de las poblaciones de murciélagos (Hayes, 1997; Sherwin *et al*., 2000; O´Farrell *et al*., 2000), ya que permite escuchar las grabaciones de las llamadas ultrasónicas de los murciélagos (Fenton, 1988; Berry *et al*., 2004; Kalko *et al*., 2008)

y puede ser usado para identificar las especies y determinar la actividad de murciélagos acústicamente (MacSwiney *et al*., 2009).

2.3. Detectores ultrasónicos

Actualmente el número de estudios ecológicos y de inventario de especies de murciélagos que implica el uso de detectores de ecolocalización se ha incrementado ya que los detectores facilitan detectar la presencia de un murciélago con cierta exactitud y resolución, permitiendo el aumento de la riqueza de especies de murciélagos entre un 30 y 40% (Estrada-Villegas *et al.,* s.f.; MacSwiney *et al*., 2008; Pech-Canché *et al*., 2010), debido a que existe una mayor disponibilidad y una amplia variedad de equipos de detección, grabación y análisis acústicos (Simmons *et al*., 1979; Fenton, 2000; MacSwiney *et al*., 2008; Pech-Canché *et al*., 2010).

Los datos que se derivan de los monitoreos acústicos brindan información de la presencia o ausencia de las especies, así como para la búsqueda o captura de sus presas, pero no se puede determinar la abundancia de éstas (Thomas y Taylor, 1990), pero existen varios índices, como el índice de actividad relativa (Miller, 2001), que mide variaciones en la actividad de las especies y con esto permite hacer comparaciones entre sitios y determinar en cuáles hay mayor uso de hábitat.

Por lo anterior los detectores se han convertido de gran importancia para las investigaciones sobre la ecología de los murciélagos (Britzke *et al.,* 2013), sobre monitoreo, censos de actividad y estimaciones de abundancia relativa en murciélagos insectívoros (Kalko *et al.,* 1996).

2.4. Estructura de las llamadas de ecolocalización

Los sonidos de ecolocación de los murciélagos están diseñados para ofrecer la mayor información posible del ambiente, el entorno y las presas potenciales. Los sonidos de ecolocalización han evolucionado a las diferentes necesidades de cada especie o género de murciélago, como es el caso de los insectívoros que están especializados en la caza de determinados insectos (Dietz *et al.,* 2009; Lisón, 2011); las llamadas de ecolocación están conformadas por grupos de frecuencia que tienen una determinada estructura. Las estructuras de los llamados tienen componentes de banda estrecha o de banda ancha o una combinación de ambas (Neuweiler, 1984). Los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

Frecuencia Constante (FC): Este tipo de pulso la frecuencia se mantiene constante a lo largo del tiempo (duración larga).

Frecuencia Modulada (FM): Este tipo de pulso la frecuencia varía a lo largo del tiempo (duración muy corta).

La mayoría de los llamados de ecolocalización pueden ser clasificados en algunos de los siguientes tipos (Neuweiler, 1989):

Pulsos de frecuencia modulada de forma lineal (FML) y descendente respecto al tiempo donde los sonogramas son rectilíneos (Fig. 2a).

Pulsos con periodo modulado de forma lineal (PLM) y ascendente respecto al tiempo, donde los sonogramas son curvilíneos de principio a fin con forma asíntota a una frecuencia final (Fig. 2b). En algunas especies la velocidad de modulación y el ancho de banda varía a pulsos de larga duración, banda estrecha y velocidad de modulación baja, hasta pulsos muy cortos, de banda muy ancha y de tasa de modulación alta.

Pulsos PLM de Frecuencia Casi Constante (FQC) y pulsos de gran duración y velocidad de modulación lenta, consiguiente una pequeña anchura en la banda (Fig. 2c).

Pulsos con un corto segmento de frecuencia constante o ligeramente modulada (FC corta/FM): pulsos girados por segmentos finales o iniciales algunas veces (Fig. 2e, f y g).

Pulso con largo segmento de frecuencia constante (FC larga/FM): pulsos girados por segmentos finales o iniciales algunas veces (Fig. 2h).

Pulsos con un elemento de Frecuencia Casi Constante (FQC): pulsos girando por segmentos finales y algunas veces al principio de la Frecuencia Modulada (FM) (Fig. 2d, i y j).

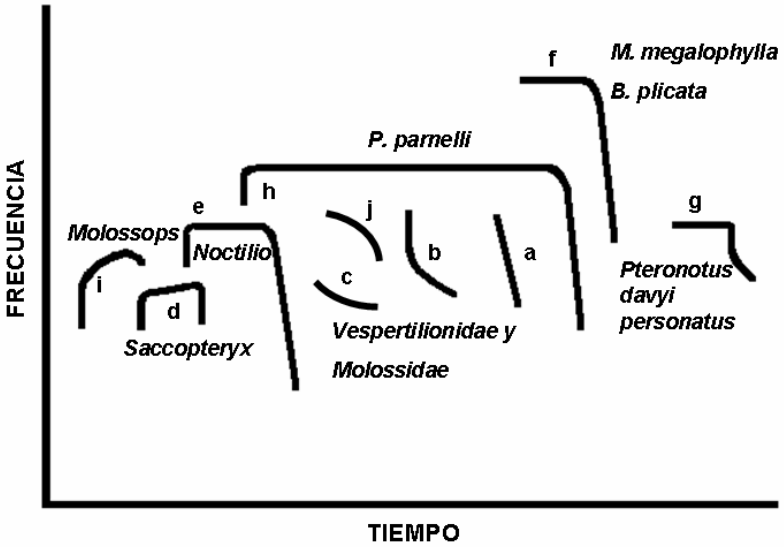


Figura 1. Sonogramas observados con pulsos emitidos por diferentes especies, mostrando la diversidad de estructuras observas. Ver descripción de la simbología en el párrafo superior (Torres-Morales, 2007).

2.5. Clasificación de las actividades de los murciélagos

Los sonidos de los murciélagos se pueden clasificar en tres fases con el objetivo de determinar el comportamiento de algunos grupos con relación a las capturas de sus presas durante el vuelo (Kalko, 1995; Kalko y Schnitzler, 1989; Figura 1):

Pases de búsqueda: Se refiere a los sonidos que emiten cuando están buscando alimento o desplazándose de un sitio a otro. Éstas llamadas suelen tener un

patrón regular que puede ser de una llamada por cada aleteo cuando están volando en el borde y claros de bosque.

Pases de aproximación: Se refiere a cuando el eco que retorna informa al murciélago de una potencial presa, cambiando la tasa de emisión de sus llamadas y donde el tiempo entre una llamada a la siguiente se acorta.

Pases de alimentación: Se refiere al momento en el cual el murciélago está próximo a capturar su presa y tanto la frecuencia de las llamadas como el intervalo de pulso disminuyen.

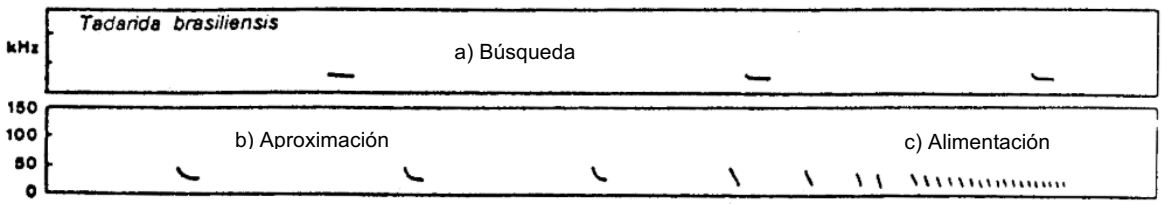


Figura 2. Espectrograma de *Tadarida brasiliensis* en el cual se puede observar a) Fase de búsqueda, b) Fase de aproximación y c) Fase de alimentación (Schnitzler y Kalko, 2001).

2.6. Urbanización

La urbanización es un proceso importante de cambio de uso de suelo que transforma considerablemente hábitats y paisajes de la vida silvestre. El continuo crecimiento de las zonas urbanas ha llevado al reemplazo de hábitats originales en la mayoría de las zonas del mundo (Luniak, 2004; Alberti, 2005). El aumento de las

actividades económicas generalmente mejora la calidad de vida humana, pero esto da paso a la degradación de los hábitats naturales, lo que produce una pérdida de la biodiversidad. Derivado de esto las ciudades crecen aumentando la presión sobre los ecosistemas y esto es notable en las zonas tropicales donde se encuentra la mayor diversidad; sin embargo, en la actualidad las ciudades latinoamericanas mantienen un crecimiento constante en la población (Huston, 1994; ONU-Hábitat, 2016).

América Latina y el Caribe es una región fundamentalmente urbana, aunque tiene zonas poco pobladas, cerca del 80% de su población vive en ciudades, de este porcentaje, las ciudades que tienen la mayor población son ciudad de México (18.5%) y São Paulo (33%) (ONU-Hábitat, 2012), que ha generado impacto y una serie de cambios en los últimos años del siglo XX y siglo XXI (altos niveles de pobreza, sobreexplotación de la tierra y vulnerabilidad ante los fenómenos naturales) (CONAPO, 2012). En México, desde el 2010 más del 78% de la población reside en ciudades y grandes zonas urbanas (>2500 habs.), el resto de la población vive en zonas rurales (<2500 habs.) principalmente al sur y sureste del país (INEGI, 2015; Vela-Martínez, 2015).

Lo anterior desencadena una serie de demandas socioambientales que impactan particularmente los límites de las ciudades (INEGI, 2010), provocando una

disminución en la riqueza de especies y la diversidad (Kozlov, 1996; Savard *et al*., 2000; Germaine y Wakeling, 2001). Además, la biodiversidad en áreas urbanizadas se caracteriza por tener una alta densidad de especies invasivas y especies no nativas (Gilbert, 1989) tanto en ecosistemas terrestres y acuáticos (McKinney, 2002). Dentro de este efecto se ha encontrado que las especies Neotropicales son susceptibles a la pérdida y la transformación del hábitat y demuestran una gran disminución de especies y poblaciones (Montiel *et al.,* 2006; Moreno *et al.,* 2006).

En México, la fragmentación, la deforestación y el cambio de uso del suelo afectan la abundancia y diversidad de las especies (Luniak, 2004; Grimm *et al.,* 2008; Voigt y Kingston, 2016). Sin embargo, diversos estudios han demostrado que los impactos de la urbanización no siempre provocan efectos negativos (Jung y Threlfall, 2016). Ya que hay estudios que demuestran que los murciélagos aprovechan las variables ambientales presentes tanto en los hábitats naturales como en urbanos (Grindal *et al.*, 1999; Estrada y Coates-Estrada, 2001; Ballesteros y Racero-Casarrubia, 2012; Jung y Threlfall, 2016; Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016).

2.7. Estudios con diferentes variables ambientales

A partir de estudios con el uso detectores ultrasónicos en murciélagos insectívoros se han realizado diversos trabajos en su mayoría en el Neotrópico para la

caracterización e identificación de las especies, así como trabajos en hábitats naturales o urbanos (Rydell *et al.,* 2002; Orozco-Lugo, 2014; Rizo-Aguilar, 2008 Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016). Algunos trabajos sobre la urbanización han revelado que, aunque la urbanización podría ser en general desfavorable a la diversidad y abundancia de murciélagos insectívoros aéreos (Kurta y Teramino, 1992; Ávila-Flores y Fenton, 2005), también han demostrado que la capacidad de adaptación a los hábitats urbanos es específica de cada especie (Russo y Ancillotto, 2015). Se ha encontrado que algunas especies de murciélagos reaccionan de manera positiva a las variables dentro de los hábitats urbanos como es el uso del hábitat, forrajeo y actividad (como las líneas de árboles, cuerpos de agua, vegetación, cultivos, edificios y la iluminación de las lámparas) (Estrada y Coates-Estrada, 2001; Ávila-Flores y Fenton, 2005; Gómez-Ruiz, 2006; Ellison *et al.,* 2007; Cú, 2009; MacSwiney *et al.,* 2009; Jung y Kalko, 2011; Osorio-Chablé, 2014).

En el siguiente párrafo se presenta una descripción de algunos estudios que al relacionado diferentes variables ambientales con la diversidad de murciélagos:

Sánchez (2011), realizó un estudio en el borde norte de la Bogotá, Colombia, en un mosaico de ecosistemas transformados (urbanizaciones, cultivos, pastizales) y ecosistemas naturales (bosques andinos, humedales), donde analizó los patrones temporales de actividad de los murciélagos insectívoros y su uso de hábitat,

mediante un detector se realizó inspecciones en sitios con remanentes naturales, sitios con iluminación artificial y cercana a vías para automóviles. Los sitios con iluminación artificial concentraron mayor actividad de forrajeo, lo que parece beneficiar a algunas especies de murciélagos ya que es ahí donde se acumulan sus presas potenciales.

En México existen pocos estudios respecto a murciélagos urbanos de los cuales podemos mencionar el de Ávila-Flores y Fenton (2005), que analizaron los patrones de uso de hábitat de los murciélagos insectívoros en la Ciudad de México con el uso de un detector ultrasónico. Se comparó la actividad de las especies insectívoras y abundancia relativa de los insectos en cinco hábitats (parques grandes, parques pequeños, áreas abiertas iluminadas, zonas residenciales y bosques naturales). Encontraron que el mayor número de especies registras fue en el bosque natural que en la zona urbana, pero la mayor actividad se encontró en parques grandes y en espacios iluminados.

Cú (2009) evaluó la influencia de la luz artificial y natural sobre la actividad de murciélagos insectívoros en la zona urbana de la ciudad de Campeche, durante tres ciclos lunares, mediante el uso de un detector ultrasónico. Identificaron nueve especies de murciélagos, donde *Molossus rufus* obtuvo el mayor número de pases en comparación con especies de las familias Mormoopidae y Vespertilionidae. No

encontró un efecto significativo de la intensidad de luz artificial y la natural sobre la actividad de los murciélagos insectívoros y a pesar de esto, obtuvo que los murciélagos prefieren forrajear en sitios con luz blanca.

Rascón-Escajeda (2010), realizó un estudio para conocer la composición de los murciélagos presentes en la localidad de la cuenca baja del Río Nazas, Durango, mediante capturas y el uso de detectores acústicos, en tres hábitats (ripario, agrícola y matorral), donde se registraron 18 especies; encontró que ciertas variables como la presencia de agua permanente y diversos cultivos podrían explicar la estructura y dinámica de la comunidad de murciélagos favoreciendo una alta diversidad de especies.

Ticó-Valadéz (2012), comparó la actividad de murciélagos en una zona urbanizada y no urbanizada de la ciudad de Durango, México, mediante el uso de un detector ultrasónico. Registró un total de siete especies, donde las zonas no urbanizadas obtuvieron una alta actividad durante los muestreos, también demostró que la actividad de murciélagos fue mayor en áreas con cuerpos de agua. La ciudad de Durango tiene poca actividad de murciélagos, por lo que proponen una estrategia de conservación, como áreas verdes, para que puedan ser utilizadas por especies de murciélagos.

Rodríguez-Aguilar *et al.* (2016), realizaron el estudio en sitios urbanos, semiurbanos y forestales donde evaluaron la riqueza de especies y los patrones de actividad de murciélagos insectívoros aéreos en un paisaje urbanizado en las tierras altas de Chiapas, en México. Mediante un monitoreo acústico en un paisaje con diferentes condiciones de intensidad de urbanización: áreas urbanas, no urbanas y forestales; algunas variables ambientales presentes en los sitios fueron: la densidad de población humana, el porcentaje de asfalto, la densidad de construcción, el porcentaje de área sin cobertura arbórea, la densidad de árboles, porcentaje de vegetación nativa y número de lámparas. Identificaron 14 especies de murciélagos y tres fonotipos. Las especies de la familia Molossidae presentaron la actividad más alta en los sitios urbanos, que reaccionaron positivamente por el número de lámparas, mientras que las especies de Vespertilionidae presentaron la actividad más alta en los sitios forestales, que reaccionaron positivamente con la densidad de árboles. Los resultados demostraron una riqueza y actividad relativa similar de los murciélagos insectívoros aéreos a lo largo del ecosistema urbano.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

- Evaluar la riqueza, actividad y estacionalidad de los murciélagos insectívoros y el efecto de algunas variables ambientales en el municipio de Tuxpan, Veracruz.

3.2. Objetivos particulares

- Estimar el índice de actividad relativa y los eventos de búsqueda y alimentación por especie en los sitios de muestreo.

- Comparar la riqueza de especies de murciélagos insectívoros en los seis sitios muestreo por temporadas.

- Conocer el efecto de algunas variables ambientales (rio, lago, cultivos, suelo desnudo, vegetación, suelo desnudo, mancha urbana, carretera asfaltada, empedrada y lámparas) sobre la riqueza y actividad de los murciélagos dentro de los seis sitios de muestreo.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Tuxpan se localiza al norte de Veracruz, en la región conocida como la Huasteca baja. Se ubica entre las coordenadas 20° 44’ y 21° 09’ de latitud norte y 97° 13’ y 97° 36’ de longitud oeste y se encuentra en una zona de 10 y 200 metros sobre el nivel mar. Ocupa el 1.34% de la superficie del estado. El municipio de Tuxpan colinda al norte con los municipios de Álamo Temapache, Tamiahua y el Golfo de México; al este con el Golfo de México y el municipio de Cazones de Herrera; al sur con los municipios de Cazones de Herrera y Tihuatlán; al oeste con los municipios de Tihuatlán y Álamo Temapache (INEGI, 2009).

El municipio cuenta con una cuenca y subcuenca: Río Tuxpan (84.5%) y Río Tecoxtempa (15.5%); tiene tres principales cuerpos lagunares: Laguna Tampamachoco (1,572 ha), Río Tuxpan (478 ha). Principales aportes de agua al sistema: Río Tuxpan, Río Tecoxtempa y la marea del Golfo de México (Lara-Domínguez *et al*., 2009). Su clima es cálido-húmedo con una temperatura de 24-26°C su precipitación pluvial es de 1 400 – 1 600 milímetros, presentando la estación seca de noviembre a mayo y la lluviosa de junio a octubre. El mes más seco es enero con 33 mm y el más lluvioso julio con 175.7 mm (Basáñez-Muñoz, 2005).

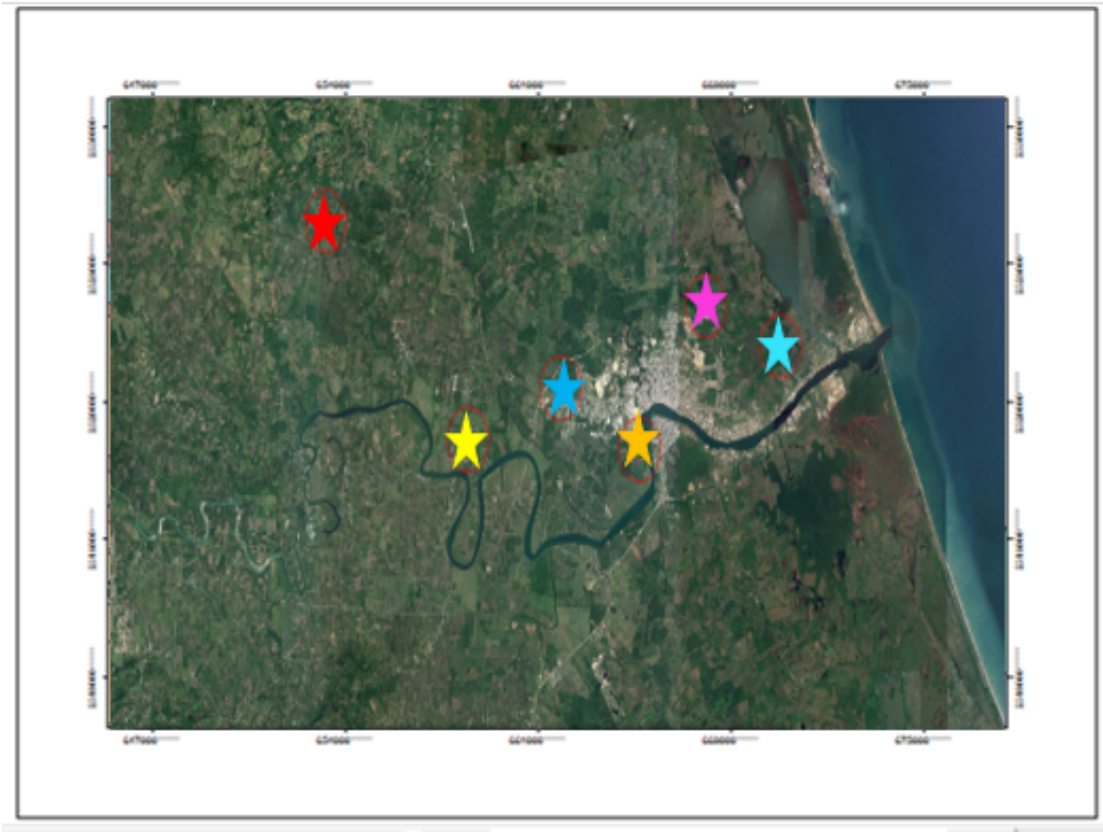
La vegetación es variada, pudiendo encontrar en el municipio bosque de encino, manglar, pastizal halófilo, selva alta subperennifolia, selva mediana subperennifolia, tular y vegetación halófila (Lara-Domínguez *et al*., 2009). Tuxpan, al igual que otros municipios del Estado de Veracruz, cuenta con una variedad de especies animales propias de la región: *Pecari tajacu (*pecarí de collar), *Tamandua mexicana* (oso hormiguero), *Myotis californicus* (Miotis californiano), *Myotis keaysi* (Miotis de piernas peludas), *Nycticeius humeralis* (murciélago crepuscular americano), *Myotis lucifugus* (Miotis norteamericano), *Egretta rufescens* (garza rojiza), *Dasypus novemcinctus* (armadillo) y *Nasua narica* (coatí) (INEGI, 2009; Andrade-Hernández, 2015; Hernández-Hernández 2015; Morales-Martínez, 2015).

