

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**DISTRIBUCIÓN, ACTIVIDAD Y FORRAJE O DE MURCIÉLAGOS DE LA FAMILIA  
NOCTILIONIDAE EN EL ÀREA NATURAL PROTEGIDA BARRA DE SANTIAGO,  
AHUCHAPÁN, EL SALVADOR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
**GUILLERMO ANTONIO RUGAMAS MELARA**

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**DISTRIBUCIÓN, ACTIVIDAD Y FORRAJE DE MURCIÉLAGOS DE LA FAMILIA  
NOCTILIONIDAE EN EL ÀREA NATURAL PROTEGIDA BARRA DE SANTIAGO,  
AHUCHAPÁN, EL SALVADOR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
**GUILLERMO ANTONIO RUGAMAS MELARA**

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
**LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**DOCENTE ASESORA:**

MSD Virginia Geraldine Ramírez Pineda

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**DISTRIBUCIÓN, ACTIVIDAD Y FORRAJE O DE MURCIÉLAGOS DE LA FAMILIA  
NOCTILIONIDAE EN EL ÀREA NATURAL PROTEGIDA BARRA DE SANTIAGO,  
AHUCHAPÁN, EL SALVADOR**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
**GUILLERMO ANTONIO RUGAMAS MELARA**

TRIBUNAL EVALUADOR:

Licda. Dora Alicia Armero Durán

Licda. Milagro Elizabeth Salinas

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2018

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

RECTOR

**M.Sc. ROGER ARMANDO ARIAS**

SECRETARIO/A GENERAL

**M.Sc. CRISTOBAL RÍOS**

FISCAL GENERAL

**LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN**

DECANO

**LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA**

DIRECTORA DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA

**M.Sc. ANA MARTHA ZETINO CALDERÓN**

SAN SALVADOR, CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2018

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
RESUMEN.....	IV
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1. Antecedentes .....	3
3.2. Ecosistema de manglar.....	4
3.3. Familia Noctilionidae .....	5
3.3.1. Distribución.....	6
3.3.2. Hábitos alimentarios.....	6
3.3.3. <i>Noctilio leporinus</i> .....	6
3.3.4. <i>Noctilio albiventris</i> .....	7
3.4. Ecolocalización .....	8
3.5. Muestreo acústico .....	10
IV. METODOLOGÍA.....	13
4.1. Área de estudio.....	13
4.2. Muestreo.....	14
4.3. Análisis de datos.....	17
V. RESULTADOS .....	18
5.1. Muestreo acústico pasivo.....	18
5.1.1. Distribución de pases.....	18
5.1.2. Sitios de forrajeo (Fases terminales/feeding buzz).....	20

5.1.3. Patrón de actividad.....	24
5.1.4. Marea .....	27
5.2. Muestreo activo.....	38
5.2.1. Pases.....	29
5.2.2. Fases terminales.....	29
VI. DISCUSIÓN.....	32
VII. CONCLUSIONES.....	38
VIII. RECOMENDACIONES.....	39
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Total de pases de <i>N. leporinus</i> y <i>N. albiventris</i> en el interior y entrada de tres canales (El Cajete, El Zapatero y El Embarcadero) para abril y septiembre de 2016 de Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	18
<b>Cuadro 2.</b> Fases terminales en canal y estero.....	20
<b>Cuadro 3.</b> Promedio de Feeding Buzz por canal .....	21
<b>Cuadro 4.</b> Fases terminales (Feeding buzz) canal El Embarcadero. Diferencia marcada en cantidad solo en <i>N. albiventris</i> .....	22
<b>Cuadro 5.</b> Fases terminales (Feeding buzz) canal El Zapatero. Se observa que no se obtuvieron fases terminales en la entrada del canal para ambas especies.....	22
<b>Cuadro 6.</b> Fases terminales (Feeding buzz) canal El Cajete. Solo en este canal se obtuvieron mayor cantidad de fases terminales en la entrada para ambas especies.....	23
<b>Cuadro 7.</b> Promedio de pases por horas.....	24
<b>Cuadro 8.</b> Pases totales marea alta y marea baja.....	29
<b>Cuadro 10.</b> Fases terminales (feeding buzz) Activo Marea alta.....	30
<b>Cuadro 11.</b> Fases terminales (feeding buzz) Activo Marea baja.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Manglar del canal El Embarcadero en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	5
<b>Figura 2.</b> <i>Noctilio leporinus</i> .....	7
<b>Figura 3.</b> <i>Noctilio albiventris</i> .....	8
<b>Figura 4.</b> Vocalización de <i>Noctilio albiventris</i> .....	10
<b>Figura 5.</b> Detector acústico para murciélagos EM3+ full spectrum (Wildlife Acoustics).....	10
<b>Figura 6.</b> Detector acústico para murciélagos SM3 full spectrum (Wildlife Acoustics).....	11