4.1. Puntos de muestreo

Se seleccionaron los sitios de muestreo que presentan características favorables para la presencia de murciélagos insectívoros como son los cuerpos de agua fijos, vegetación arbórea y presencia de urbanización en algunos de los sitios (Torres-Morales, 2007; MacSwiney *et al.,* 2009; Jung y Kalko, 2011; Briones-Salas *et al.,* 2013; Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016) (Cuadro 1; Figura 3).

Cuadro 1.Sitios de muestreo con sus características

Sitio	Ubicación	Características
El Edén (E.E.)	Carretera Tuxpan-Tampico en el Km 20(coordenadas 20°59’5.90” N y 97°33’47.930” O)	Pequeño río de 400m. de agua parche natural (bosque de encino) sin asentamientos humanos en el sitio
La Marina (L.M.)	Carretera Tuxpan-Tamiahua en el Km 3 (coordenadas 20°58'49.33"N y 97°23'15.31"O)	presa de 90.30 m. cobertura vegetal (bosque de encino) sin asentamientos humanos
La Ceiba (L.C.)	Se ubica en la carretera hacia la playa km 6. (coordenadas 20°58.395” N y 97°21.281” O)	Presa de 10m. 70% de cobertura vegetal (30% de manglar 38% bosque de encino y 2% de cultivo de piñas) Sin asentamientos humanos
Laguna Ensueño (L.E.)	Carretera Tuxpan-Tampico en el Km 13(coordenadas 20°56’35.35” N y 97°29’52.71” O)	Presa de 653.42m. 60% de cobertura vegetal (35% de cultivo de maíz y plátano 25% de bosque de encino) Poco asentamiento humano (casas)
Unidad Deportiva (U.D.)	Centro de la ciudad (coordenadas 20°56’22.14” N y 97°25’05.42” O)	Río de 600m. 30% de cobertura vegetal(pastizales) 20 lámparas blancas Con asentamientos humanos presentes (escuela, casas, áreas de actividades recreativas)
Vista Hermosa (V.H.)	Carretera Tuxpan-Tampico (coordenadas 20°57’26.05” N y 97°27’16.83” O)	10% de cobertura vegetal 10 lámparas blancas fraccionamiento casa-habitación



Sitios de muestreo:

- El Edén
- Laguna Ensueño
- Vista Hermosa
- Unidad Deportiva
- La Marina
- La Ceiba

Figura 3. Sitios de los seis puntos de muestreo en el municipio de Tuxpan, Veracruz

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Trabajo de campo

Para el registro de los sonidos se realizó un muestreo acústico que se llevó a cabo durante tres días en cada sitio en temporada de lluvias (julio, agosto y septiembre) y secas (marzo, abril y mayo) según Basáñez-Muñoz (2005). Se tomaron tres días en secas y tres en lluvias, para obtener 18 días totales en secas y 18 días totales en lluvias, evitando los días de luna llena (Saldaña-Vázquez y Munguía-Rosas, 2012) y días lluviosos, ya que esto disminuye la captura de murciélagos (Esbérard, 2006).

5.2. Detector de ultrasonidos

Las grabaciones se realizaron durante 10 minutos con intervalos de separación de 20 minutos durante las primeras 3 horas a partir del anochecer (60 minutos totales por noche) usando un detector ultrasónico Echo meter EM3+ (Wildlife Acoustics, Inc.). Los recorridos se realizaron a pie alrededor del punto de muestreo, preferentemente en áreas abiertas para tener un mejor registro de los sonidos y evitar la interferencia de la estructura del hábitat (Pech-Canché *et al.,* 2010). Las grabaciones de 10 minutos se repitieron 6 veces por noche para obtener 36 horas de esfuerzo de muestreo totales de 36 noches (lluvias y secas).

5.3. Revisión de grabaciones

Las grabaciones fueron revisadas con el programa BatSound 3.31 (Petterson Elektonik AB, 1996-2001), donde se revisaron los espectrogramas con los siguientes parámetros: FFT (Fourier Fast Transform), Hanning; sobreposición FFT: 95%, milliseconds per plot= 50000, amplitud mínima: -20, máxima: 20; amplitud de retícula: 2; tiempo: 5 segundos, señal a tiempo real, 300 segundos de grabación.

Las especies registradas se compararon con los espectrogramas de literatura previamente publicada para la identificación de estas (O'Farrell y Miller, 1999; Torres-Morales, 2007; MacSwiney *et al.,* 2008; Orozco-Lugo *et al*., 2014; Ortiz-Badillo, 2015). Dentro de los mismos, se obtuvo información con la cual se evaluó la actividad de los murciélagos (Parsons *et al.,* 2000); con los pulsos presentes se identificó si un murciélago estuvo presente en el sitio (Figura 4), mientras que con los pases de búsqueda o pases de alimentación indicaron si el murciélago se estaba alimentando.

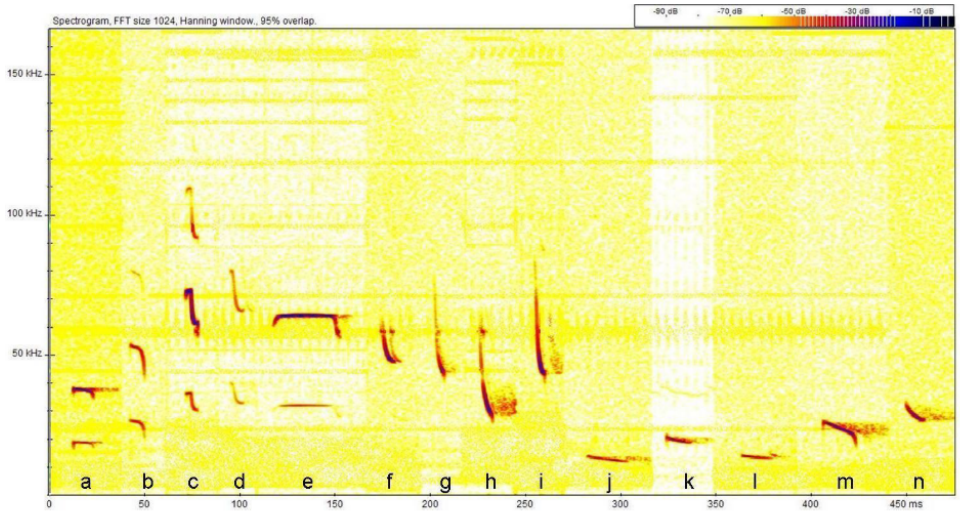


Figura 4. Pulsos de ecolocalización encontrados en valle del Río los Pescados, Veracruz. Tomado de (Torres-Morales, 2007).

5.4. Análisis de datos

5.4.1. Índice de actividad relativa (AI)

Se utilizó el índice de actividad relativa (AI) el cual considera presencia/ausencia de llamadas en intervalos de un minuto (Miller, 2001). Se consideró la presencia de una especie cuando se encontraban tres pulsos continuos de ecolocalización. Posteriormente se realizó el conteo del número de grabaciones que contenían a cierta especie por zona de muestreo entre número total de grabaciones tomando las 36 noches totales del muestreo de las temporadas (secas y lluvias) con tres horas de grabación por cada sitio con 60 minutos promedio de cada grabación.

$$AI = \sum_{1}^{n} P$$

Donde:

AI: Suma de bloques de tiempo en un minuto

n: Total de especies presentes

P: Cada una de las especies presentes

5.4.2. Diversidad Alfa

Para estimar la riqueza máxima teórica en el muestreo por sitio (El Edén, La Ceiba, La Marina, Laguna Ensueño, Unidad Deportiva y Vista Hermosa), se utilizaron los estimadores ICE y Chao 2 (Hortal *et al*., 2006), ya que son indicadores no paramétricos (presencia-ausencia). Dichos datos se analizaron en el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013) y dichos estimadores son descritos de la siguiente manera:

Cobertura Basada en la Incidencia (ICE). Es un estimador de Cobertura basado en la Incidencia de la riqueza de especies, se basa en el número de especies raras (las observadas en menos de 10 unidades de muestreo). Para este estimador se utiliza la siguiente fórmula:

$$S_{ice} = S_{freq} + \frac{S_{\mathrm{inf}r}}{C_{ice}} + \frac{Q_1}{C_{ice}}\gamma^2 ice$$

Donde:

S_{freq}= Número de especies frecuentes (encontradas en más de 10 muestras)

$S_{\mathrm{inf}r}$ = Número de especies poco frecuentes (encontradas en menos de 10 muestras)

C_{ice}= Muestra del estimador de cobertura de incidencia

Q_1= Frecuencia de especies únicas

$\gamma^2 ice$ = Coeficiente de variación estimado de Q_1 para especies poco frecuentes.

Chao 2. Es un estimador basado en la incidencia, es decir, necesita datos de presencia-ausencia de una especie en una muestra, es decir, la presencia de una especie y cuantas veces está representada dicha especie en un conjunto de muestras. Chao 2 es el estimador menos sesgado para muestras pequeñas (Moreno, 2001), en el cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$Chao\ 2 = \mathrm{S} + \frac{L^2}{2M}$$

Dónde:

L= número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”).

M= número de especies que ocurren exactamente en dos muestras.

Para evaluar la representatividad, se comparó la riqueza observada en cada sitio con los estimadores y la distribución de las especies; se consideró un 90% de representatividad como satisfactorio (Moreno, 2001). Para eliminar la influencia del orden en que el muestreo se hizo y suavizar la curva de acumulación (esfuerzo de muestreo y temporadas), el orden de muestreo se hizo aleatorizado 1000 veces (Colwell y Coddington, 1994); estos cálculos se realizaron con el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013).

Se aplicó la prueba de diversidad taxonómica promedio delta (Δ+) (Clarke y Warwick, 2001), basado en datos de presencia/ausencia de las especies, utiliza la información acerca del parentesco taxonómico que existe entre orden, género, familia, subfamilia y especie; entre más parentesco existan entre esta menor será su diversidad taxonómica. Se utilizó el programa R Core Team versión 3.2.2 (2015).

$$\Delta^{+} = 2\frac{\Sigma\Sigma_{i<j}W_{ij}}{S(S-1)}$$

Donde:

Δ^{+}: La diversidad taxonómica es la distancia taxonómica promedio esperada entre cualquier par de individuos seleccionados al azar en una muestra.

W_{ij}: Es la distancia taxonómica a través del árbol de clasificación Linneana de cualquier par de individuos, siendo el primero para la especie i y el segundo para la especie j.

S: Es el número de especies presentes en la muestra

Para conocer la variación en la estructura y composición de la actividad de las especies registradas en sitios de muestreo, se usaron las gráficas de rango-abundancia, las cuales permiten la comparación de la abundancia relativa de las especies, la cual se aprecia de mayor abundancia en la parte superior al igual de

especies raras (1 ind.) en la parte inferior de la gráfica; la estructura de la comunidad fácil de diferenciar debido a la forma de las curvas (Feinsinger, 2003). Para comparar la forma de las gráficas se realizó una prueba de Kolmogorov-Smirnov a fin de determinar si los conjuntos de datos difieren significativamente (Zar, 2010). Para la prueba de Kolmogorov-Smirnov se ocupa la siguiente formula:

$$D = \underset{1 \leq i \leq n}{sup} \left| \widehat{F_n}(\chi_i) - F_0(\chi_i) \right|$$

Donde:

χ_i: Es el i-ésimo valor observado en la muestra (cuyos valores se han ordenado previamente de menor a mayor).

$\widehat{F_n}(\chi_i)$: Es un estimador de la probabilidad de observar valores menores o iguales que χ_i.

$F_0(x)$: Es la probabilidad de observar valores menores o iguales que χ_i.cuando H_0 es cierta.

5.4.3. Diversidad Beta

Para la diversidad beta entre sitios y temporadas se utilizó el método de complementariedad (Colwell y Coddington, 1994). La complementariedad varía

desde cero, cuando ambos sitios son idénticos en composición de especies, hasta uno, cuando las especies de ambos sitios son completamente distintas (Colwell y Coddington, 1994). Para obtener el valor de complementariedad se obtienen primero dos medidas:

i. La riqueza total de ambos sitios combinados:

$$S_{AB} = a+b-c$$

Donde a es el número de especies del sitio A, b es el número de especies del sitio B, y c es el número de especies en común entre los sitios Ay B.

ii. El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios:

$$U_{AB} = a+b-2c$$

A partir de estos valores calculamos la complementariedad de los sitios A y B como:

$$C_{AB} = \frac{U_{AB}}{S_{AB}}$$

5.4.4. Análisis de correspondencia canónica

Para evaluar cómo se relacionaron las variables ambientales presentes en los seis sitios de muestreo, se utilizaron las variables que podrían estar presentes en los sitios de muestreo: carretera asfaltada, carretera empedrada, cultivos, edificios lago,

lámparas, río, suelo desnudo y vegetación en los sitios de muestreo. Algunas variables se registraron *in situ* (lámparas) y otras con ayuda de la herramienta Google Earth, donde se crearon polígonos para obtener el porcentaje de las variables (edificios, cultivos, lago, río, suelo desnudo y vegetación) y se midió en kilómetros (carretera asfaltada, carretera empedrada) en una escala de 0.5 km, ya que hay estudios que demuestran que las especies reaccionan de manera positiva o negativa a esta escala (Juárez- Hernández *et al*., 2008; Pinto y Keitt, 2008; Fabianek *et al.,* 20111).

Posteriormente se generó el análisis de correspondencia canónica donde se evaluó qué tan relacionadas estaban las especies con los sitios de muestreo. El CCA es una técnica multivariante de ordenación que incorpora la respuesta unimodal de las especies a las variables ambientales. Para esto se tomó la frecuencia de las especies en los sitios con las variables ambientales presentes. Todo esto se realizó utilizando el Software MVSP versión 3.22. (Kovach, 2000).

VI. RESULTADOS

6.1. Riqueza de especies de murciélagos insectívoros presentes en los sitios de muestreo

Los muestreos se realizaron durante 36 noches totales, 18 noches en lluvias y 18 noches en secas con 36 horas de esfuerzo de muestreo en los seis sitios con tres muestreos por temporada. Se obtuvieron 1512 pases de murciélagos pertenecientes a 15 especies, siete géneros y tres familias. Las especies más representativas fueron *Rhogeessa tumida,* con 400 pases, *Eptesicus furinalis* y *Molossus rufus,* con 243 pases (Cuadro 2).

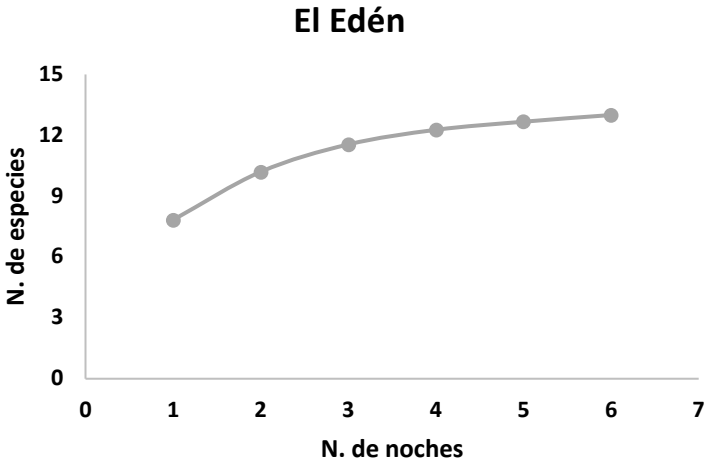
Cuadro 2.Listado de registros de murciélagos en los seis sitios de muestreo: El Edén (E.E.), La Ceiba (L.C.), La Marina (L.M.), Laguna Ensueño (L.E.), Unidad Deportiva (U.D.) y Vista Hermosa (V.H.).

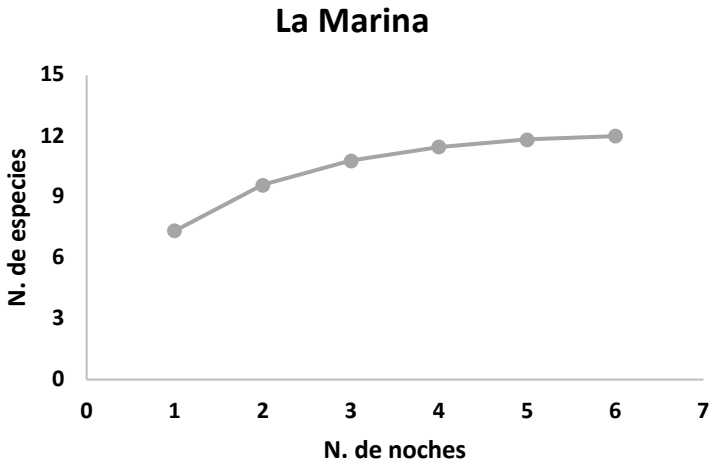
			Sitios					
Familia	**Genero**	**Especies**	**E.E.**	**L.C.**	**L.M.**	**L.E.**	**U.D.**	**V.H.**
Vespertilionidae	Eptesicus	*Eptesicus furinalis*	38	21	54	61	7	62
		Eptesicus fuscus	9	12	17	1	1	36
	Lasiurus	*Lasiurus cinereus*				2	7	
		Lasiurus ega	34	3	53	33	4	13
	Myotis	*Myotis californicus*	47	24	25	8	18	15
		Myotis elegans	27		2			
		Myotis keaysi	13		3			2
		Myotis nigricans	36	13	29	2	4	5
	Rhogeessa	*Rhogeessa tumida*	103	25	96	37	34	105
Molossidae	Molossus	*Molossus molossus*	3	1	4	5		2

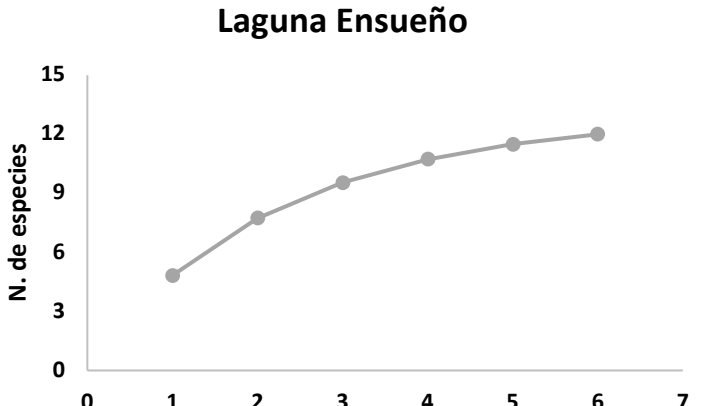
		Molossus rufus	58	11	90	38	19	27
	Tadarida	*Tadarida brasiliensis*	9	5	10	25	12	3
Mormoopidae	Pteronotus	*Pteronotus davyi*	1					4
		Pteronotus parnellii	7		2	2		3
		Pteronotus personatus				30		

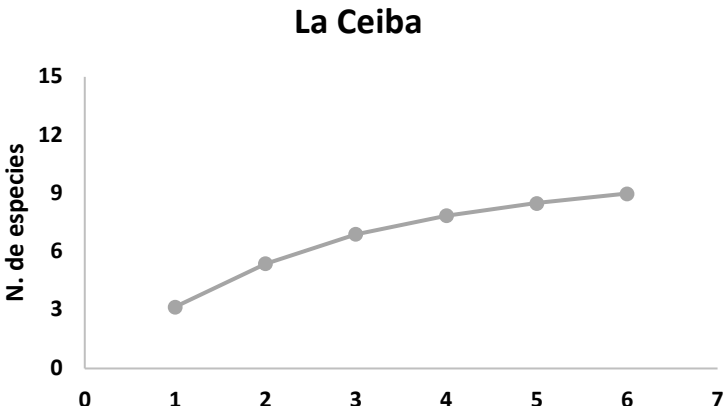
6.1.1. Curvas de acumulación de las especies presentes en los sitios

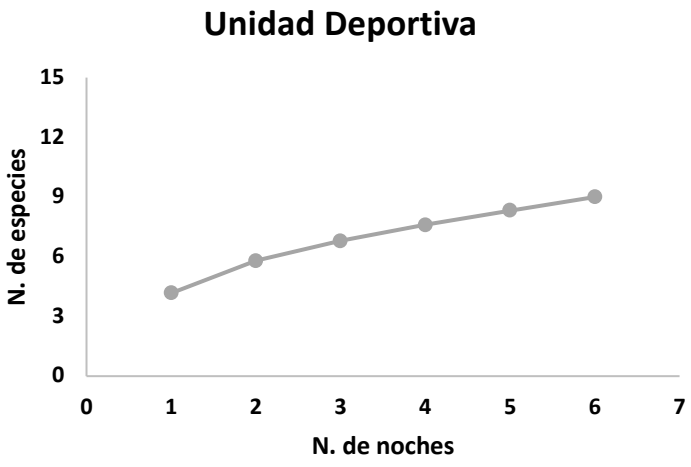
En las curvas de acumulación de los seis sitios, el sitio que presentó la mayor riqueza de especies fue El Edén (13 sp.), seguido por La Marina, Laguna Ensueño y Vista Hermosa (12 sp.) y la menor riqueza en se registró en La Ceiba y Unidad Deportiva (9 sp.) (Figura 5).











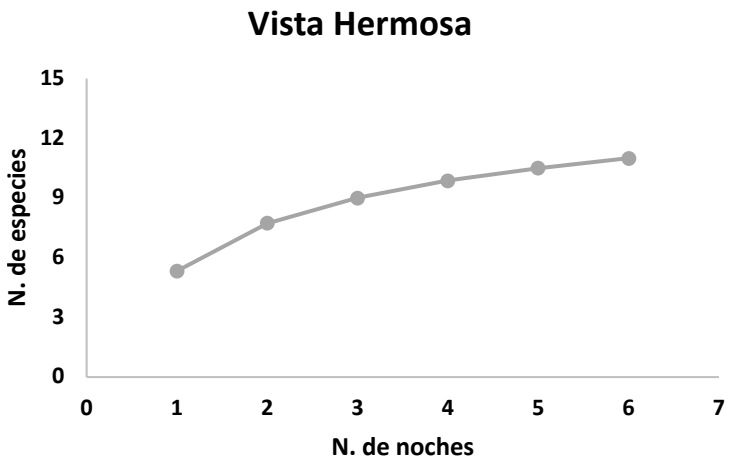


Figura 5. Curvas de acumulación del número de especies de murciélagos registrados en cada uno de los sitios de muestreo: El Edén (13 sp.), La Marina (12 sp.), Laguna Ensueño (9 sp.), La Ceiba (9 sp.), Unidad Deportiva (9 sp.) y Vista Hermosa (12 sp.).

6.1.2. Representatividad de la riqueza encontrada en los sitios de muestreo

De manera general, se obtuvo un 86.45% de representatividad para la riqueza de obtenida en los seis sitios de muestreo. De acuerdo con los estimadores utilizados (ICE y Chao 2) la mayor representatividad se obtuvo en el sitio de La Marina 98.2% y El Edén 95.4%, el sitio con la menor representatividad la obtuvo la Unidad Deportiva 61.9% (Cuadro 4).

Cuadro 3. Estimadores de los seis sitios de muestreo

Estimadores	El Edén	La Ceiba	La Marina	Laguna Ensueño	Unidad Deportiva	Vista Hermosa
Ice	11.55	14.02	12.44	13.9	13.4	13.14
Chao 2	9.83	13.42	12	12.5	15.67	11.83
% de representatividad	95.4%	84.2%	98.2%	90.9%	61.9%	88.1%

6.2. Índice de actividad relativa y eventos de búsqueda y alimentación por especie en sitios de muestreo

6.2.1. Índice de actividad relativa en los sitios de muestreo

Para obtener el IAR se tomaron los datos de 36 noches con tres horas de grabación cada una para 60 minutos de cada muestreo. El mayor IAR obtenido en los sitios del Edén (25.1%) y la Marina (25%) y la especie con la mayor actividad fue *Rhogeessa tumida* (6.8% y 6.3%), mientras que los sitios con el menor IAR fueron la Ceiba y la Unidad Deportiva (7.1%), dentro de estas la especie con mayor actividad fue *Rhogeessa tumida* con 1.7% y 2.2%. La familia Vespertilionidae (75%) obtuvo la mayor actividad relativa, seguido por la familia Molossidae (21.3) y la familia Mormoopidae (3.2) con la menor activad (Cuadro 3).

Cuadro 4. Actividad relativa de los seis sitios de muestreo por porcentajes

Familia/especies	El Edén	La Ceiba	La Marina	Laguna Ensueño	Unidad Deportiva	Vista Hermosa
Vespertilionidae						
Eptesicus furinalis	2.5	1.4	3.6	4.0	0.5	4.1
Eptesicus fuscus	0.6	0.8	1.1	0.1	0.1	2.4
Lasiurus cinereus	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0
Lasiurus ega	2.2	0.2	3.5	2.2	0.3	0.9
Myotis californicus	3.1	1.6	1.7	0.5	1.2	1.0
Myotis elegans	1.8	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Myotis keaysi	0.9	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1
Myotis nigricans	2.4	0.9	1.9	0.1	0.3	0.3
Rhogeessa tumida	6.8	1.7	6.3	2.4	2.2	6.9
Total de minutos/porcentaje	20.0	6.0	18.0	10.0	5.0	16.0
Molossidae						
Molossus molossus	0.2	0.1	0.3	0.3	0.0	0.1
Molossus rufus	3.8	0.7	6.0	2.5	1.3	1.8
Tadarida brasiliensis	0.6	0.3	0.7	1.7	0.8	0.2
Total de minutos/porcentaje	4.6	1.1	6.9	4.5	2.1	2.1

Mormoopidae						
Pteronotus davyi	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%
Pteronotus parnellii	0.5%	0.0%	0.1%	0.1%	0.0%	0.2%
Pteronotus personatus	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	0.0%
Total de minutos/porcentaje	0.5%	0.0%	0.1%	2.1%	0.0%	0.5%
Total/ porcentaje	25.5%	7.6%	25.5%	16.1%	7.0%	18.3%

6.2.2. Actividad de los murciélagos insectívoros

Los sitios con mayor número de eventos de alimentación fueron: El Edén, 35.2% (125) y La Marina, 20.6% (73); para los eventos de búsqueda fueron: La Marina, 27% (312) y El Edén, 22.5% (260) (Figura 5). De las 15 especies de murciélagos presentes, la AR fue de 1512 pases, en los cuales 355 pases corresponden para la fase de alimentación, siendo las especies que tuvieron con el mayor número de pases de alimentación *Rhogeessa tumida* (104), *Molossus rufus* (49), *Myotis nigricans* (43) y *Eptesicus furinalis* (42). Para la fase de búsqueda se obtuvieron un total de 1157 pases, las especies con la mayor fueron: *Rhogeessa tumida* (296), *Eptesicus furinalis* (201), *Molossus rufus* (194), *Lasiurus ega* (115) y *Myotis californicus* (108). Con base en la prueba de Kolmogorov-Smirnov entre sitios no se encontraron diferencias significativas entre sitios, cuyas formas se ajustaron al modelo Log normal; esto implica que no hay diferencias en la estructura, pero sí en la composición de las especies (Figura 6).

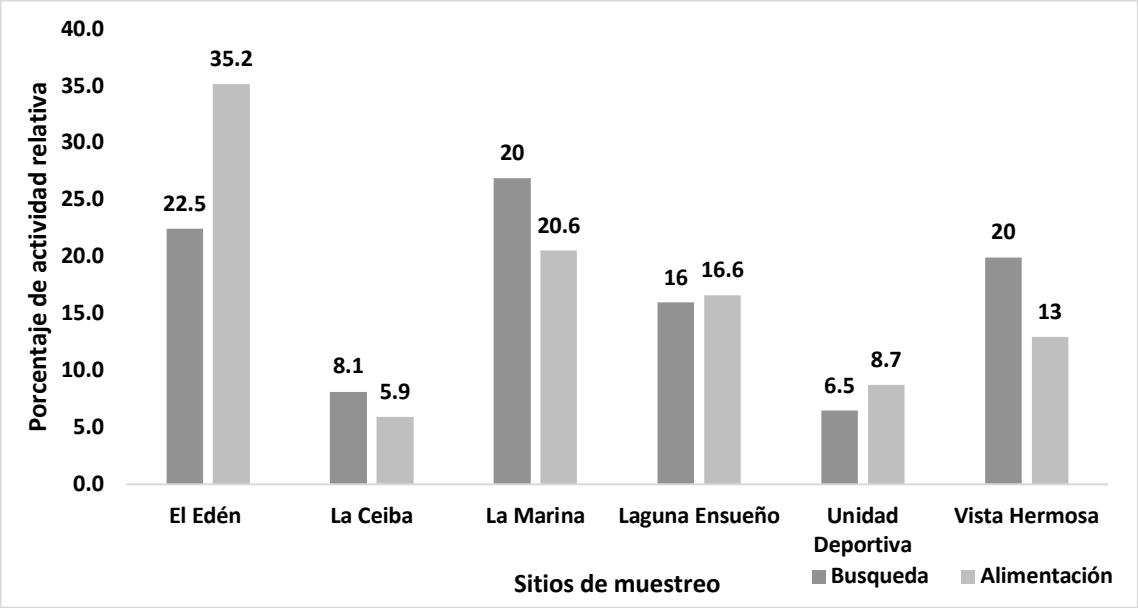


Figura 6. Porcentaje de actividad relativa de las especies por actividad (Búsqueda y alimentación)

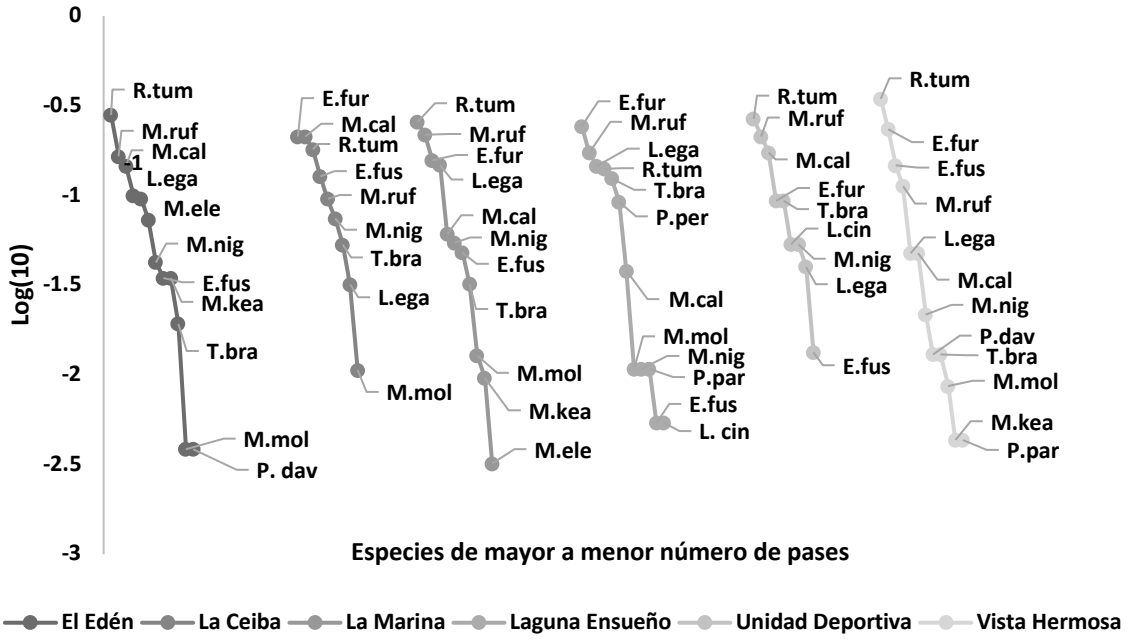


Figura 7. Estructura y composición de las especies en los eventos de forrajeo los nombres de las especies fueron editados tomando la primera inicial de las especies con las tres primeras letras del segundo nombre

6.3. Riqueza de especies entre sitios por temporadas

6.3.1. Curva de acumulación por temporadas

De acuerdo con las curvas de acumulación obtenidas del número de pases en la temporada de lluvias y secas, en secas se registraron 13 especies con 632 pases, en comparación con lluvias con 14 especies con 880 pases, siendo *Rhogeessa tumida* la más representada, y la menos representada *Pteronotus parnellii* en ambas temporadas (Figura 7). El sitio más representativo en la temporada de lluvias fue El Edén (253 pases) y el de menor representativo fue Unidad Deportiva (60 pases), en temporada de secas la más representativa fue La Marina (60 pases) y la menor representativa fue Unidad Deportiva (46 pases) (Figuras 8 y 9).

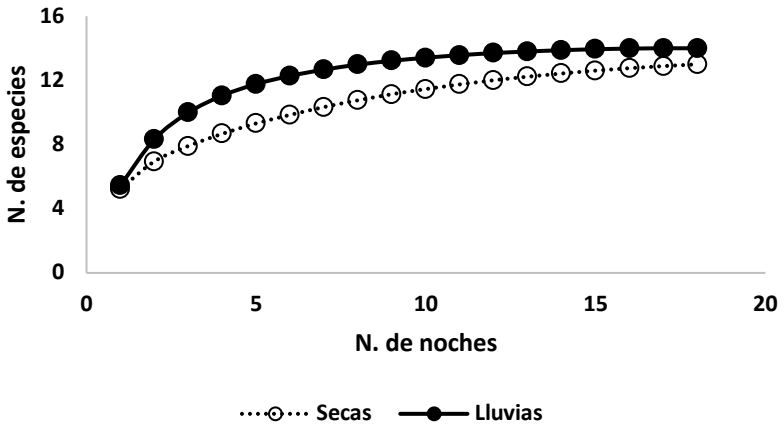


Figura 8. Curva de acumulación de las temporadas de lluvias y secas

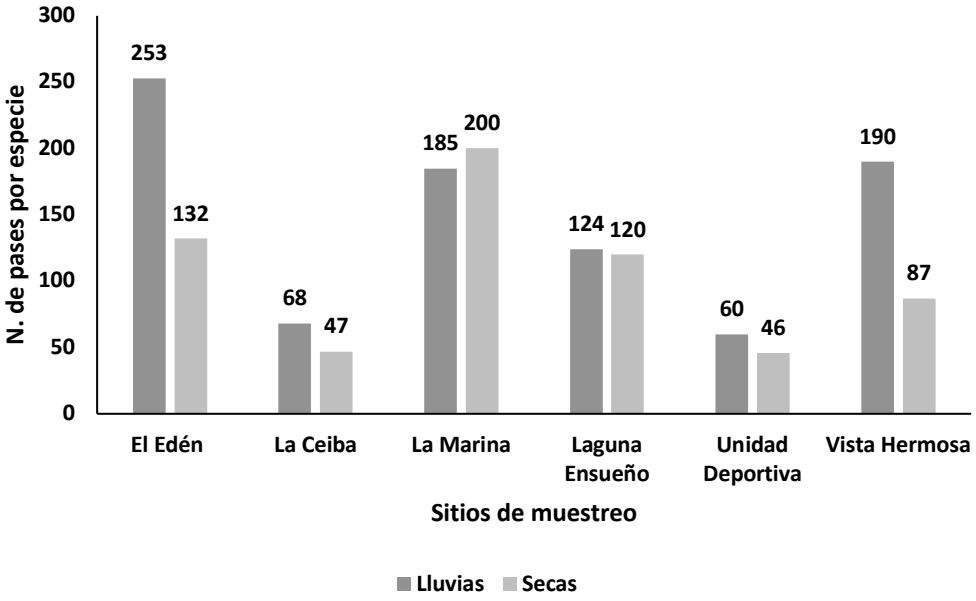


Figura 9. Numero de pases de las especies presentes en las temporadas de cada sitio

6.3.2. Diversidad taxonómica de los sitios

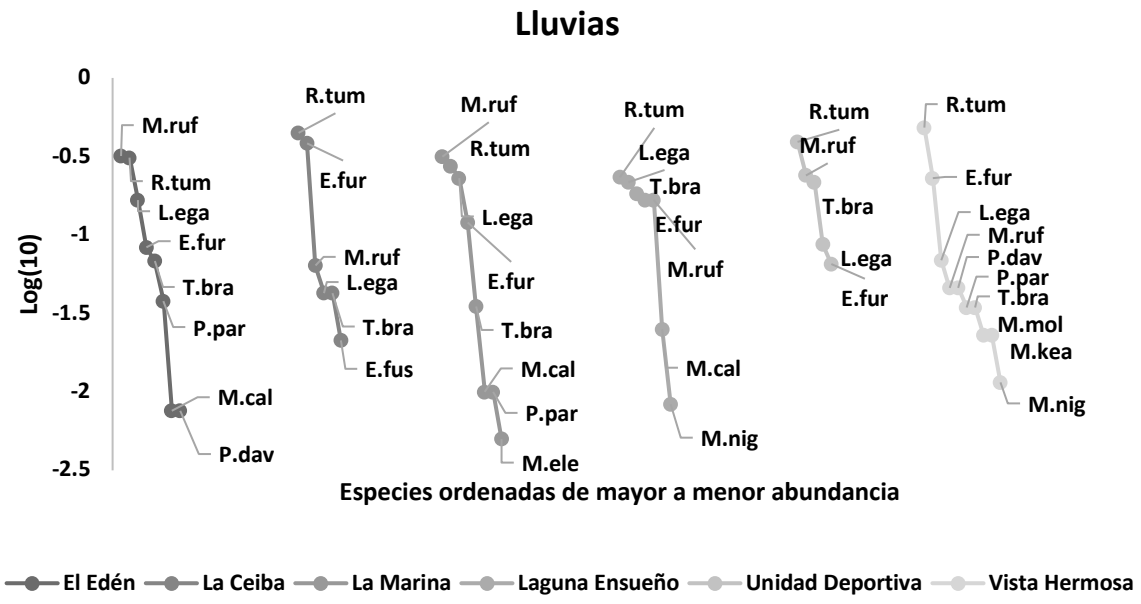
De acuerdo a los resultados del índice de diversidad taxonómica aplicado en los sitios de muestreo, no existen diferencias estadísticamente significativas en estos porque presentan muy poca diversidad ya que existen varias especies de un mismo género (Cuadro 1; Cuadro 5).

Cuadro 5. Diversidad taxonómica de murciélagos en los seis sitios de muestreo

	El Edén	La Ceiba	La Marina	Laguna Ensueño	Unidad Deportiva	Vista Hermosa
Actividad	385	115	385	244	106	277
Riqueza	13	9	12	12	9	12
Género	7	6	7	7	6	7
Familia	3	3	3	3	3	3
Orden	1	1	1	1	1	1
D. T.	81.6653	78.7933	79.9609	80.8570	78.7933	82.8120

6.3.3. Gráfica de rango-abundancia por temporadas

De las especies encontradas en los seis sitios de muestreo en temporada de lluvias, *Rhogeessa tumida, Myotis californicus* y *Eptesicus furinalis* fueron las especies más dominantes, en temporada de secas las especies más dominantes fueron *Rhogeessa tumida, Molossus rufus* y *Lasiurus cinereus.* En la prueba de Kolmogorov-Smirnov en la comparación de las gráficas entre zonas por temporadas no se encontraron diferencias significativas (Figura 10).