<b>Figura 7.</b> Mapa del Área Natural Protegida Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	13
<b>Figura 8.</b> Canal principal, Barra de Santiago, El Salvador.....	14
<b>Figura 9.</b> Detector acústico SM3BAT en el interior del canal El Zapatero, Barra de Santiago, El Salvador.....	15
<b>Figura 10.</b> Entrada canal El Zapatero, Barra de Santiago, El Salvador.....	16
<b>Figura 11.</b> Feeding buzz de <i>Noctilio leporinus</i> .....	16
<b>Figura 12.</b> Pase de <i>Noctilio leporinus</i> .....	17
<b>Figura 13.</b> Archivos totales y utilizados para muestreo acústico pasivo en tres canales de Barra de Santiago, Ahuachapán para abril y septiembre de 2016.....	18
<b>Figura 14.</b> Pases totales en interior y en entrada de tres canales de Barra de Santiago (El Cajete, El Zapatero y El Embarcadero), para abril y septiembre de 2016, Ahuachapán, El Salvador.....	19
<b>Figura 15.</b> Promedio de pases de <i>N. leporinus</i> (a) y <i>N. albiventris</i> (b) por canal (EC: El Cajete, EE: El Embarcadero, EZ: El Zapatero) en el interior (I) y entrada (E) para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	20
<b>Figura 16.</b> Eventos de caza en canales y estero para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	21
<b>Figura 17.</b> Promedio y desviación estándar de FB de <i>N. leporinus</i> (a) y <i>N. albiventris</i> (b) por canales para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	22
<b>Figura 18.</b> Fases terminales en el canal El Embarcadero para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	23
<b>Figura 19.</b> Fases terminales el canal El Zapatero para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	23

<b>Figura 20.</b> Fases terminales en el canal El Cajete para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	24
<b>Figura 21.</b> Promedio y desviación estándar de pases de <i>N. leporinus</i> (a) y <i>N. albiventris</i> (b) por hora para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, el salvador.....	25
<b>Figura 22.</b> Punto de mayor actividad <i>N. albiventris</i> y <i>N. leporinus</i> canal El Embarcadero (interior) para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	26
<b>Figura 23.</b> Punto de menor actividad de <i>N. albiventris</i> y <i>N. leporinus</i> canal El Zapatero (entrada) para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	26
<b>Figura 24.</b> Feeding buzz por gradiente de marea para <i>N. albiventris</i> (a)(b) para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	27
<b>Figura 25.</b> Feeding buzz por gradiente para <i>N. leporinus</i> para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	27
<b>Figura 26.</b> Pases en marea alta y baja para <i>Noctilio leporinus</i> para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	28
<b>Figura 27.</b> Pases en marea alta y baja para <i>Noctilio albiventris</i> para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	28
<b>Figura 28.</b> Pases en marea alta y baja para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	29
<b>Figura 29.</b> Fases terminales en marea alta para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	30
<b>Figura 30.</b> Fases terminales en marea baja para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.....	31

## RESUMEN

La familia Noctilionidae está compuesta por un género y dos especies de distribución Neotropical (Barquez, 2004). Esta familia agrupa a los murciélagos pescadores. Sin embargo, estos murciélagos no viven solo de peces, sino que también incorpora en su dieta a grandes insectos y anfibios. Esta familia está compuesta por *Noctilio leporinus* y *N. albiventris* (Simmons, 2005).

Este estudio se llevó a cabo debido a la falta de información sobre murciélagos en bosques salados en el país, se utilizó muestreo acústico, un método diferente de los tradicionales como redes de neblina y trampas arpa para la toma de datos, el muestreo acústico tiene la peculiaridad de no ser invasivo para las especies. La investigación se realizó en el Área Natural Protegida Barra de Santiago, entre los meses de abril y septiembre de 2016 en tres canales secundarios (El Cajete, El Zapatero y El Embarcadero) y el canal principal (estero), totalizando 12 noches de grabaciones de las 18 hasta las 5 horas. Se identificó la distribución entre los canales (interior o exterior de los canales), sitios de forrajeo, periodos de actividad y si la marea está relacionada con los eventos de caza. Para la identificación de las mareas se asignó un gradiente de 1 a 12, siendo los valores correspondientes entre 1-6 para marea baja y los valores entre 7-12 para marea alta.

La prueba estadística utilizada para comparar los datos de actividad fue Chi-cuadrado, para los pases totales en el interior y la entrada de los canales secundarios el cálculo de  $X^2$  da un valor significativo ( $X^2=388.790$  con  $P<0.001$ ) por lo que existe una diferencia entre los pases del interior con los de la entrada, teniendo mayor actividad en el interior de estos. La actividad tuvo un comportamiento bimodal durante todas las noches de grabaciones, coincidiendo en las horas de mayor actividad para ambas especies y que se dio en dos picos a lo largo de la noche, este fue entre las 18 y las 20 horas siendo más activo *N. albiventris* con mayor cantidad de pases, luego hubo un periodo de varias horas con cantidad de pases muy reducida y posteriormente se dio el segundo pico de actividad entre las 2 am y las 4 am, en esta ocasión *N. leporinus* tuvo ligeramente mayor actividad. Para los datos de feeding buzz de ambas especies en el gradiente de marea se obtuvo un resultado de Chi cuadrado significativo (con valor de  $P<0.001$ ), por lo que existe una relación entre la marea y las fases terminales, en marea baja hubo mayor cantidad de eventos de caza.

## I. INTRODUCCIÓN

El orden Chiroptera está dividido en dos subórdenes: Yinpterochiroptera que se encuentran restringida al viejo mundo y se compone de seis familias y Yangochiroptera que cuenta con 13 familias (Jones and Teeling, 2006). En El Salvador existen 7 familias de las cuales 6 son insectívoras, y dentro de las 6 familias se encuentra la Noctilionidae. (Owen and Girón, 2012). Los miembros de la familia Noctilionidae se alimentan principalmente de peces, crustáceos e insectos, aunque también consumen otros invertebrados acuáticos (Barquez et al., 2008).

Numerosas adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento han permitido que los murciélagos conquisten una gran cantidad de hábitats, el vuelo y la ecolocalización son las adaptaciones que les han permitido ese gran éxito a los murciélagos (Schnitzler and Kalko, 1998; Kalko et al., 2003).

Debido a esas adaptaciones, los murciélagos han adquirido habilidades que les permite tener un vuelo alto y la capacidad de esquivar objetos principalmente los murciélagos insectívoros y piscívoros, lo que hace un poco inútil a los métodos convencionales como las redes (Rydell, Arita, Santos and Granados, 2002).

El método de muestro acústico ha sido de gran importancia en el estudio de murciélagos insectívoros lo que hace posible la identificación de especies, la descripción de llamados, ampliar listas taxonómicas e identificar sitios de forrajeo (MacSwiney et al., 2009). Debido a esto es fundamental el estudio de murciélagos insectívoros en zonas de manglares en El Salvador utilizando esta metodología, que permite obtener una gran cantidad de información sin ser invasiva.