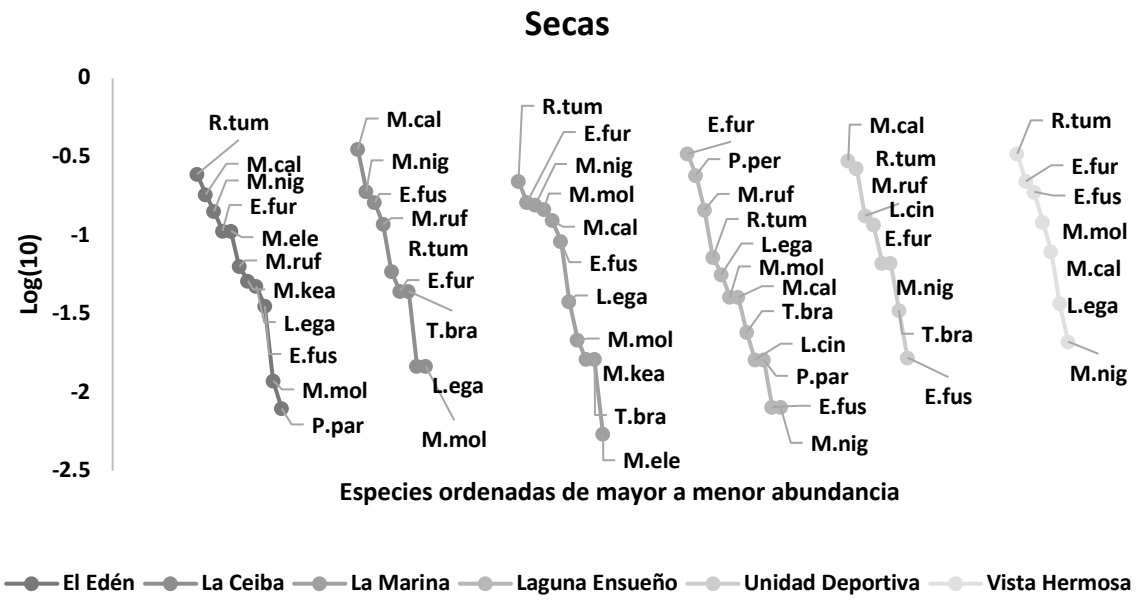


Figura 10. Estructura y composición de la temporada de lluvias y secas, los nombres de las especies fueron editados tomando la primera inicial de las especies con las tres primeras letras del segundo nombre

6.3.4. Complementariedad

En el análisis de complementariedad entre los seis sitios de muestreo se encontró que los sitios tienen una complementariedad baja debido a que muchas de las especies registradas están presentes en los sitios comparados. El porcentaje de complementariedad promedio fue de 20%, siendo el más bajo (8%) entre El Edén con La Marina y Vista hermosa, y el porcentaje más alto fue 43% entre El Edén y Unidad Deportiva, demostrando que son los sitios más complementarios entre sí ya que solo comparten 8 especies entre ellos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Complementariedad entre los sitios de muestreo, mostrando en la parte superior las especies compartidas y en la parte inferior el porcentaje de complementariedad

	El Edén	La Ceiba	La Marina	Laguna Ensueño	Unidad Deportiva	Vista Hermosa
El Edén		9	12	10	8	12
La Ceiba	31%		9	9	9	9
La Marina	8%	25%		10	8	11
Laguna Ensueño	33%	25%	29%		9	10
Unidad Deportiva	43%	20%	38%	25%		8
Vista Hermosa	8%	25%	15%	29%	38%	

6.4. Efecto de las variables ambientales sobre la riqueza y la actividad dentro de los sitios de muestreo.

6.4.1. Análisis de Correspondencia Canónica (CCA)

Gráficamente, la ordenación del CCA muestra cómo las especies de murciélagos responden a las distintas variables ambientales que están presentes en los sitios de muestreo. Los resultados muestran que los 2 ejes canónicos considerados en el primer análisis de variables-sitios fue entre 61 y 77% porcentaje acumulado, donde el eje 1, está positivamente asociada a las variables del río, carretera pavimentada, macha urbana y lámparas (Unidad Deportiva); en el eje 2, esta positivamente asociada a las variables del lago, cultivos y carretera empedrada (Laguna Ensueño)

(cuadro 7 y Figura 11). En el segundo análisis con especies-sitios explica poca variación, ya que el porcentaje acumulado fue de entre 30% y 49%, las especies con mayor frecuencia fueron *Pteronotus personatus* que *es*tuvo más relacionada a los cultivos, lago y carretera empedrada (Laguna Ensueño); las especies *Pteronotus dav*yi y *Eptesicus fuscus* estuvieron más relacionadas con la mancha urbana, suelo desnudo y lámparas, al igual que *Rhogeessa tumida* que estuvo más relacionada con (La Marina); el resto de las especies no mostraron ninguna relación hacia a los sitios muestreados (Cuadros 8 y 12).

Cuadro 7. CCA de puntuaciones de variables de los sitios con las variables

Puntajes de casos de CCA de sitios	Axis 1	Axis 2
El Edén	-1.038	-0.576
La Marina	-1.118	-1.342
Laguna Ensueño	-0.516	1.695
La Ceiba	-0.835	0.216
Unidad Deportiva	1.323	-0.766
Vista Hermosa	0.783	0.804
Autovalores	**0.534**	**0.141**
Porcentaje	**61.398**	**16.201**
Porcentaje acumulado	**61.398**	**77.599**

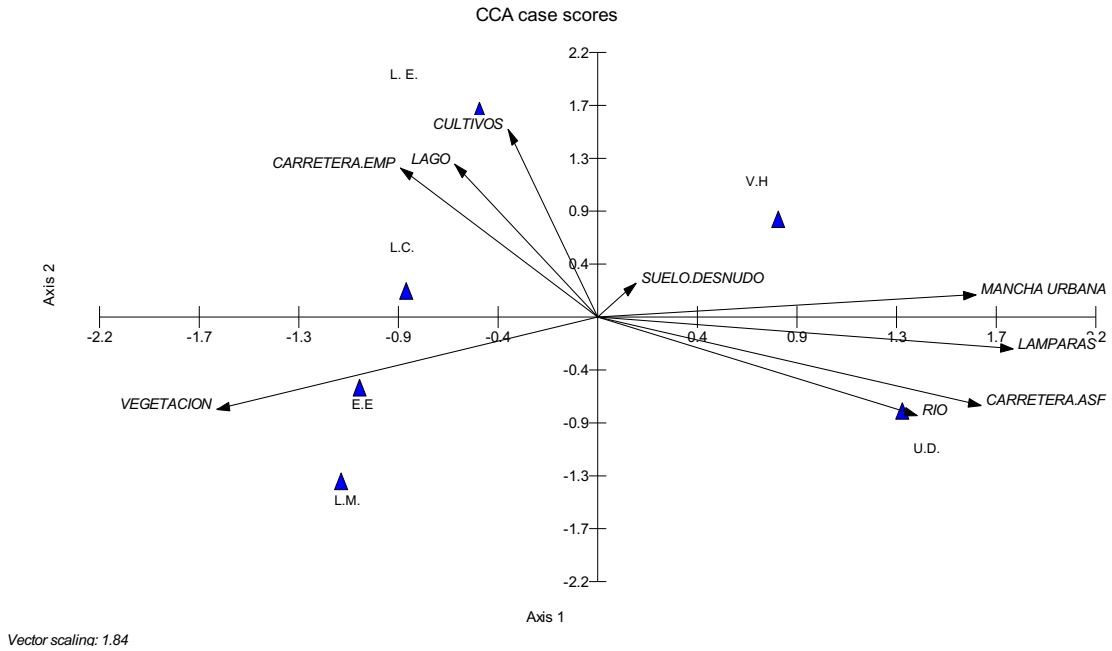


Figura 11. Variables ambientales, la posición del sitio en relación con una variable ambiental indica la fuerza de la relación. Los sitios de muestreo son: El Edén (E.E.), Laguna Ensueño (L.E.), Vista Hermosa (V.H.), Unidad Deportiva (U.D.), La Marina (L.M.) y La Ceiba (L.C.)

Cuadro 8. CCA de puntuaciones de variables de los sitios con las especies

Puntajes de casos de CCA de especies	**Axis 1**	**Axis 2**
Eptesicus furinalis	0.476	-1.004
Eptesicus fuscus	-1.568	-2.331
Lasiurus cinereus	2.020	0.134
Lasiurus ega	0.696	0.570
Molossus molossus	1.171	-0.118
Molossus Rufus	0.165	0.509
Myotis californicus	-0.769	0.776
Myotis elegans	-1.222	4.070
Myotis keasy	-1.233	2.588
Myotis nigricans	-1.029	1.516
Pteronotus davyi	-1.867	-3.943
Pteronotus parnellii	-0.279	0.848
Pteronotus personatus	6.060	-0.997
Rhogeessa tumida	-0.523	-0.385
Tadarida brasiliensis	1.958	0.065

Auto valores	**0.128**	**0.085**
Porcentaje	**30.104**	**19.859**
Porcentaje acumulado	**30.104**	**49.953**

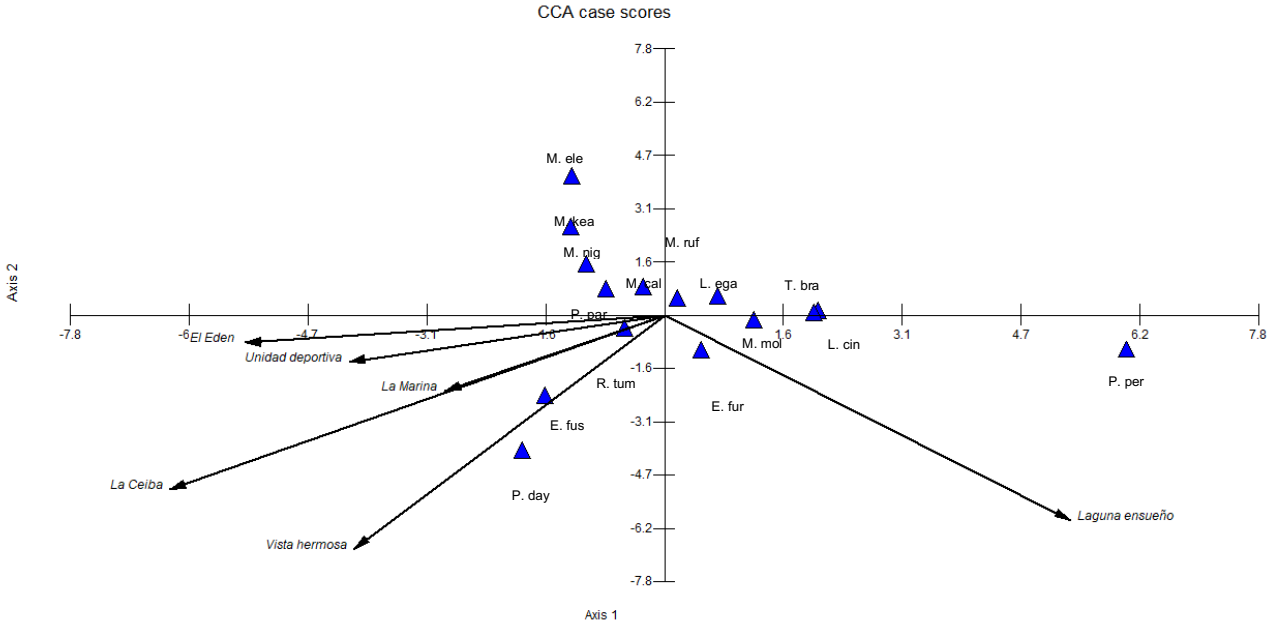


Figura 12. Análisis de correspondencia canónica (CCA) para las especies encontradas a través de los sitios de muestreo las especies registradas fueron: *Eptesicus furinalis* (E. fur), *Eptesicus fuscus* (E. fur), *Lasiurus cinereus* (L. cin), *Lasiurus ega* (L. ega), *Myotis californicus* (M. cal), *Myotis elegans* (M. ele), *Myotis keaysi* (M. kea), *Myotis nigricans (M. nig), Rhogeessa tumida* (R. tum), *Molossus molossus* (M. mol) *Molossus rufus* (M. ruf) *y Tadarida brasiliensis* (T. bra).

VII. DISCUSIÓN

7.1. Riqueza, representatividad y diversidad taxonómica de las especies de murciélagos

La mayor riqueza de murciélagos se encontró en el sitio con un cuerpo de agua léntico (lago) y abundante vegetación (El Edén; 13 sp.), mientras que la menor riqueza se encontró en sitios con un cuerpo de agua lotico (Río) y cultivos, mancha urbana, lámparas, poca vegetación y calles pavimentadas (La Ceiba y Unidad Deportiva; 9 sp.); lo que demuestra que estas diferentes variables ambientales generan diferencias en el uso del hábitat de los murciélagos, ya que algunas especies son sensibles a cualquier tipo de modificación o perturbación ya que no toleran sitios abiertos, ni volar por fuera de la cobertura vegetal (Galindo-González, 2004; Ávila- Flores y Fenton, 2005; Jung y Kalko, 2011; Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016; Figueroa-Suárez, 2017; Severiano-Hernández, 2018), mientras que otras especies son generalistas o adaptables por lo que son más resistentes y toleran la transformación del ambiente, siendo beneficiadas por la cantidad de alimento y sitios de percha presentes en las zonas urbanas (La Ceiba y Unidad Deportiva)(Jung y Kalko, 2011; Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016; Figueroa-Suárez, 2017; Severiano-Hernández, 2018).

Esto indica que cada uno de los sitios proporciona recursos que pueden mantener la actividad de los murciélagos. Por ejemplo, los sitios urbanos y no urbanos proporcionan un hábitat de forrajeo en espacios abiertos para ciertas especies de murciélagos, mientras que los edificios urbanos ofrecen oportunidades de descanso y las luces de las calles pueden atraer presas de insectos (Rydell, 1992; Avila-Flores y Fenton, 2005; Ellison *et al.,* 2007).

El efecto de la urbanización en los murciélagos insectívoros se hace más visible cuando se observa la composición de las especies de murciélagos por condición (Threlfall *et al*., 2012b). A nivel de especie, la ausencia de la especie *Myotis californicus* en áreas urbanas sugiere que esta especie se ve afectada negativamente por los cambios en la estructura del hábitat producidos por el aumento de la intensidad de la urbanización ya que las características ecomorfológicas y de ecolocación de esta especie son más adecuadas para alimentarse en un entorno cerrado, en lugar de en las zonas urbanas y rurales más abiertas (Norberg y Rayner, 1987; Schnitzeler y Kalko, 2001; Galindo-González, 2004). En contraste, las especies *Molossus rufus, Rhogeessa tumida* y *Eptesicus furinalis* que fueron las especies con mayor registro en los seis sitios, lo que demuestra, además de su gran plasticidad de forrajeo, la capacidad de estas especies para adaptarse a los cambios estructurales y se ven afectadas positivamente por la urbanización, ya aprovechan las variables presentes en los sitios para su beneficio.

De las 15 especies identificadas en los seis sitios, 12 ya habían sido registradas en el municipio: *Molossus rufus, Molossus molossus, Tadarida brasiliensis, Pteronotus davyi, Pteronotus parnellii, Eptesicus furinalis, Eptesicus fuscus, Lasiurus ega, Myotis californicus, Myotis keaysi, Myotis nigricans y Rhogeessa tumida* (Figueroa-Suárez, 2017; Severiano-Hernández, 2018). En el presente estudio se añade a *Pteronotus personatus, Lasiurus cinereus* y *Myotis elegans* a la riqueza de murciélagos para el municipio, aunque se han encontrado a las especies dentro del mismo estado como el valle del río de Los Pescados en Jalcomulco, Veracruz y los San Andrés Tuxtla, Veracruz (Torres-Morales, 2007; Coates *et al.,* 2017), no se han encontrado registros de las estas especies en el norte de Veracruz en otros trabajos realizados (Morales-Echeverría, 2015; Figueroa-Suárez, 2017; Severiano-Hernández, 2018).

El porcentaje de representatividad fue alto en tres de los sitios de muestreo (La Marina, El Edén y Laguna Ensueño), por arriba del 90% lo que ha sido sugerido como lo adecuado para caracterizar adecuadamente una comunidad (Moreno y Halffter, 2000), lo cual sugiere que se encontraron la mayoría de las especies potenciales en estos sitios. En los tres sitios restantes (La Ceiba, Vista Hermosa y Unidad Deportiva) se encontraron valores de representatividad por debajo del porcentaje sugerido, por lo cual quizás el incremento de las noches de muestreo podría incrementar la riqueza de las especies que pudieron no haber sido registradas (Figueroa-Suárez, 2017; Severiano-Hernández, 2018) aunque también

ausencias de ciertas variables ambientales (sitios de percha y vegetación) podrían ocasionar que la riqueza de especies sea naturalmente baja (Ávila-Flores y Fenton, 2005)

El bajo valor en la diversidad taxonómica (D1) registrada significa que las especies están más estrechamente relacionadas con niveles taxonómicos bajos (Cuadro 5), por ejemplo, varias especies que pertenecen al mismo género o familia (Clarke y Warwick, 1998; Moreno *et al.,* 2009). Lo anterior es particularmente notable en el género *Myotis* de la familia Vespertilionidae, el cual fue la más rica al registrar cuatro especies pertenecientes a este género (*Myotis californicus, Myotis elegans, Myotis keaysi* y *Myotis nigricans*) representando el 30% de las especies totales. Esto es similar a los estudios Torres-Morales (2007), Rodríguez-Aguilar *et al.* (2016), Figueroa-Suárez (2017) y Severiano-Hernández (2018), donde también reportan varias especies es un mismo género, esto también puede deberse a que la mayor riqueza registrada en el norte de país pertenece a la familia Vespertilionidae de acuerdo a Patten (2004).

Esto indica que cada uno de los sitios proporciona recursos que pueden mantener la actividad de los murciélagos. Por ejemplo, los sitios urbanos y no urbanos proporcionan un hábitat de forrajeo en espacios abiertos para ciertas especies de murciélagos, mientras que los edificios urbanos ofrecen oportunidades de descanso y las luces de las calles pueden atraer presas de insectos (Rydell, 1992; Ávila-Flores

y Fenton, 2005; Ellison *et al*., 2007). Las áreas forestales brindan refugio en el follaje, en las cavidades de los árboles o en la corteza exfoliada, y en las áreas de forrajeo para muchas especies de murciélagos insectívoros aéreos del espacio cercano (Grindal y Brigham, 1999; Kunz y Lumsden, 2003; Gehrt y Chelsvig, 2003).

7.2. Actividad relativa de las especies de murciélagos

Los sitios con mayor porcentaje de actividad relativa fueron El Edén y La Marina con el 25.5%, ya que tienen una baja perturbación y mayor presencia de vegetación, características que podrían favorecer la presencia de especies, especialmente de la familia Vespertilionidae (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Figueroa-Suárez, 2017; Severiano-Hernández, 2018). El sitio con el menor porcentaje de actividad relativa fue la Unidad Deportiva, el cual es el sitio con mayor grado de perturbación, como las lámparas, edificios, casas, poca vegetación y calles pavimentadas, sin embargo, también se ha demostrado que existen algunas especies tolerantes que aprovechan las zonas urbanas para percha y alimentación, como es el caso de la familia Molossidae (Schnitzler y Kalko, 2001; Galindo-González, 2004; Esbérard *et al.,* 2005; Severiano-Hernández, 2018).

Dentro de las llamadas de ecolocalización estuvo dominada por la familia Vespertilionidae; esta familia estuvo mayormente presente en áreas con cuerpos de agua y vegetación (El Edén y La Marina) y en uno de los sitios con mancha urbana,

lámparas, un cuerpo de agua fijo, poca vegetación y calles pavimentada (Vista Hermosa). Esto puede deberse a que estas especies se alimentan en espacios cerrados, como el interior de los bosques, por lo cual, tienen una tolerancia menor a la perturbación, como es en el caso de los Myotis, y en áreas abiertas como las zonas ripiaras con cuerpos de agua presente (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Torres-Morales, 2007; Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016; Figueroa-Suárez, 2017; Severiano-Hernández, 2018).

La segunda familia más representada fue Molossidae; las especies de esta familia puede ser favorecidas por la urbanización al aprovechar algunas construcciones como sitios de percha y las áreas abiertas para el forrajeo (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Torres-Morales, 2007; Cú, 2009). Las especies de esta familia tiene alas estrechas y alargadas que les permiten altas velocidades y reducen los costos de energía del vuelo y sus características de ecolocación permiten la ubicación de presas que vuelan rápido desde una distancia relativamente larga (Norberg y Rayner, 1987; Jones, 1999; Altringham, 2011.

Las especies con mayor porcentaje de actividad relativa fueron *Rhogeessa tumida* (26.5%), *Eptesicus furinalis* (16.1%) y *Molossus rufus* (16.1%), estas especies son consideradas como generalistas que dentro de las zonas urbanas se ven beneficiadas debido a que encuentran áreas apropiadas para percha y una característica es que forrajean en sitios abiertos o semiabiertos, en huecos de los árboles, sobre cuerpos de agua, a lo largo de caminos en terrenos abiertos (Rydell

et al., 2002; Galindo-González, 2004; Ávila-Flores *et al.,* 2005 MacSwiney *et al.,* 2009), aprovechando también la luz de las lámparas para alimentarse (Cú, 2009). La menor actividad relativa se encontró para *Myotis elegans* (1.9%), *Myotis keaysi* (1.2%), *Molossus molossus* (1.0%) y *Lasiurus cinereus* (0.6%) *Pteronotus davyi* (0.3%) y *Pteronotus parnellii* (0.9%), ya que algunas de estas especies necesitan áreas con vegetación densa o cultivos para zonas de forrajeo o percha aunque han sido registradas en áreas abiertas alimentándose en los estanques o cenotes, sobre los senderos y alrededor de las lámparas (Rydell *et al.,* 2002; MacSwiney *et al.,* 2008, 2009; Cú, 2009; Tapia, 2013).

7.3. Actividad de los murciélagos por temporadas y eventos de búsqueda y alimentación de las especies

En el análisis por temporadas la mayor riqueza y actividad de los murciélagos se presentó durante la temporada de lluvias (14 sp. y 880 pases), es posible que estos resultados se deban a que durante esta temporada existe el crecimiento de los cuerpos de agua (ríos y lagos) y por ende una mayor cantidad de insectos que sirven de alimento para los murciélagos insectívoros (Torres-Morales, 2007; MacSwiney *et al.,* 2009; Briones-Salas *et al.,* 2013), contrario a lo encontrado en algunos trabajos los cuales registraron una mayor actividad durante la temporada de secas (MacSwiney *et al.,* 2009), lo que puede deberse a que estos sitios contaban con cuerpos de agua permanentes.

En la gráfica de rango-abundancia por temporadas no se encontraron diferencias en la estructura de la comunidad entre sitios, ya que las gráficas son parecidas entre sí lo que significa que las comunidades son similares (Magurran, 2004), demostrando que se mantiene estable el número de especies dominantes, de abundancia media y raras; sin embargo, sí se encontraron diferencias en la composición de las mismas, por ejemplo, a pesar de que *Rhogeessa tumida* fue la especie dominante en todo el estudio, en lluvias se registró a *M. rufus* como la especie dominante en dos sitios (El Edén y La Marina), mientras que en secas se registraron a *M. californicus* como especie dominante en dos sitios (La Ceiba y Unidad Deportiva) y *E. furinalis* en un sitio (Laguna de Ensueño); esto significa que cada uno de los sitios proporciona elementos que pueden mantener la actividad de los murciélagos insectívoros, los cuales podrían brindar hábitats de búsqueda en espacios abiertos para ciertas especies, mientras que algunos sitios sirven como sitios de tránsito o de percha (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Ellison *et al.,* 2007).

7.4. Influencia de las variables ambientales presentes en los sitios de muestreo

De acuerdo con los resultados del análisis de correspondencia canónica, se determinó que los sitios no están dominados por una sola variable, sino es el reflejo de la interacción entre las diferentes variables ambientales, con este fue posible identificar conjuntos de especies que tiene mayor afinidad para cada sitio relacionada con las variables ambientales presentes en cada uno. Este patrón se ha documentado en otros estudios, donde la afinidad de los murciélagos insectívoros depende de su tolerancia a la urbanización (Ávila-Flores y Fenton, 2005; Jung y Kalko, 2011; Rodríguez-Aguilar *et al.,* 2016).

La especie *Pteronotus personatus* estuvo asociada a variables de cultivo y lago (Laguna Ensueño) y aunque se ve afectada por los cambios en la estructura del hábitat producidos por el aumento de la intensidad de la urbanización, ha sido registrada en sitios con algún grado de perturbación, como los pastizales y vegetación secundaria (Torres-Morales, 2007; MacSwiney *et al*., 2009), también aprovechando los cuerpos de agua en comparación a los sitios que carecen de estos ya que estos los pueden ocupar como bebederos, áreas de forrajeo y captura de insectos, además de que son considerados como especialistas en recolección de insectos sobre la superficie de estos, concordando con el análisis de correspondencia canónica que mostró afinidad al cuerpo de agua presente en el sitio de muestreo (lago) (Torres-Morales, 2007; MacSwiney *et al*., 2009)

Por otro lado, *Pteronotus davyi* y *Eptesicus fuscus* estuvieron asociadas a variables de suelo desnudo, mancha urbana y lámparas (Vista Hermosa) ya que estas especies tienen mayor capacidad de desplazamiento para moverse de un lugar a otro ya que solo ocupan los sitios urbanos para alimentación aprovechando la presencia de las lámparas, así como de sitios de percha (Rydell *et al*., 2002; Ávila-Flores y Fenton, 2005; Cú, 2009; Stone *et al.,* 2015). Se sabe que la especie *Eptesicus fuscus* se posa, hiberna dentro de las casas y edificios (Zimmerman y Glanz, 2000; Duchamp *et al.,* 2004) y se han obtenido registros de estos durante el forrajeo en diversos hábitats urbanos y rurales de todo el mundo. La especie *Rhogeessa tumida,* también utiliza estos sitios por el gran número de refugios (como huecos y edificios) y alimentación que le proporcionan, lo que les permite forrajear en espacios abiertos, así como con vegetación (Schnitzler y Kalko, 2001; Galindo-González, 2004; Li y Wilkins, 2014).

El resto de las especies en el análisis de correspondencia canónica no tuvieron afinidad a ninguna de las variables a pesar de que se tienen registros de especies que son consideradas tolerantes a algún grado de urbanización, como *Eptesicus furinalis y Molossus rufus,* las cuales dentro de las áreas urbanas las ocupan como área de percha como las casas y huecos de árboles (Ávila-Flores *et al.,* 2002), aprovechando la luz de las lámparas para alimentarse (Cú, 2009), así como especies *Myotis elegans, Myotis keaysi, Myotis nigricans*, ya que algunas de estas especies necesitan áreas con vegetación y la presencia de cuerpos de agua, como

estanques y ríos, tienen un marcado efecto sobre la actividad de las especies de *Myotis*, que parecen ser más selectivas en su elección de hábitats requeridos alimentándose con frecuencia de insectos acuáticos emergentes en áreas ribereñas (Ford *et al.,* 2005; Henderson y Broders, 2008), así como en hábitats forestales (Patriquin y Barclay, 2003; Broders *et al.,* 2006) dada su mayor agilidad de vuelo (Norberg y Rayner, 1987; Fenton, 1990). *Molossus molossus* y *Lasiurus cinereus* se encuentran principalmente en áreas abiertas (Menzel *et al.,* 2005), que vuelan por encima del suelo, sobre el dosel (Menzel *et al.,* 2000), suelen forrajear u ocupar los sitios de perchar en sitios cerca de los arroyos, pastizales, y matorrales espinosos (Dolan, 1989) o cultivos (Galindo-González, 2004; Esbérard *et al*., 2005; Jung y Kalko, 2011).

Este estudio demostró que a pesar de la pérdida de los ecosistemas y la inevitable creciente de la urbanización, algunas de las especies de murciélagos se adaptan para aprovechar las características asociadas (variables ambientales) a la urbanización, y que estuvieron presentes en los sitios de muestreo, pudiendo proporcionar conexiones entre los sitios de percha y alimentación en zonas urbanas, semiurbanas y naturales; esto sirve para tomar medidas de conservación a beneficio de la diversidad de murciélagos, especies que ofrecen diversos servicios ambientales.

VIII. CONCLUSIONES Y APLICACIÓN PRÁCTICA DEL TRABAJO

8.1. Conclusiones

- Se registraron 15 especies de murciélagos, el sitio con mayor riqueza fue El Edén (13 sp.).

- En el índice de actividad relativa, la presento la familia Vespertilionidae fue la más abundante con las especies *Rhogeessa tumida* y *Eptesicus furinalis,* seguida por la familia Molossidae con la especie *Molossus rufus.*

- La riqueza aumentó en la temporada lluvias (14 sp.), esto pudo deberse a que es cuando el alimento abunda e incrementan los cuerpos de agua. A pesar de eso, dentro la figura de rango-abundancia de las temporadas, no se observó cambio en la composición, pero sí en la estructura de esta.

- En el análisis de correspondencia canónica se mostró que las especies *Rhogeesa tumida, Pteronotus personatus Pteronotus davyi* y *Eptesicus fuscus* fueron más frecuentes en los sitios de muestreo, mientras que el resto de las especies dentro del análisis no tuvieron ningún cambio a pesar de que

existe información e investigaciones que hablan de las especies que son tolerantes a la urbanización como aquellas que son dependientes de los sitios.

8.1.2. Aplicación práctica del trabajo

La información obtenida en la presente investigación es importante, ya que sirve para conocer la riqueza existente en la zona y su actual distribución y estado de conservación. Se observó que dentro de las manchas urbanas se encontraron especies que aprovechan ciertas características (lámparas, cuerpos de agua, suelo desnudo y edificios) y por lo anterior, se pueden crear acciones pertinentes; por ejemplo, favorecer que los sitios mantengan elementos naturales, como árboles y cuerpos de agua, ya que favorecen la presencia de murciélagos (Severiano-Hernández, 2018), y la conservación de los mismo como la conservación o saneamiento de los cuerpos de agua ya que pueden ser usados como sitios de forrajeo y los murciélagos podrían estar ingiriendo elementos contaminados del ambiente. Además, y no menos importante es trasmitir el conocimiento a la población del municipio acerca de la importancia de los murciélagos, dentro de los procesos ecológicos como controladores de plagas de los cultivos y de enfermedades. Como conocer su biología y ecología evitaría su eliminación por malas apreciaciones, en particular de aquellas especies que acostumbran a ocupar

sitios como refugio tales como techos de casas o grietas en las paredes, árboles o hendiduras.

Para todo lo anterior, se sugiere involucrar al gobierno municipal para el mejoramiento de los parques urbanos proporcionando características naturales y hacer difusión con la población para promover la conservación de dichas especies, esto se pueden llevar a cabo con talleres, programas radiales y afiches que den a conocer la importancia ecológica de los murciélagos en los ecosistemas.

IX. RECOMENDACIONES

- Utilizar en conjunto a los detectores de ultrasonidos otras técnicas de muestreo, lo cual podría ayudar con una identificación más exacta de las especies y aumentar la riqueza de las especies en las zonas.

- Incrementar los sitios de muestreos, así como los días para aumentar la riqueza de las especies que podrían estar presentes en el municipio.

- Implementar programas de conservación por medio de campañas educativas que permitan informar a la comunidad sobre la importancia de los quirópteros en las localidades.

X. BIBLIOGRAFÍA

Alberti, M. 2005. The effects of urban patterns on ecosystem function. International Regional Science Review, 28: 168-192.

Alberti, M., Marzluff, J., Shulenberger, E., Bradley, G., Ryan, C., y Zumbrunnen, C. 2003. Integrating humans into ecology: Opportunities and challenges for studying urban ecosystems. BioScience, 53: 1169-1179.

Altringham, J.D. 2011. Bats, from Evolution to Conservation. Second edition. Oxford University Press, Oxford.

Andrade-Hernández, K.K. 2015. Efecto de la ubicación espacial de redes de niebla (borde e interior) en la diversidad de murciélagos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biologías y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz México.

Ávila-Flores, R. y Fenton, M. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. Journal of Mammalogy, 86: 1193-1204.

Ávila-Flores, R., Flores-Martínez, J.J. y Ortega, J.R. 2002. *Nyctinomops laticaudatus*. Mammalian Species, 697: 1-6.

Ballesteros, C.J. y Racero-Casarrubia, J. 2012. Murciélagos del área urbana en la ciudad de Montería Córdoba-Colombia. Revista MVZ Córdoba, 17: 319-3199.

Basáñez-Muñoz, A.J. 2005. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). México: Ramsar.

Beninde, J., Veith, M., Hochkirch, A., Haddad, N. 2015. Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. Ecology Letters, 18: 581-592.

Briones-Salas, M., Peralta-Pérez, M. y García-Luis, M. 2013. Caracterización acústica de nuevos registros de murciélagos para el Estado de Oaxaca, México. THERYA, 4: 15-32.

Berry, N., O'Connor, W., Holderied, M.W. y Jones, G. 2004. Detection and avoidance of harp traps by echolocating bats. Acta Chiropterologica, 6: 335-346.

Britzke, E.R., Gillam, E.H. y Murray, K.L. 2013. Current state of understanding of ultrasonic detectors for the study of bat ecology. Acta Theriologica. 58: 109-117.

Broders, H.G., Forbes, G.J., Woodley, S. y Thompson, I.D. 2006. Range extent and stand selection for roosting and foraging in forest-dwelling northern long-eared bats and little brown bats in the Greater Fundy Ecosystem, New Brunswick. Journal of Wildlife Management, 70: 1174-1184.

Burgin, C.J., Colella, J.P., Kahn, P.L. y Upham, N.S. 2018. How many species of mammals are there? Journal of Mammalogy, 99: 1-14.

Capaverde, U.D.J., Pacheco, S.M. y Duarte, M.E. 2014. Species of bats (Chiroptera) in urban area of the Boa Vista, Roraima. Barbastella, 7: 1-6.

Ceballos, G. y Arroyo-Cabrales J. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. Revista Mexicana de Mastozoología (nueva época), 2:27-80.

Clarke, K.R. y Warwick, R.M. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. Journal of Applied Ecology, 35: 523-531.

Cleveland, C.J., Betke, M., Federico, P., Frank, J.D., Hallam, T.G., Horn, J.D.L., McCracken, G.F., Medellín, R.A., Moreno-Valdez, A., Sansone, C.G., Westbrook, J.K, y Kunz, T.H. 2006. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. Frontiers in Ecology and the Environment, 4: 238-243.

Coates, R., Ramírez-Lucho, I. y González-Christen, A. 2017. Una lista actualizada de los murciélagos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Revista Mexicana de Biodiversidad, 88: 349-357.

Colwell, R.K. 2013. Estimates: statistical estimates of species richness and species compared to samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.

Colwell, R.K. y Coddington, J.A. 1994. Estimation of terrestrial biodiversity by extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, 345: 101-118.

CONAPO. 2012. Sistema urbano nacional 2012. Consejo Nacional de Población. México. 9pp.

Cú, J. 2009. Efectos de la luz en la actividad de los murciélagos insectívoros en la ciudad de San Francisco de Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias químico-biológicas. Universidad autónoma de Campeche. Campeche, Campeche México.

Czech, B., Krausman, P., Devers, P. 2000. Economic associations among causes of species endangerment in the United States. Bio Science, 50: 593-601.

Dietz, C., von Helversen, O., Nill. D. 2009. Bats of Britain, Europe & Northerwest Africa. A&C Black, London.

Dolan, P.G. 1989. Systematics of Middle American mastiff bats of the genus Molossus. Special Publications of the Museum, Texas Tech University, 29: 1-17.

Duchamp, J. y Swihart, R. 2008. Shifts in bat community structure related to evolved traits and features of human-altered landscapes. Landscape Ecology, 23: 849-860.

Duchamp, J.E., Sparks, D.W. y Whitaker Jr, J.O. 2004. Foraging-habitat selection by bats at an urban–rural interface: Comparison between a successful and a less successful species. Canadian Journal of Zoology, 82: 1157-1164.

Dumont, E.R. y Swartz, S.M. 2009. Biomechanical Approaches and Ecological Research for the study of bats: 257-300 In: Ecological and behavioral methods for the study of bats. Kunz T.H and Stuart P. (eds). 2nd ed. Johns Hopkins University Press. Baltimore, USA.

Ellison, L., Óshea, T., Neubaum, D. y Bowen, R. 2007. Factors influencing movement probabilities of big brown bats (*Eptesicus fuscus*) in buildings. Ecological Applications, 17: 620-627.

Esbérard, C.E. 2006. Effort of laying nets for bats on consecutive nights in the same place. Brazilian Journal of Zoology, 23: 1093-1096.

Esbérard, C.E., Jesús, A.C., Motta, A.G., Bergallo, H.G. y Gettinger, D. 2005. *Hesperoctenes fumarius* (Hemiptera: Polyctenidae) infesting *Molossus rufus*

(Chiroptera: Molossidae) in Southeastern Brazil. Journal of Parasitology, 91: 465-467.

Estrada, A. y Coates-Estrada, R. 2001. Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, México. Ecography, 24:94-102.

Estrada-Villegas, S., Rodríguez, R. y Barboza, K. (s.f.). Ecolocación: fundamentos, usos y equipos [26 de marzo 2019] http://www.relcomlatinoamerica.net/index.php/bioacustica

Evans, K.L., Newson, S.E., Gaston, K.J. 2009. Habitat influences on urban avian assemblages. International Journal of avian science, 151: 19-39.

Fabianek, F., Gagnon, D. y Delorme, M. 2011. Bat distribution and activity in Montréal Island green spaces: responses to multi-scale habitat effects in a densely urbanized area. Ecoscience, 18: 9-17.

Faeth, S., Bang, C. y Saari, S., 2011. Urban biodiversity: patterns and mechanisms. Annals of the New York Academy of Sciences, 1223, pp. 69-81.

Feinsinger, P. 2003. El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. (ed) FAN. Santa Cruz, Bolivia. 236-242 pp.

Fenton, M.B. 1988. Detection, recording and analysis of bat vocalizations. Pages. 31-45, in: Ecological and behavioral methods for the study of bats (T.H. Kunz, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, DC, 533.

Fenton, M.B. 1990. The foraging behaviour and ecology of animal-eating bats. Canadian Journal of Zoology, 68: 411-422.

Fenton, M.B. 2000. Choosing the "correct" bats detector. Acta Chiropterologica, 2: 215-224.

Fenton, M.B. y Simmons, N. 2014. Bats: a world of science and mystery. University of Chicago Press. 105 y 240.

Figueroa-Suárez, N.M. 2017. Murciélagos insectívoros en dos condiciones ambientales en el municipio de Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz.

Ford, W.M., Menzel, M.A., Rodriguez, J.L., Menzel, J.M. y Johnson J.B. 2005. Relating bat species presence to simple habitat measures in a central Appalachian forest. Biological Conservation, 126: 528-539.

Galindo-González, J. 2004. Clasificación de los murciélagos de la Región de Los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. Acta Zoológica Mexicana, 20: 239-243.

Garza, G. 2010. La Transformación Urbana de México, 1970-2020. En: Los Grandes Problemas de México: Desarrollo Urbano y Regional (Garza, G. y Schteingart, M., eds), El Colegio de México, D.F., pp. 31-86.

Gehrt, S. y Chelsvig, J. 2003. Bat Activity in an Urban Landscape: Patterns at the Landscape and Microhabitat Scale. Ecological Applications, 13: 939-950.

Germaine, S.S. y Wakeling, B.F. 2001. Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA. Biological Conservation, 97: 229-237.

Gilbert, O.L. 1989. The ecology of urban habitats. Chapman & Hall, London, United Kingdom.

Goméz-Ruiz, E.P. 2006. Actividad de murciélagos (Chiroptera) en cuerpos de agua y su relación con variables ambientales en la reserva de la biosfera la Michilia, Durango. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, Durango, Durango.

Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X. y Briggs, J.M., 2008. Global change and the ecology of cities. Science, 319: 756-760.

Grindal, S. y Brigham, R. 1999. Impacts of forest harvesting on habitat use by foraging insectivorous bats at different spatial scales. Ecoscience, 6: 25-34.

Hayes, J. 1997. Temporal variation of bats activity and design of echolocation monitoring studies. Mammalia, 78: 514-524.

Henderson, L.E. y Broders, H.G. 2008. Movements and Resource Selection of the Northern Long-Eared Myotis (*Myotis septentrionalis*) in a Forest-Agriculture Landscape. Journal of Mammalogy, 89: 952-963.

Hernández-Hernández, V.H. 2015. Diversidad de mamíferos terrestres medianos y grandes del municipio de Tuxpan, Veracruz**.** Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Hortal, J., Pavilion, B. y Gaspar, C. 2006. Evaluation of the performance of species richness estimators: sensitivity to grain size of the sample. Journal of Animal Ecology, 75: 274-287.

Huston, M. 1994. Biological Diversity. The coexistence of species on changing landscapes. Cambridge University Press, New York

Hutson, A.M., Mickleburgh, S.P. y Racey, P.A. 2001. Microchiroptera bats: global status and conservation action plan. International Union for Conservation of

Nature / Species Survival Commission Chiropractic Expert Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 258 pp.

INEGI. 2009. Página del Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. “Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Tuxpan.

INEGI. 2010. Cuéntame. Población rural y urbana. [15 de mayo 2018] http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx

INEGI. 2015. Cuéntame. Población Veracruzana. [27 de mayo 2018] http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/poblacion/

Jones, G. 1999. Scaling of echolocation call parameters in bats. Journal of Experimental Biology, 202: 3359-67.

Jones, G., Jacobs, D.S., Kunz, T.H., Willig, M.R. y Racey, P.A. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. Endangered Species, 8: 93-115.

Juárez-Hernández, R., Carrera-Hernández R., Bello-Gutiérrez J. y Hidalgo-Mihart M.G. 2008. Relación de la riqueza de murciélagos con variables del paisaje en la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Semana de Divulgación y Video Científico.

Jung K., Kalko, E.K. 2011 Adaptability and vulnerability of high-flying Neotropical aerial insectivorous bats to urbanization. Diversity and Distributions, 17: 262-274.

Jung, J., y Threlfall, C.G. 2016. Urbanization and its effects on bats – a global meta-analysis. In: Voigt, C.C. y Kingston, T. (eds) Bats in the anthropocene:

Conservation of bats in a changing world. Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World Springer. Pp 13-33

Kalko, E.K.V. 1995. Insect pursuit, prey capture and echolocation in pipestirelle bats (Microchiroptera). Animal Behaviour, 50: 861-880.

Kalko, E.K.V. y Schnitzler, H.U. 1989. The echolocation and hunting behavior of Daubenton's bat, *Myotis daubentoni*. Behavioral Ecology and Sociobiology, 24: 225- 238.

Kalko, E.K.V., Estrada-Villegas, S., ScHmidt, M., Wegmann, M. y Meyer, C.F.J. 2008. Flying high - assessing the use of the aerosphere by bats. Integrative and Comparative Biology, 48:60-73.

Kovach, W.L. 2000. MVSP A multi-variate statistical package for Windows, version 3.1. Kovach Computing Services, Penthraeth.

Kunz, T.H. y Lumsden, L.F.2003. Ecology of cavity and foliage roosting bats. Pp. 3-69, in Ecology of bats (T. H. KUNZ AND M. B. FENTON, eds.). The University of Chicago Press, Chicago and London, 798 pp.

Kunz, T.H., Torrez, E.B., Bauer, D., Lobova, T. y Fleming, T.H. 2011. Ecosystem services provided by bats. Annals of the New York Academy of Sciences, 1223:1-38.

La Val, R.K. y Bernal, R.H. 2002. Bats from Costa Rica. National Institute of Biodiversity, INBio. 320.