Este trabajo se enfoca en obtener información de la distribución, actividad y forrajeo de murciélagos de la familia Noctilionidae en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador utilizando muestreo acústico, la identificación de los sitios de mayor interés biológico y como estos son afectados por las mareas. Esta es la primera investigación que se realiza en el país con esta familia y en una zona de manglar utilizando bioacústica.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo general

- Conocer la distribución, actividad y forrajeo de murciélagos de la familia Noctilionidae utilizando muestreo acústico en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

### Objetivos específicos

- Establecer la distribución y si existe diferencia entre puntos de grabación en los canales para las especies de la familia Noctilionidae en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.
- Identificar los sitios de forrajeo y si existe diferencia entre puntos de grabación en los canales para las especies de la familia Noctilionidae en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.
- Determinar los periodos de actividad de la familia Noctilionidae en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.
- Establecer si la marea está relacionada con la actividad de forrajeo de la familia Noctilionidae en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

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

En las zonas neárticas la descripción de las vocalizaciones ha sido realizada para la mayoría de las especies, lo que ha permitido que se lleven a cabo otros estudios relacionados (Fenton y Bell, 1979).

Sin embargo, en los trópicos la gran diversidad de especies dificulta la identificación y descripción de las vocalizaciones, por lo que los estudios han sido muy limitados, otra limitante es que los trabajos sobre este tema están restringidos a algunos países (México, Belice, Costa Rica, Argentina, Venezuela y Panamá) y dentro de ellos a unas cuantas localidades (O'Farrell y Miller, 1997; O'Farrell y Miller, 1999).

El Salvador se ha ocupado la bioacústica para registrar nuevas especies de murciélagos para el país o nuevas distribuciones de especies raras de capturar (Girón 2005; Owen and Girón 2012).

Rydell et al. (2002) en Yucatán, México, utilizaron el detector acústico Petterson D960 y D980 (Pettersson Electronics, Uppsals, Sweden) para grabar las vocalizaciones de 10 especies de murciélagos y formar una biblioteca acústica para el estado.

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

Trejo (2011) estudió la distribución y caracterización acústica de los murciélagos insectívoros en el parque nacional Huatulco en México, los muestreos se realizaron de julio a noviembre y se utilizó un AnaBat SD1 para hacer las grabaciones ultrasónicas. Se logró

la identificación de 13 especies pertenecientes a 5 familias en las cuales está presente la familia Noctilionidae. La especie de la familia Noctilionidae exhibió vocalizaciones características de banda ancha y frecuencia modulada (con una parte de frecuencia constante).

Otro estudio relacionado el comportamiento en la captura de alimento y la ecolocalización en *Noctilio leporinus*, donde se han identificado las horas de mayor actividad de esta especie comenzando entre las 6:00 pm y 7:00 pm con una actividad media y entre 9:00 pm y la media noche que ha sido el período de mayor actividad de esta especie (Kalko et al., 1994).

Además, Kalko (1998) estudió la ecolocalización y el forrajeo de *Noctilio albiventris* en Costa Rica y en Panamá, e identificó que utilizan una combinación de captura de insectos en el aire y chapuzones con la punta del hocico o rastrillado con sus garras a través del agua.

Otro trabajo realizado en Centro América es sobre como los murciélagos aprovechan la ecolocalización y obtienen su comida, donde la estructura y el patrón de señales de aproximación están fuertemente influenciadas por la tarea previa de búsqueda que debe ser resuelta por los murciélagos que se acercan a la comida (Kalko and Schnitzler, 1998).

### **3.2 Ecosistema de manglar**

Los manglares están formados por un conjunto de especies de árboles, arbustos, algunos bejucos y por lo menos tres helechos que se desarrollan en áreas inundadas periódicamente por las mareas en las costas de ciertas regiones tropicales y subtropicales (Wolanski y Boto 1990). Los ecosistemas de manglar constituyen el tipo de vegetación dominante de las costas en la banda tropical y subtropical. Representan un enorme valor científico, económico y cultural para América Latina y el Caribe. Existen manglares en toda América Latina, exceptuando las tres naciones más al sur del continente (Yáñez-Arancibia & Lara-Domínguez, 1999). Son los árboles que sostienen la biodiversidad de los ecosistemas costeros tropicales, en los humedales forestados intermareales y áreas de influencia tierra adentro (Yáñez-Arancibia et al., 1998).