Lara-Domínguez, A.L., López-Portillo, J., Ávila-Ángeles, A. y Vázquez-Lule, A.D. 2009. Caracterización del sitio de manglar Tuxpan, en Comisión Nacional para

el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.

Li, H. y Wilkins, K.T. 2014. Patch or Mosaic: bat activity responds to fine-scale urban heterogeneity in a medium-sized city in the United States. Urban Ecosystem, 17: 1013-1031.

Lisón, F. 2011. Clave de identificación para las llamadas de ecolocación de los murciélagos de la Península Ibérica. Pp. 1-29.

Luniak, M. 2004. Synurbization—adaptation of animal wildlife to urban development. Pp. 50–55 in Proceedings 4th International Urban Wildlife Symposium (W. W. Shaw, L. K. Harris, and L. VanDruff, eds.). University of Arizona, Tucson.

MacSwiney, M.C., Bolívar. B., Clarke. F.M. y Racey. P.A. 2006. Nuevos registros de *Pteronotus personatus* y *Cynomops mexicanus* (Chiroptera) en el estado de Yucatán, México. Revista Mexicana de Mastozoología, 10: 80-87.

MacSwiney, M.C., Bolívar-Cime, B., Clarke, F.M. y Racey, P.A. 2009. Insectivorous bat activity at cenotes in the Yucatan Peninsula, Mexico. Acta Chiropterologica, 11: 139-147.

MacSwiney, M.C., Clarke, F.M. y Racey, P.A. 2008. What we see is not what we get: the role of ultrasonic detectors in increasing the completeness of inventory in neotropical bat sets. Journal of Applied Ecology, 45: 1364-1371.

Magurran, A. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Publishing. Great Britain. 256 pp.

McKinney, M. 2002. Urbanization, biodiversity and conservation. BioScience, 52: 883-890.

McKinney, M.L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. Biological Conservation, 127: 247-260

Medellín, R., Equihua, M. y Amin, M. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforests. Conservation Biology, 14:1666-1675.

Medellín, R.A., Arita, H.T. y Sánchez, O. 2008. Identificación de los murciélagos de México clave de campo. Segunda Edición. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, instituto de ecología UNAM.

Menzel, J.M., Menzel, M.A. Kilgo, J.C. Ford, W.M. Edwards, J.W. y McCracken, G.F. 2005. Effect of habitat and foraging height on bat activity in the coastal plain of South Carolina. Journal of Wildlife Management, 69: 235-245.

Menzel, J.M., Menzel, M.A., Kilgo, J.C., Ford, W.M., Edwards, J.W. y McCracken, G.F. 2005. Effect of habitat and foraging height on bat activity in the coastal plain of South Carolina. Journal of Wildlife Management, 69: 235-245.

Menzel, J.M., Menzel, M.A., McCracken, G.F., y Chapman, B.R. 2000. Notes on bat activity above the forest canopy in the eastern United States. Georgia Journal of Science, 58: 212-216.

Miller, B.W. 2001. A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. Acta Chiropterologica, 3: 93-105.

Montiel, S., Estrada, A. y Léon, P. 2006. Bat assemblages in a naturally fragmented ecosystem in the Yucatan peninsula, Mexico: species richness, diversity and spatio-temporal dynamics. Journal of Tropical Ecology, 22: 267-276.

Morales-Echeverría, I. 2015. Diversidad de murciélagos en el área privada de conservación “Talhpan”, Papantla de Olarte, Veracruz. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz México.

Morales-Martínez, I. 2015. Aves del municipio de Tuxpan, Veracruz: Diversidad y complementariedad. Universidad Veracruzana. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz, México.

Moreno, C.E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, CYTED, ORCYT/UNESCO Y SEA. Zaragoza, España. 84.

Moreno, C.E. y Halffter, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. Journal of Applied Ecology, 37: 149-158.

Moreno, C.E., Arita, H.T. y Solis, L. 2006. Mechanisms of morphological assembly in assemblages and sets of neotropical bats within a landscape. Ecology, 149: 133-140.

Moreno, C.E., Castillo-Campos, G. y Verdú, J.R. 2009. Taxonomic diversity as complementary information to assess plant species diversity in secondary vegetation and primary tropical deciduous forest. Journal of Vegetation Science, 20: 935–943

Neuweiler, G. 1989. Foraging ecology and audition in echolocating bats. Trends Ecology and Evolution, 4: 160-166.

Norberg, U.M. y Rayner, J.M.V. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia; Chiroptera): wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Biological Sciences, 316: 335-427.

Nowak, R.M. 1999. Bats of the world. 6a ed. Johns Hopkins University, Baltimore, US, 2: 569-1362.

O'Farrell M.J., Corben, C. y Gannon, W. L. 2000. Geographic variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*). Acta Chiropterologica, 2:185-196.

O'Farrell, M.J. y Miller, B.W. 1999. Use of recordings for the inventory of free-flying neotropical bats. Biotropica, 31: 507-516.

ONU-Hábitat. 2012. Estados de las ciudades de América latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. Programa de las Naciones Unidas para los asentamientos Humanos, Brasil.

ONU-Hábitat. 2016. Por un mejor futuro urbano. Programa de las Naciones Unidas, apoyo al desarrollo sostenible y a la planificación y construcción de un mejor futuro urbano para las nuevas generaciones.

Orozco-Lugo, L., Guillén-Servent, A., Valenzuela-Galván D. y Arita, H.T. 2014. Descripción de los pulsos de ecolocalización de once especies de murciélagos insectívoros aéreos de una selva baja caducifolia en Morelos, México. THERYA, 4: 33-46.

Ortega-Álvarez, R. y MacGregor-Fors, I. 2011. Dusting off the file: A review of knowledge on urban ornithology in Latin America. Landscape and Urban Planning, 101: 1-10.

Ortega-Álvarez, R. y MacGregor-Fors, I. 2011. Spreading the word: The ecology of urban birds outside the United States, Canada, and western Europe. The Auk, 128: 415-418.

Ortiz-Badillo, R.M. 2015. Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal en el estado de Nuevo León, México. Tesis de grado de Maestro en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales.

Osorio-Chablé, N.R. 2014. Inventario acústico de murciélagos insectívoros en un paisaje urbanizado del municipio de centro, Tabasco. Tesis de licenciatura. División Académica De Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco.

Parsons, S., Boonman, A.M. y Obrist, M.K. 2000. Advantages and disadvantages of techniques for transforming and analyzing chiropteran echolocation calls. Journal of Mammalogy, 81: 927-938.

Patriquin, K.J. y Barclay, R.M.R. 2003. Foraging by bats in cleared, thinned and unharvested boreal forest. Journal of Applied Ecology, 40: 646-657.

Patten, M. 2004. Correlates of species richness in North American bat families. Journal of Biogeography, 31: 975-985

Pattersson Elektronik, A.B. 1996-2001. BatSound Pro - Análisis de sonido. Versión: 3.31b.

Pauchard, A. y Barbosa, O. 2015. Regional assessment of Latin America: rapid urban development and social economic inequity threaten bio- diversity hotspots. In: Elmqvist T et al (eds) Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities. Springer, pp. 589-608

Pech-Canché, J.M., MacSwiney, C.G. y Estrella, E. 2010. Importancia de los detectores ultrasónicos para mejorar los inventarios de murciélagos Neotropicales, THERYA, 1: 227-234.

Pech-Canché, J.M., Moreno, C.E. y Halffter, G. 2011. Additive partitioning of phyllostomid bat richness at fine and coarse spatial and temporal scales in Yucatan, Mexico. Ecoscience, 18:42-51

Pinto, N. y Keitt, T.H. 2008. Scale-dependent responses to forest cover displayed by frugivore bats. Oikos, 117: 1725-1731.

Primack, R.B. 2000. A primer of conservation biology. 2nd ed. Sinauer associates Inc., Sunderland, Massachusetts.

Rascón-Escajeda, J. A. 2010. Uso del hábitat por los murciélagos (Chiroptera) en la cuenca media del rio Nazas. Tesis de Maestría. Instituto CIIDIR-IPN, Unidad Durango. Politécnico Nacional, Victoria de Durango.

Red Latinoamericana para la Conservación de Murciélagos (RELCOM). 2010. Estrategia para la conservación de los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe. 16 pp

Rizo-Aguilar, A. 2008. Descripción y análisis de los pulsos de ecolocación de 14 especies de murciélagos insectívoros aéreos del Estado de Morelos. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Veracruz.

Rodríguez-Aguilar G., Orozco-Lugo C.L., Vleut I. y Vazquez L.B. 2016. Influence of urbanization on the occurrence and activity of aerial insectivorous bats. Urban Ecosystem, 20: 477-488

Romero, A.M.L. 2006. Murciélagos benéficos y vampiros, características, importancia, rabia, control y conservación. AGT Editor, S.A. México, 213.

Russo, D. y Ancillotto, L. 2015. Sensitivity of bats to urbanization: a review. Mammalian Biology, 80: 205-212

Rydell, J., Arita H.T., Santos M. y Granados J. 2002. Acoustic identification of insectivorous bats (Order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. Journal of Zoology, 257: 27-36.

Saldaña-Vázquez, R.A. y Munguía-Rosas, M.A. 2012. Lunar phobia in bats and it ecological correlates: A meta-analysis. Mammalian Biology, 78: 216-219.

Sánchez, F. 2011. La heterogeneidad del paisaje del borde norte de Bogotá (Colombia) afecta la actividad de los murciélagos insectívoros. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica, 14: 71-80.

Savard, J.P.L., Clergeau, P. y Mennechez, G. 2000. Biodiversity concepts and urban ecosystems. Landscape and Urban Planning, 48: 131-142.

Schnitzler, H.U. y Kalko, E. 2001. Echolocation by insect-eating bats. Bioscience, 51: 557-569.

Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B. y Reilly, M.K. 2011. A meta-analysis of global urban land expansion. PloS One, 6: e23777

Severiano-Hernández, C.G. 2018. Diversidad de murciélagos insectívoros en zonas urbanas de Tuxpan, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana, Tuxpan, Veracruz.

Sherwin, R., Gannon, W. y Haymond, S. 2000. The effectiveness of acoustic techniques to infer the differential use of habitat by bats. Acta Chiropterologica, 2: 145-153.

Simmons, J.A., Fenton, M.B. y O'Farrell, M.J. 1979. Echolocation and search of prey by bats. Science, 2: 185-196.

Stone, E.L., Harris, S. y Jones, G. 2015. Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. Mammalian Biology, 80: 213-219.

Tapia, A. B. 2013. Identificación acústica de los murciélagos insectívoros de la Reserva de la Biósfera Ria Lagartos, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán.

Thomas, D.L. y Taylor, E.J. 1990. Study designs and tests to compare the use and availability of resources. Journal of wildlife management, 52: 619-626.

Threlfall, C.G., Law, B. y Banks, P.B. 2012. Sensitivity of insectivorous bats to urbanization: Implications for suburban conservation planning. Biological Conservation, 146: 41-52.

Ticó-Valadéz, L. 2012. Uso de hábitat por murciélagos urbanos en la ciudad de Durango, Durango. Tesis de Maestría

Torres-Morales, L. 2007. Patrones de uso de los hábitats por murciélagos insectívoros del valle del Río Los Pescados, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. México.

Uribe-Bencomo, E.G. 2016. Riqueza y actividad de murciélagos insectívoros en parques urbanos de la ciudad de Mérida, Yucatán, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán México.

Vela-Martínez, R. 2015. El sistema de ciudades en el estado de Veracruz. Tesis de doctorado en gobierno y administración pública. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores Económicos y Sociales.

Voigt, C.C., Kingston, T. 2016. Bats in the Anthropocene. In: Voigt, C.C. y Kingston, T.(eds) Bats in the anthropocene: Conservation of bats in a changing world. Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World, Springer, Pp 1-9

Willig M., Patterson, B. y Stevens, R. 2003. Patterns of range size, richness, and body size in the chiroptera. En: T. H. Kunz y M. B. Fenton, editores. The university of Chicago press. United States. Pp. 580-621

Zar, J. 2010. Biostatistical analysis. Prentice Hall. 5th. USA. 663

Zimmerman, G.S. y Glanz, W.E. 2000. Habitat use by bats in eastern Maine. Journal of Wildlife Management, 64: 1032-1040.

Anexo 1. Catálogo de espectrogramas de las llamadas de ecolocalización de los murciélagos insectívoros para el municipio de Tuxpan Veracruz.

Familia: Molossidae

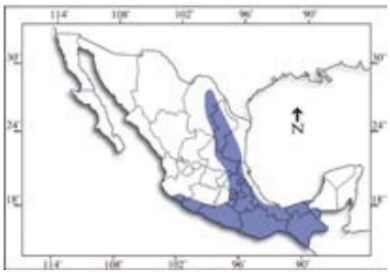
Género: Molossus

Especie: *Molossus molossus*

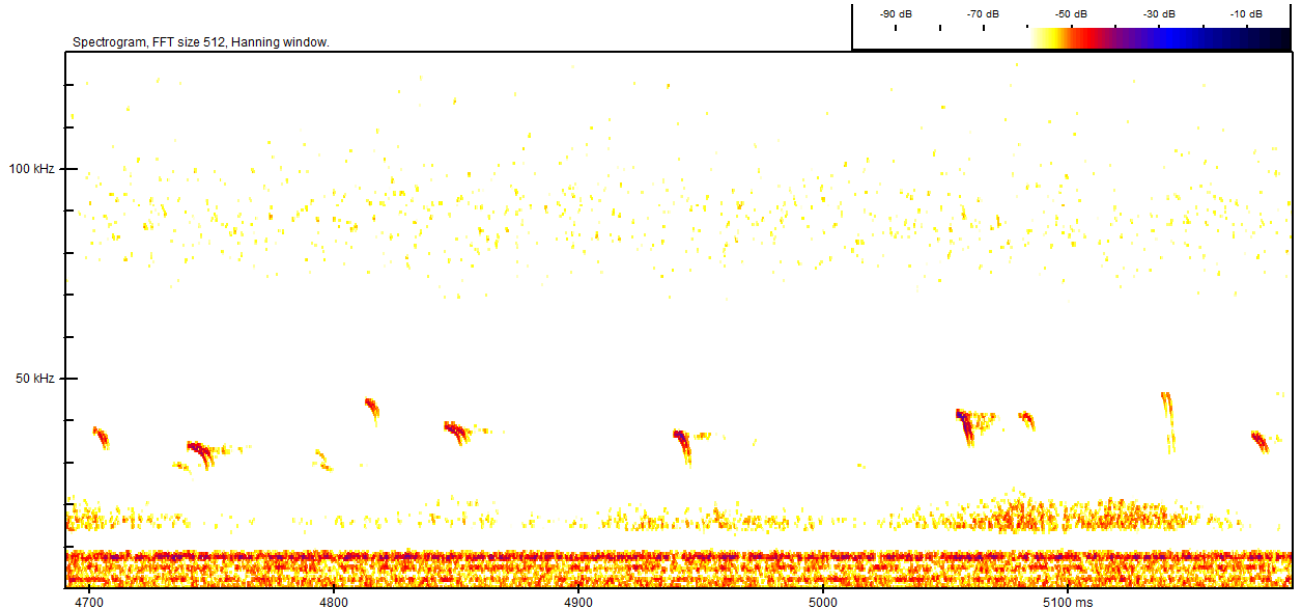
Zona: R, SU y U

Foto:

https://mbopiparaguay.wordpress.com/murcielagos-de-paraguay/molossidae/molossus-molossu/



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)



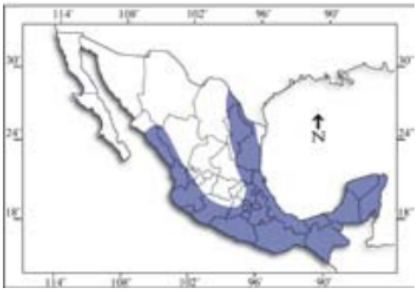
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
MOLOSSUS MOLOSSUS	34.28 khz.	40.84 khz.	10.3 ms.

Familia: Molossidae

Género: Molossus

Especie: *Molossus rufus*

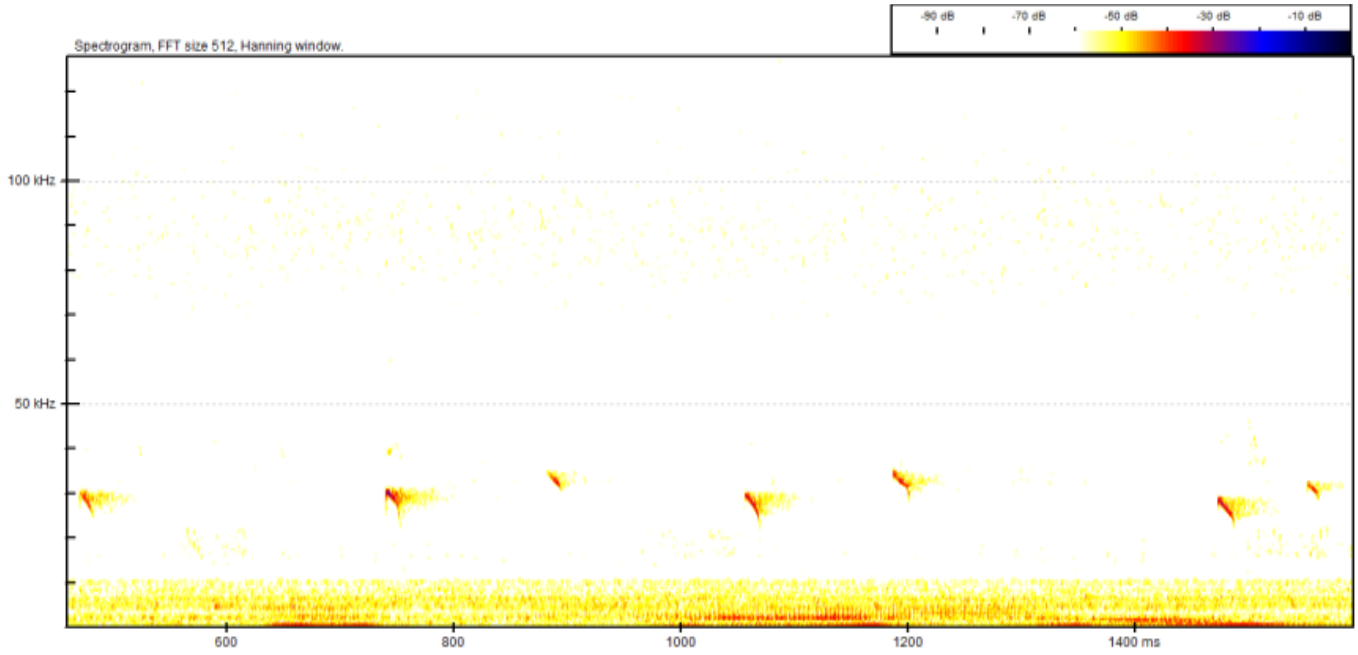
Zona: R, SU y U



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://mbopiparaguay.wordpress.com/murcielagos-de-paraguay/molossidae/molossus-rufus/



	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
MOLOSSUS RUFUS	27.56 khz.	30.76 khz.	10.8 ms.

Familia: Molossidae

Género: Tadarida

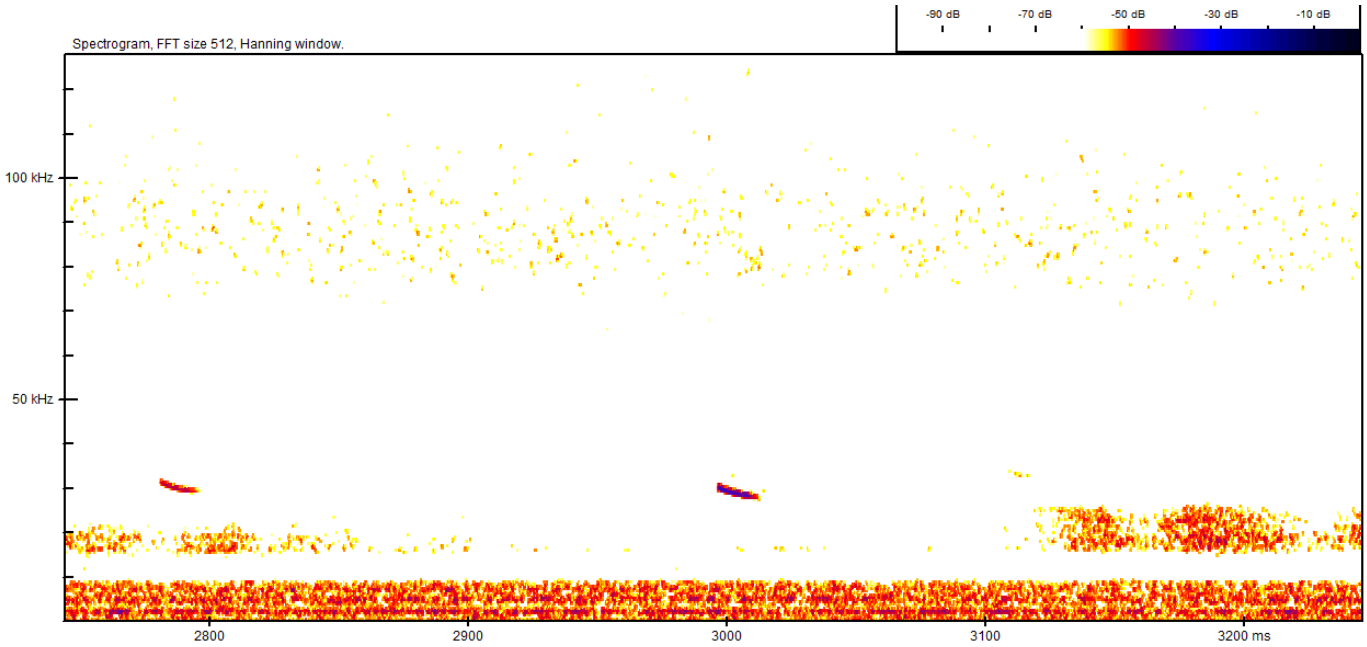
Especie: *Tadarida brasiliensis*

Zona: R, SU y U

Foto:

https://laderasur.com/articulo/todo-sobre-las-mal-llamadas-plagas-de-murcielagos/

(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)



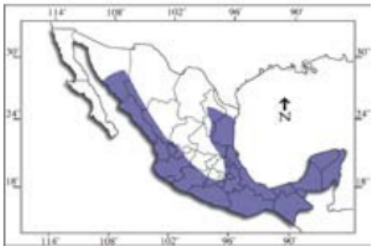
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
TADARIDA BRASILIENSIS	27.05 khz.	31.14 khz.	8.9 ms.

Familia: Mormoopidae

Género: Pteronotus

Especie: *Pteronotus davyi*

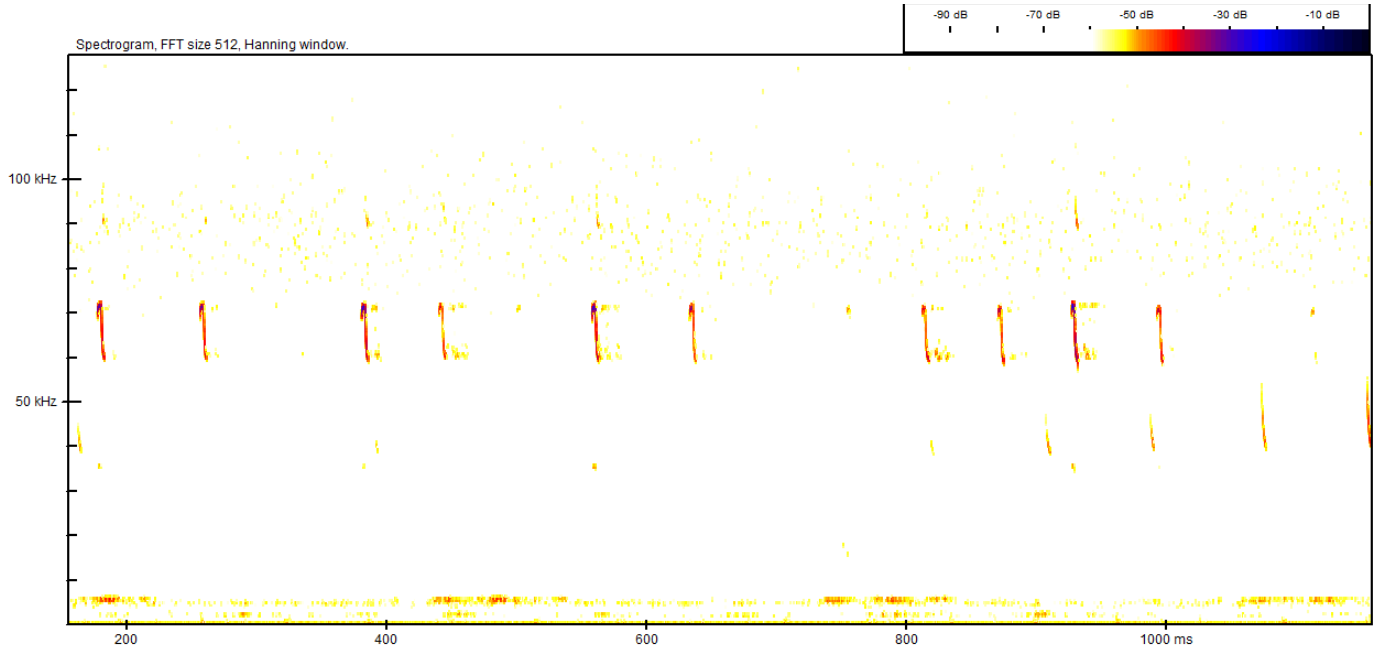
Zona: R y U



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/41219-Pteronotus-davyi



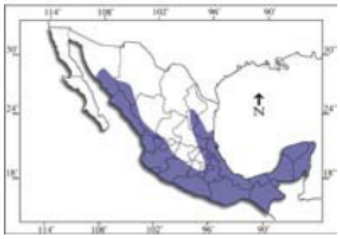
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
PTERONOTUS DAVYI	59.43 khz.	72.41 khz.	7.5 ms.

Familia: Mormoopidae

Género: Pteronotus

Especie: *Pteronotus parnellii*

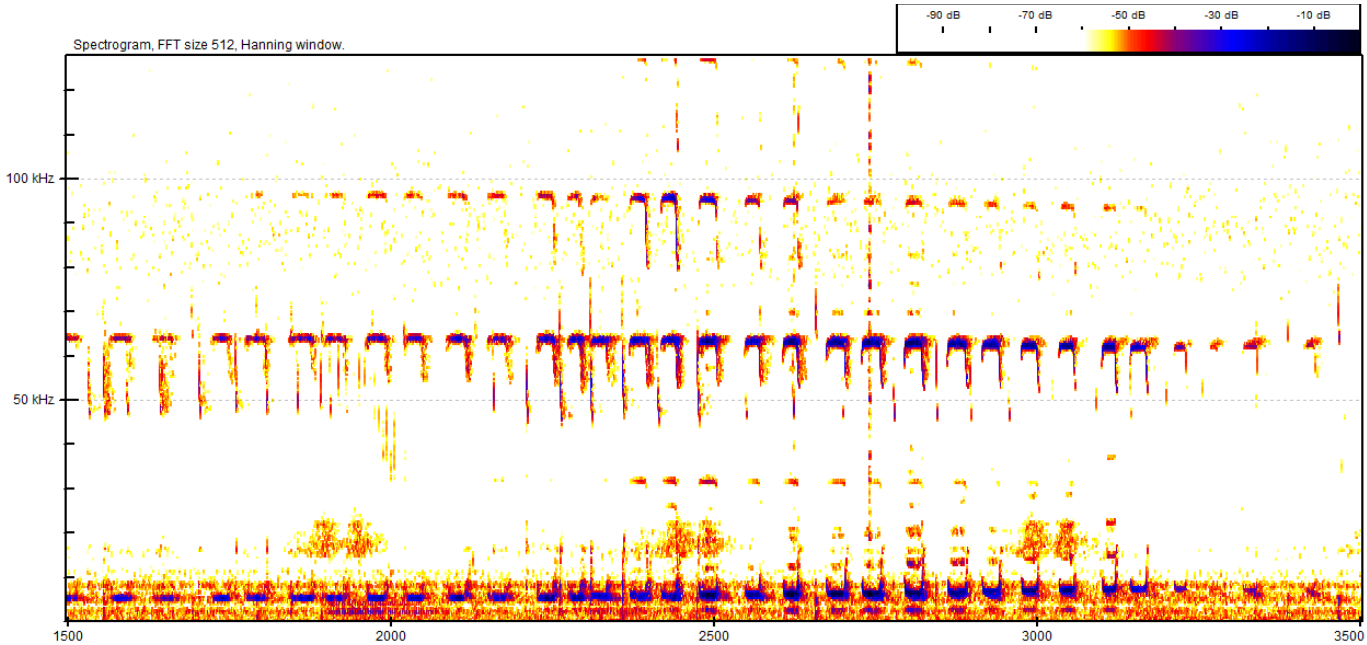
Zona: R, SU y U



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/photos/5884411



	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
PTERONOTUS PARNELLII	54.95 khz.	63.62 khz.	21.3 ms.

Familia: Mormoopidae

Género: Pteronotus

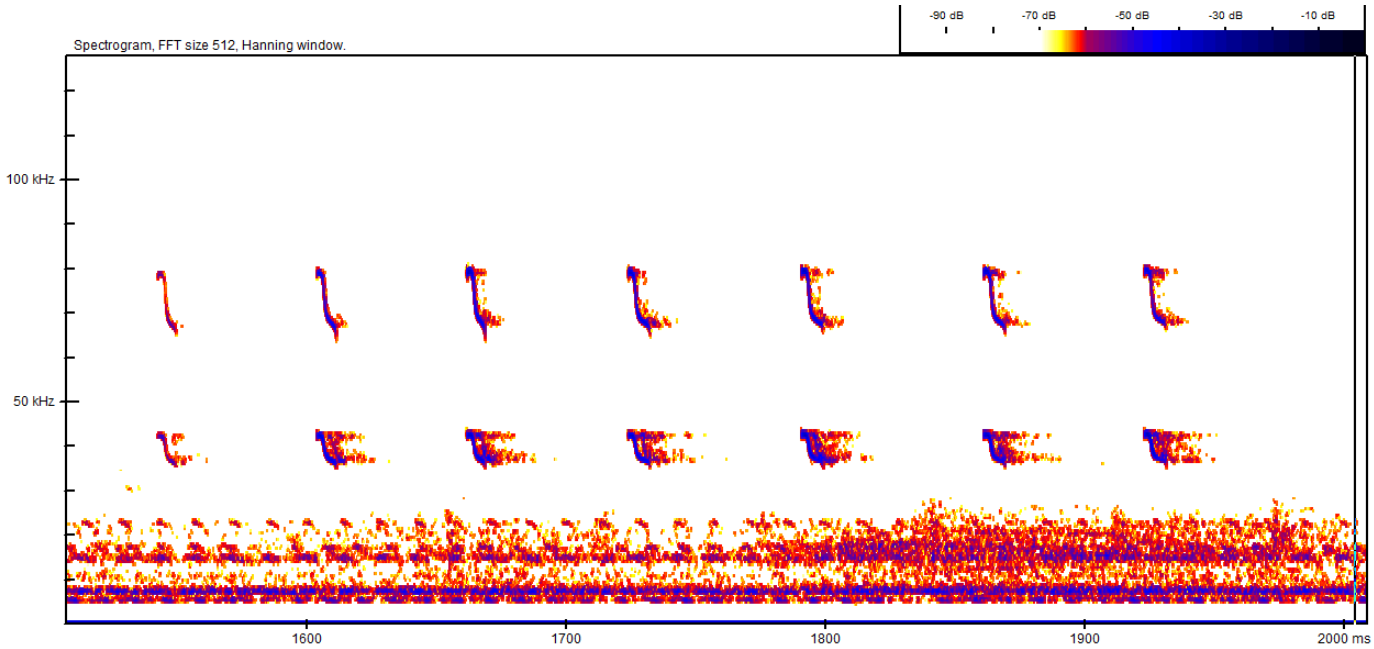
Especie: *Pteronotus personatus*

Zona: SU

(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/443668/tab/taxo?lg=en



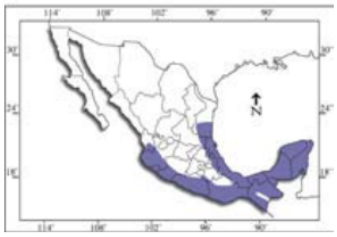
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
EPTESICUS FURINALIS	67.94 khz.	82.11 khz.	5.4 ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Eptesicus

Especie: *Eptesicus furinalis*

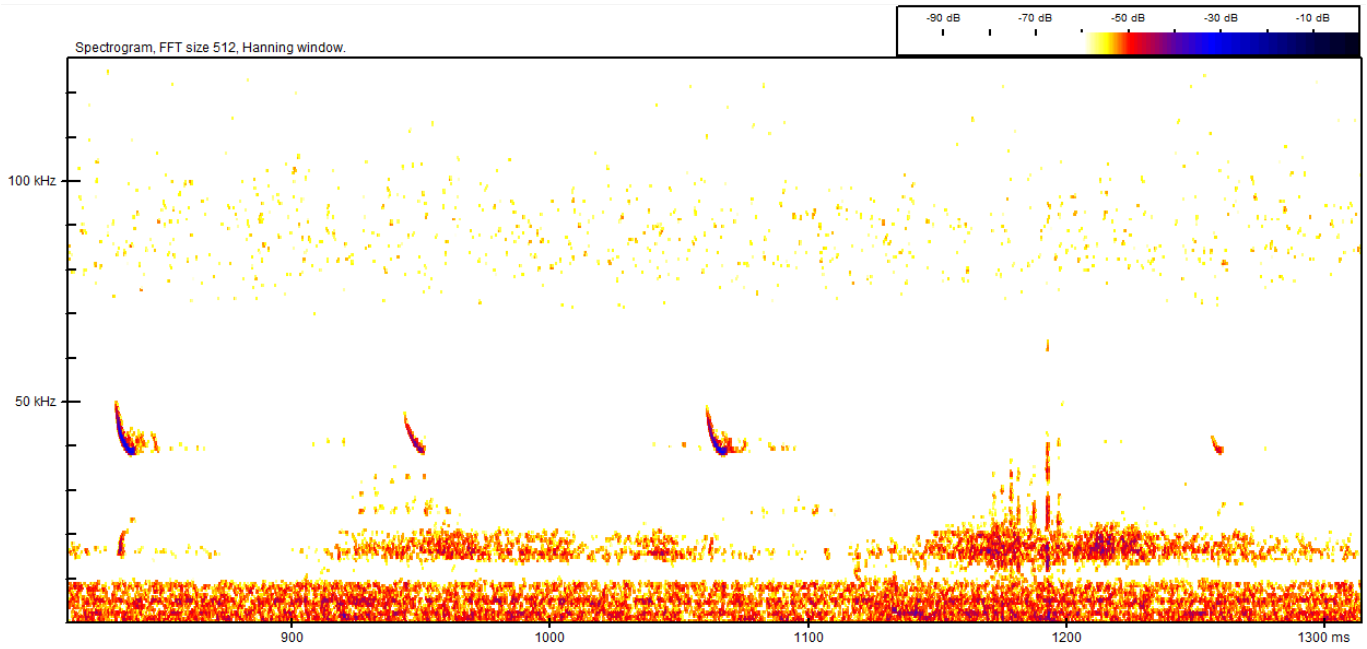
Zona: R, SU y U



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://mbopiparaguay.wordpress.com/murcielagos-de-paraguay/vespertilionidae/eptesicus-furinalis/



	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
PTERONOTUS PARNELLII	37.95 khz.	52-56 khz.	8.4 ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Eptesicus

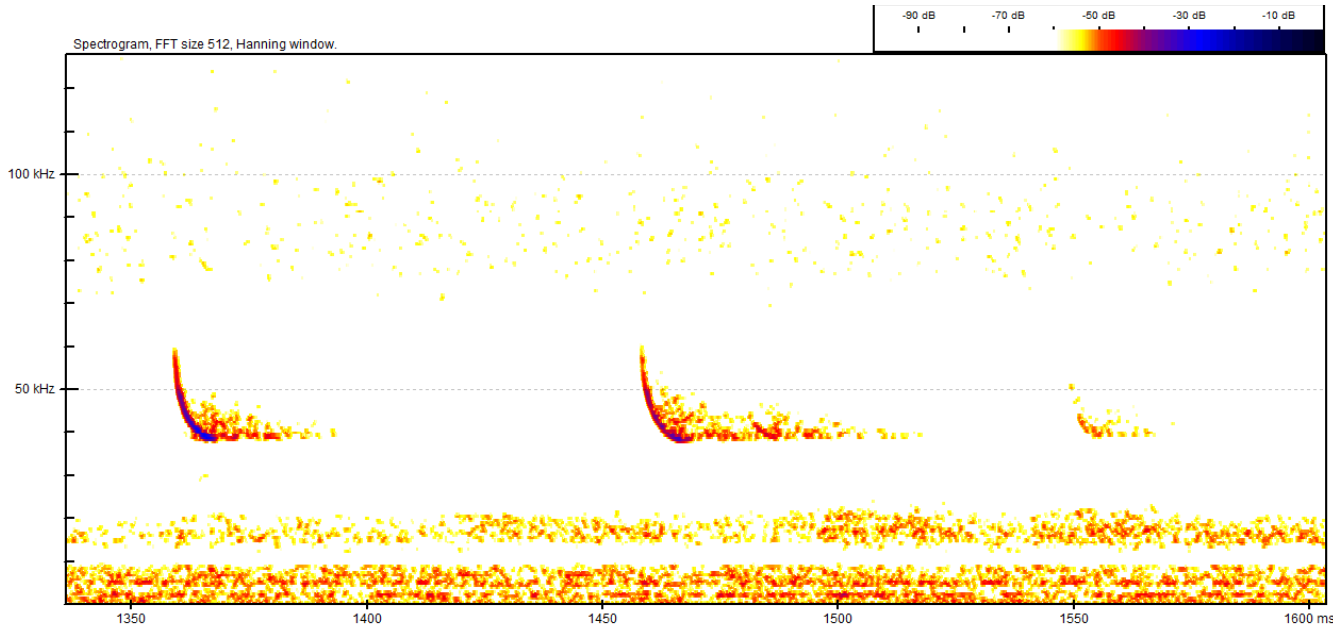
Especie: *Eptesicus fuscus*

Zona: R, SU y U

(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/40509-Eptesicus-fuscus



	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
EPTESICUS FUSCUS	35.49 khz.	55.20 khz.	5.9 ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Lasiurus

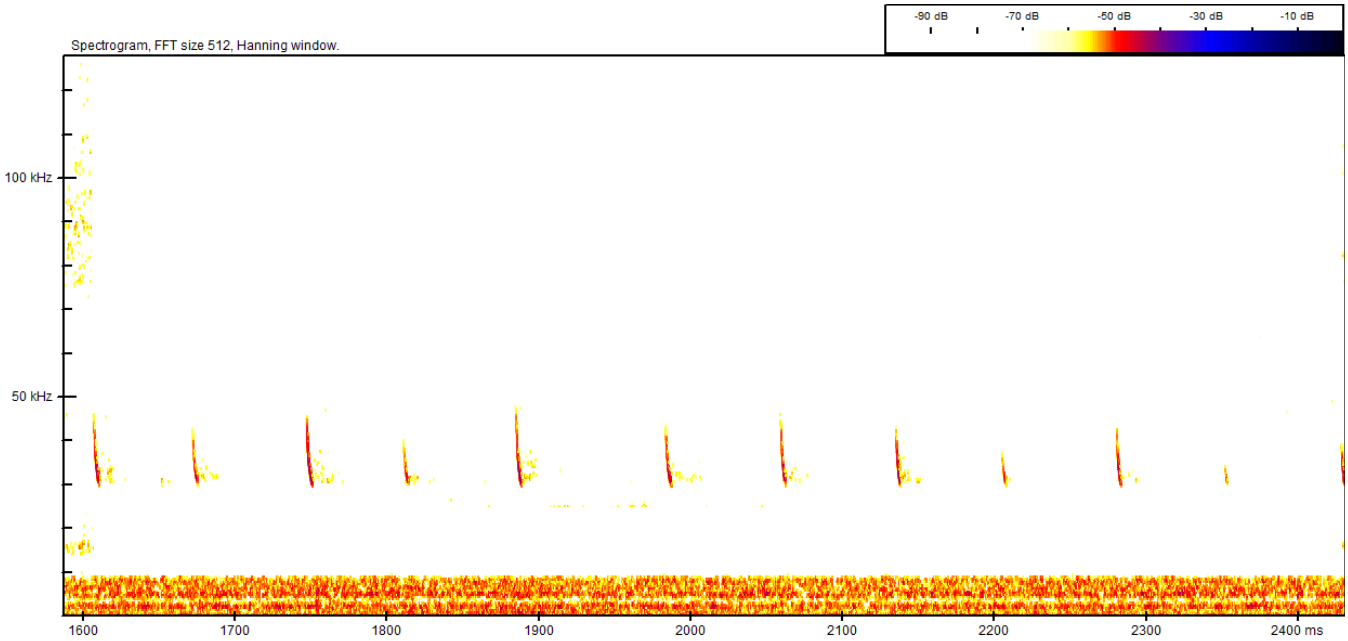
Especie: *Lasiurus cinereus*

Zona: SU y U

(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/40523-Lasiurus-cinereus



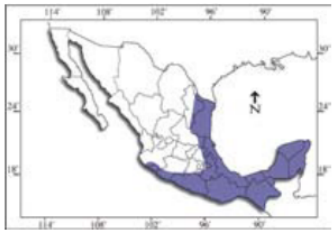
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
LASIURUS CINEREUS	26.79 khz.	42.28 khz.	54.2 ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Lasiurus