Los bosques de manglar dominan aproximadamente un 75 % de la línea de costa en todo el mundo, se localizan entre los 30° N y los 30° S (Kangas y Lugo, 1990), son considerados sistemas altamente productivos, lo cual es muy variable entre los diferentes tipos de

manglar, como resultado de los gradientes topográficos y las variaciones de la hidrodinámica (Twilley et al., 1986). Son diversos los factores que afectan la estructura y productividad de los bosque de manglar, entre los que se incluyen a la hidrología, la dinámica de nutrientes, el tipo de sedimentos y la salinidad del suelo (Lugo et al., 1988).

Los manglares de la costa Pacífica de Centro América cubren un área aproximada de 320,000 ha. De acuerdo a la geomorfología de la costa, los manglares se clasifican en dos grupos: 1) ambientes con fuerte oleaje y barrera arenosa y 2) ambientes de bajo oleaje y amplio rango de mareas. La vegetación de estos ecosistemas está compuesta por una mezcla de árboles, hierbas, lianas y epifitas (Jiménez, J. A. 1999).

En El Salvador, el área total de bosques salados es de 33000 ha correspondiendo a la Barra de Santiago una extensión aproximada de 1980 ha, o sea, un 5.92 % del área total (Castillo 1980). Entre las especies de mangle presentes en Barra de Santiago están: *Rhizophora racemosa*, *R. mangle*, *Avicennia germinans*, *A. bicolor*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus* (Molina y Esquivel, 1993).



Figura 1. Manglar del canal El Embarcadero en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

### 3.3 Familia Noctilionidae

Compuesta por un género y dos especies de distribución Neotropical (Barquez, 2004).

Esta familia agrupa a los murciélagos pescadores. Sin embargo, estos murciélagos no viven solo de peces, sino que también incorpora en su dieta a grandes insectos y anfibios. Esta familia está compuesta por *Noctilio leporinus* y *N. albibentris* (Simmons, 2005).

### 3.3.1 Distribución

La especie *Noctilio leporinus* se distribuye desde norte de México (Sinaloa) a las Guayanas, Surinam, Brasil, norte de Argentina, Paraguay, Bolivia, Ecuador y Perú, también en Trinidad y Tobago, Antillas Mayores, Menores y sur de Bahamas (Simmons 2005). La especie *Noctilio albiventris* se distribuye desde el sur de México hasta Guayanas, Brasil, Perú, Bolivia y norte de Argentina (Simmons 2005). Su ámbito va desde 0 msnm hasta los 1000 msnm (Fiona, 2009).

### 3.3.2 Hábitos alimentarios

Existen especies de murciélagos insectívoros que poseen combinaciones características de hábitos y de ecolocalización, probablemente reflejando las diferencias en su comportamiento de forrajeo y uso de microhábitats (Mancina, García-Rivera and Miller, 2012).

Algunas especies insectívoras se caracterizan por capturar presas más duras, características que probablemente se deban a diferencias en la altura de vuelo y ecolocalización (Muñoz and Molinari, 2000).

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

### 3.3.3 *Noctilio leporinus*

Llamado comúnmente “murciélago pescador”, *Noctilio leporinus* (Fig.1) habita en zonas de bosque húmedo, desde México hasta el norte de Argentina, incluidas las Antillas (Trujillo et al., 2005).

Puede llegar a medir 13 cm de longitud y pesar entre 40 y 70 gramos. El antebrazo tiene entre 77 y 88 mm de largo. Su pelo es muy corto, aunque más largo en el cuello y hombros;

en los machos el pelaje superior es rojo-anaranjado, en tanto que las hembras son gris-marrón; en el vientre más claro en ambos casos. Las membranas de las alas y la cola son pardas traslúcidas. Tienen cola y patas muy largas con respecto a otros murciélagos. Los labios son hinchados; la barbilla presenta pliegue transversal; en las mejillas tiene bolsas para almacenar el alimento; las orejas puntiagudas y estrechas, están separadas. Las garras de las patas traseras son largas, curvas, y muy comprimidas lateralmente, lo que les permite surcar el agua casi sin resistencia (Trujillo et al., 2005).