Especie: *Lasiurus ega*

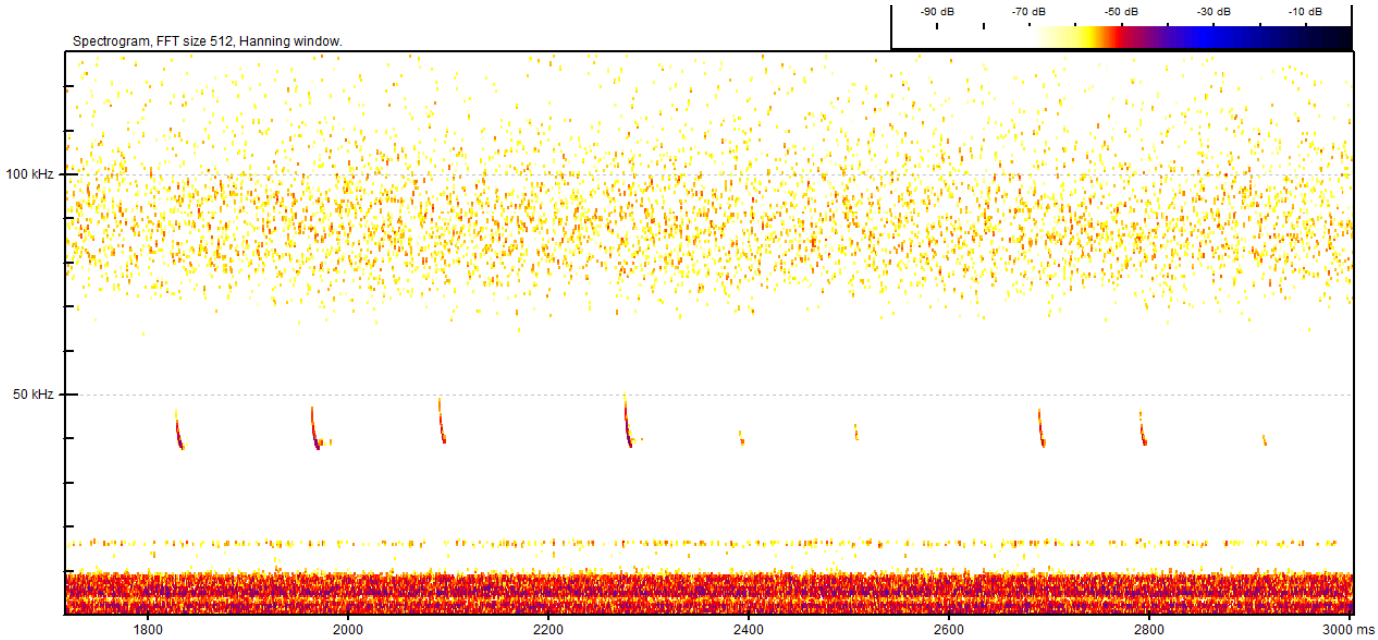
Zona: R, SU y U



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/40526-Lasiurus-ega



	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
LASIURUS EGA	34.6 khz.	45.50 khz.	9.4 ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Myotis

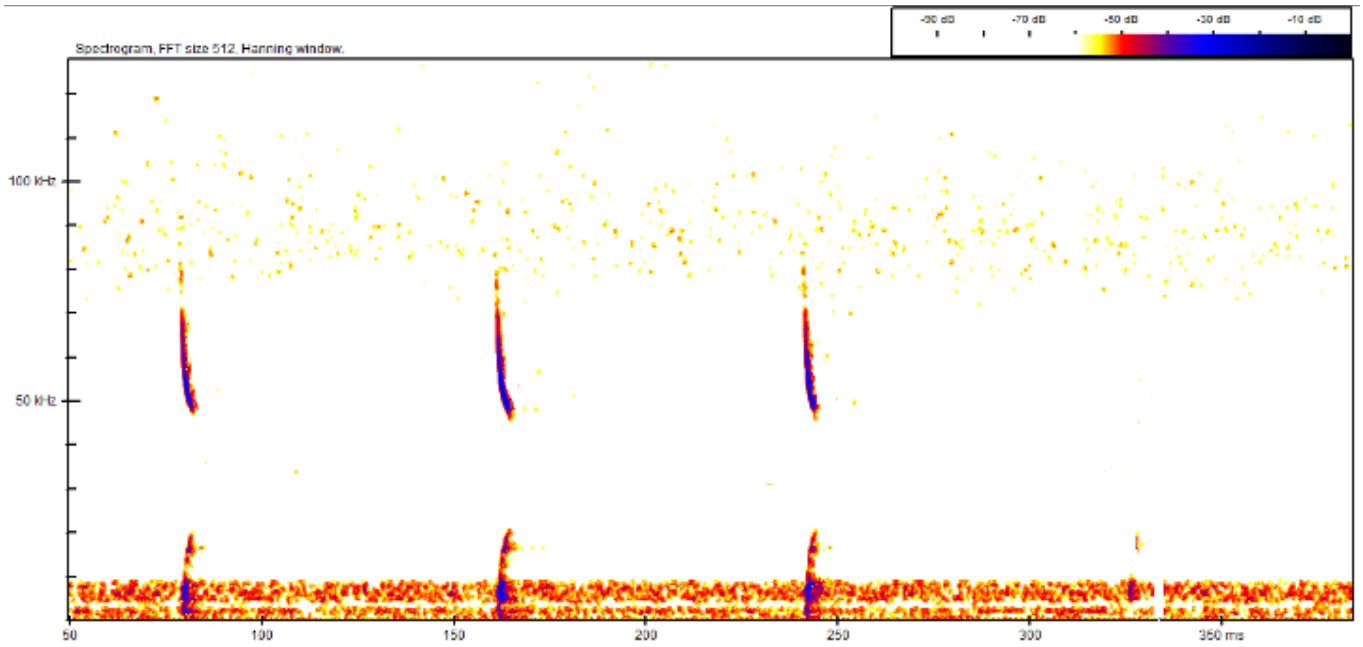
Especie: *Myotis californicus*

Zona: R, SU y U

(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/40342-Myotis-californicus



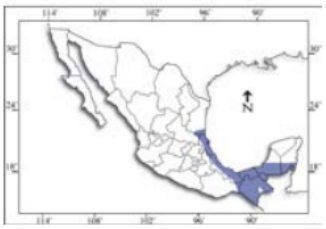
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
MYOTIS CALIFORNICUS	49.39 khz.	79.80 khz.	1.2 ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Myotis

Especie: *Myotis elegans*

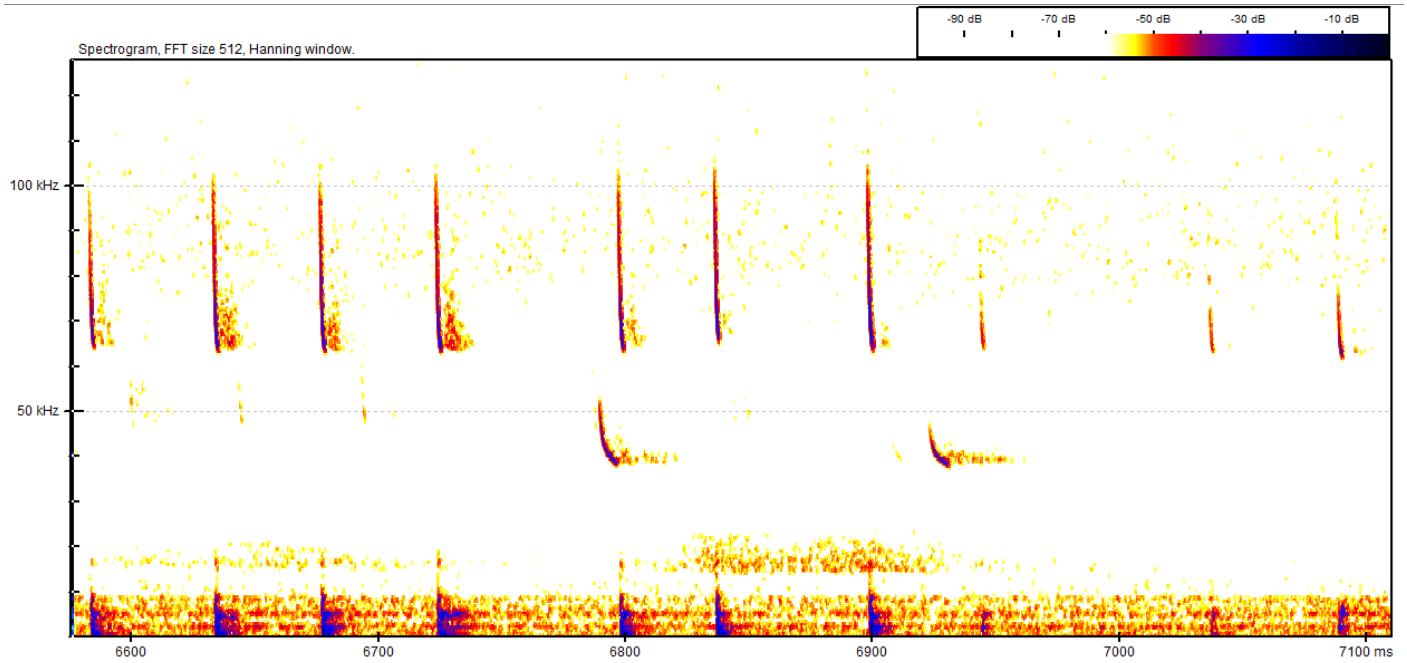
Zona: R



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/40328-Myotis-elegans



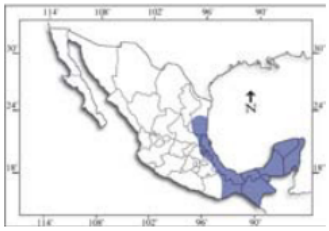
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
MYOTIS ELEGANS	70.41 khz.	100.51 khz.	2.4. ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Myotis

Especie: *Myotis keaysi*

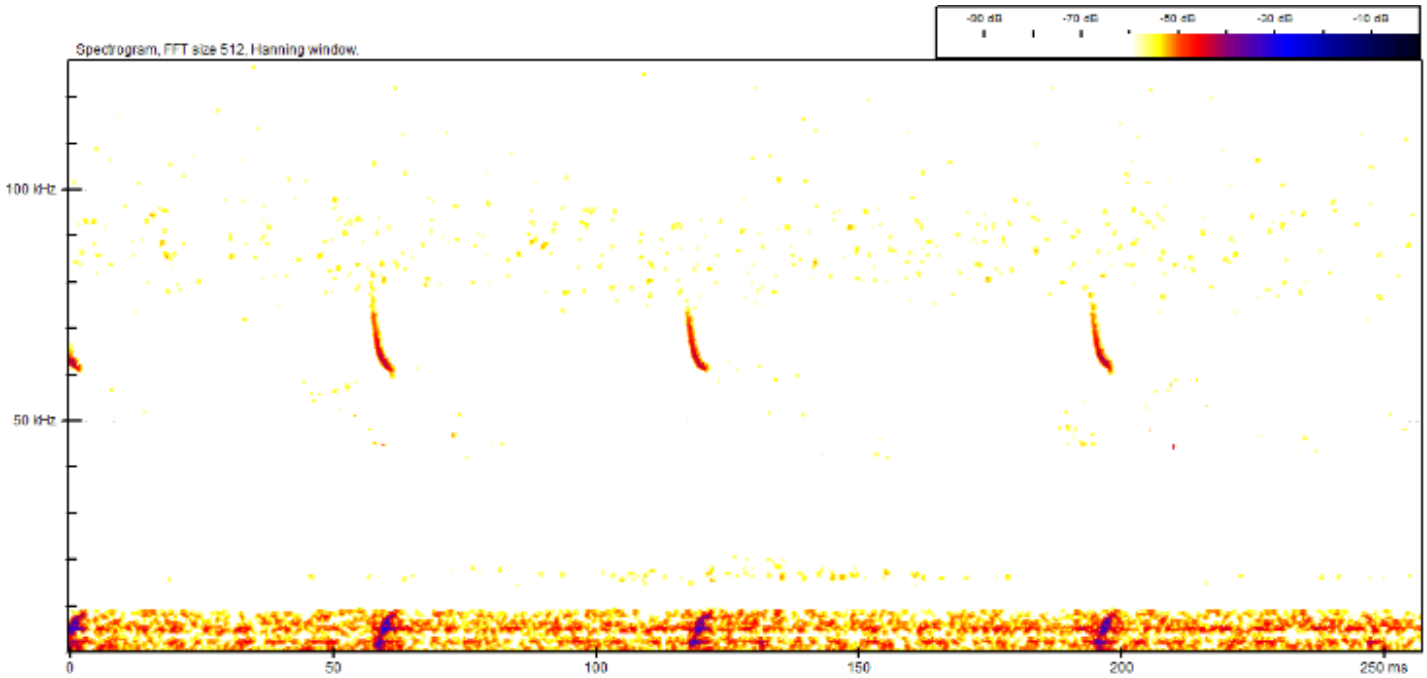
Zona: R y U



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/40341-Myotis-keaysi



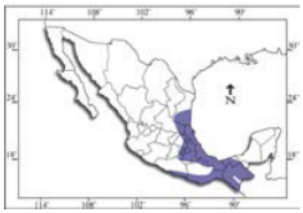
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
MYOTIS KEAYSI	60.11 khz.	78.49 khz.	1.9 ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Myotis

Especie: *Myotis nigricans*

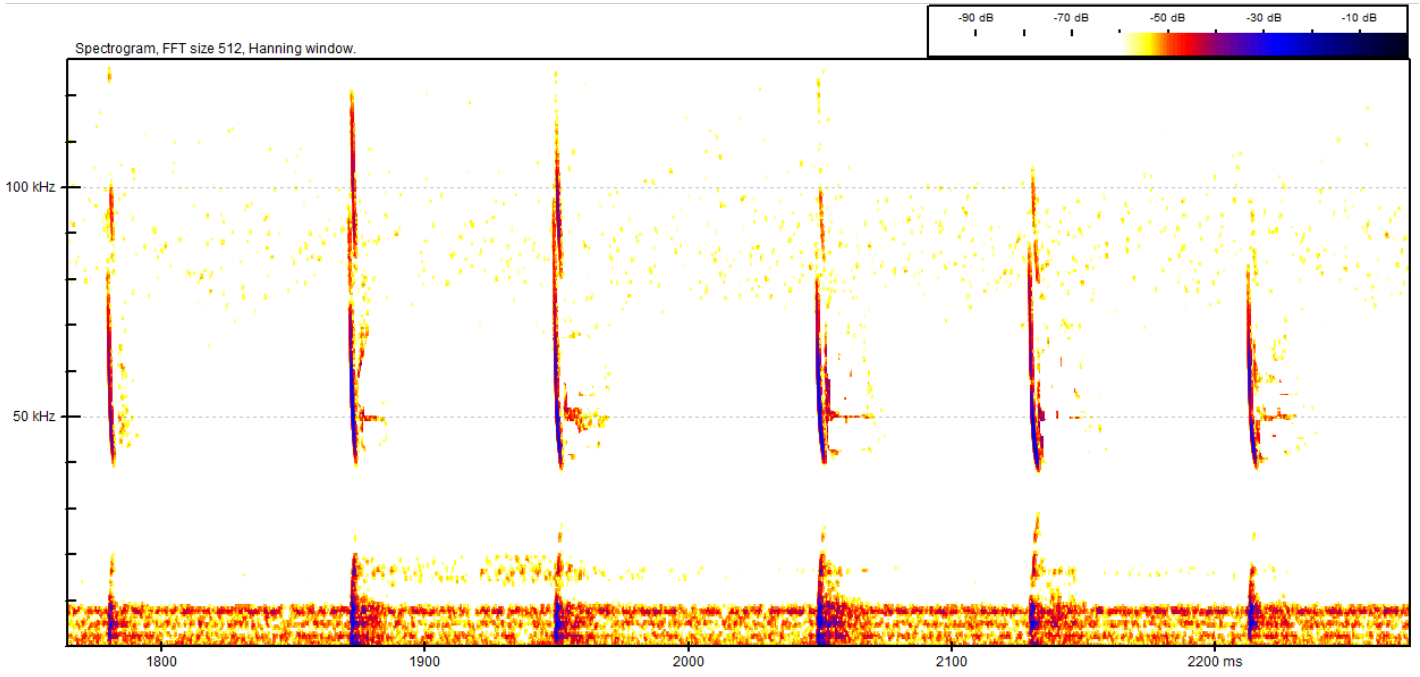
Zona: R, SU y U



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/40286-Myotis-nigricans



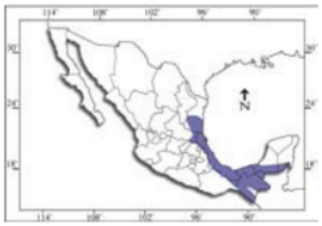
	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
MYOTIS NIGRICANS	47.31 khz.	110.72 khz.	1.3 ms.

Familia: Vespertilionidae

Género: Rhogeessa

Especie: *Rhogeessa tumida*

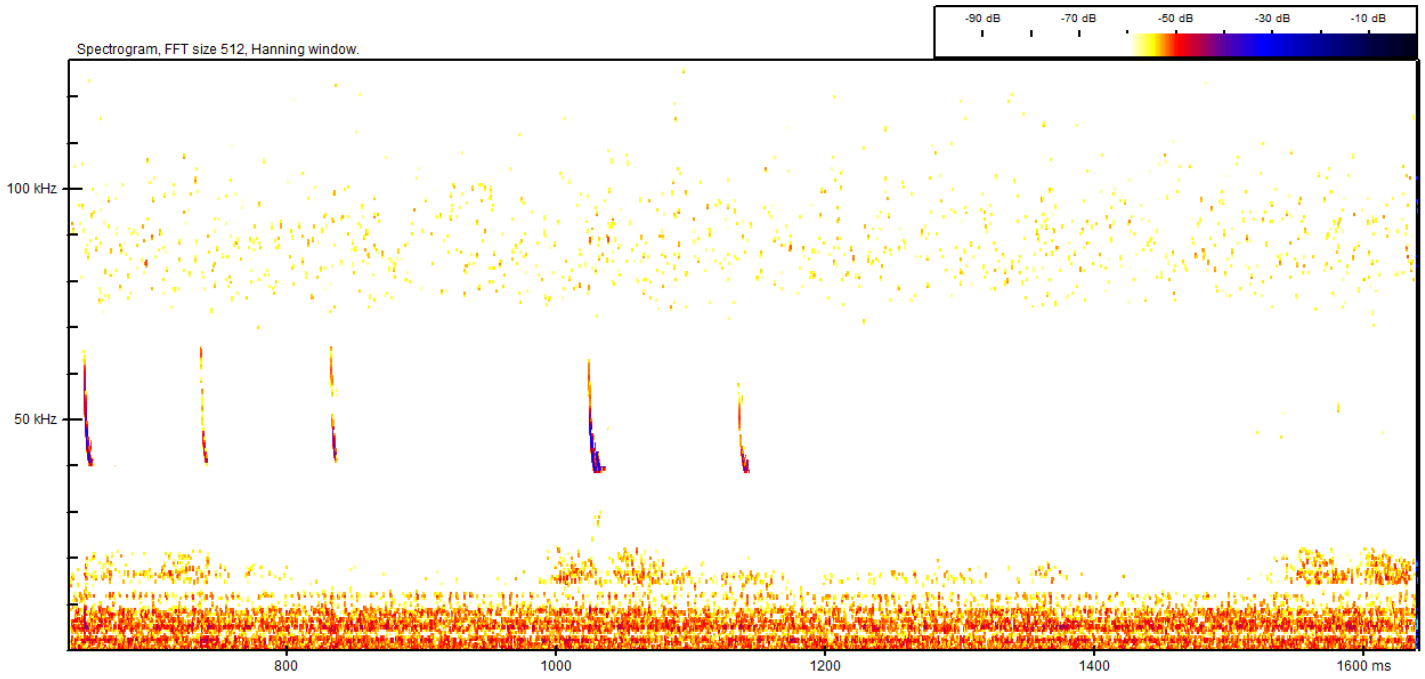
Zona: R, SU y U



(Ceballos y Arroyo – Cabrales, 2012)

Foto:

https://www.naturalista.mx/taxa/40409-Rhogeessa-tumida



	FMIN	FMAX	DURACIÓN PROMEDIO
RHOGEESSA TUMIDA	40.58 khz.	65.39 khz.	4.2 ms.

Sitios	Metros cuadrados (m^2)					Kilómetros (km)			*In situ*
	Rio	Lago	Cultivos	Suelo Desnudo	Vegetación	Mancha Urbana	Carretera Asfaltada	Carretera Empedrada	Lámparas
El Edén	0	9	11	1.97	78.03	0	0	0.62	3
La Marina	0	10.89	0	1.32	87.04	0.75	0.58	0	1
Laguna Ensueño	0	18.91	36.05	4.21	38.45	2.38	0	1.58	14
La Ceiba	0	3	15	27	55	0	0	0.44	2
Unidad Deportiva	32.62	0	7.13	9.47	20.09	30.69	2.34	0	85
Vista Hermosa	0	15.22	9.37	9.41	21	45	1.11	0	50