Se alimenta principalmente de crustáceos, insectos y peces, aunque también consumen otros invertebrados acuáticos. Al atardecer salen de sus cuevas y vuelan rápidamente a ras del agua, ecolocalizando en busca de presas, atrapándolas con la membrana interfemoral o con las garras ganchudas de las patas traseras, o con ambas a la vez. Pescan durante la noche y durante el día vive en colonias numerosas al interior de cuevas o bajo las ramas de árboles de follaje denso (Barquez et al., 2008).



Figura 2. *Noctilio leporinus*.

### 3.3.4 *Noctilio albiventris*

La especie *Noctilio albiventris* (Fig. 2), conocida como “murciélago pescador de vientre blanco” habita desde América Central hasta el norte de Sudamérica (Barquez et al., 2008).

Estos murciélagos son de color marrón y los machos poseen un tono un tanto rojizo. Su longitud es de 7.5 cm, y cada brazo mide 6 cm; estos murciélagos llegan a pesar unos 30

gr. Por lo general viven cerca del agua o en sitios húmedos, habitando en troncos huecos o en inmediaciones de casas.

Tratan de cazar utilizando la ecolocalización a insectos que vuelan cerca de la superficie del agua; también han desarrollado la habilidad de capturar insectos que han caído a la superficie del agua. Ocasionalmente, los murciélagos más grandes atrapan y se alimentan de pequeños peces (Barquez et al., 2008). Alcanzan la madurez sexual al año de edad, y viven un total de diez años, aproximadamente.



Figura 3. *Noctilio albiventris*.

### 3.4 Ecolocalización

La ecolocalización en los animales es un sistema emisor de sonidos de frecuencias altas (en su mayoría ultrasónicas), que por medio de la recepción de sus ecos permite caracterizar y localizar objetos. Esta adaptación se encuentra bien desarrollada en los murciélagos y los delfines (Schnitzler and Kalko, 2001).

Numerosas adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamiento han permitido que los murciélagos conquisten una gran cantidad de hábitats. El vuelo y la ecolocalización son las adaptaciones que les han permitido ese gran éxito a los murciélagos (Schnitzler and Kalko 1998; Kalko et al., 2003).

La evolución de la ecolocalización en los primeros murciélagos representó la llave que abrió el paso a nuevos sitios que pudieron habitar y conquistar en la oscuridad (Schnitzler, Kalko and Denzinger, 2003).

El tamaño del cuerpo está restringido a las necesidades impuestas por el vuelo y la ecolocalización, estas dos características afectan indirectamente todos los aspectos de la ecología de los murciélagos (Arita and Fenton, 1997).

A cada uno de los sonidos emitidos en la ecolocalización se les denomina llamado, el cual es una vocalización (o pulso vocal) simple y continuo que se separa del resto de los llamados por medio del silencio. El llamado se compone de tres partes de donde se obtienen sus principales características que permiten identificar a las especies: la extensión inicial, el cuerpo (parte media) y la extensión final. Estos llamados tienen patrones diferentes para cada familia y dentro de ellas para cada especie, incluso pueden variar entre poblaciones de la misma especie (O'Farrell et al., 2000).

El diseño de las llamadas de búsqueda está estrechamente relacionado con el tipo de hábitat, en particular, a la distancia entre objetos (Jung, Kalko and Von-Helversen, 2007).

El llamado del murciélago pescador (*N. leporinus*) es un segmento de gran anchura de banda (22 kHz) y duración promedio de 7.83 ms. Comienza con un componente de frecuencia cuasi-constante que alcanza su mayor frecuencia en los 56.6 kHz ( $F_{max}$ ), la duración de este componente puede o no ser breve en ocasiones se aprecia inclinado, mientras que en otras pareciera de frecuencia constante.

El componente de frecuencia cuasi-constante desciende bruscamente y empieza el segmento de frecuencia modulada alcanzándose aquí la frecuencia mínima ( $F_{min}$ ) promedio de 34.82 kHz. Este componente de frecuencia modulada es el más largo de la vocalización y comprende casi el total de banda de la señal emitida (Trejo, 2011).

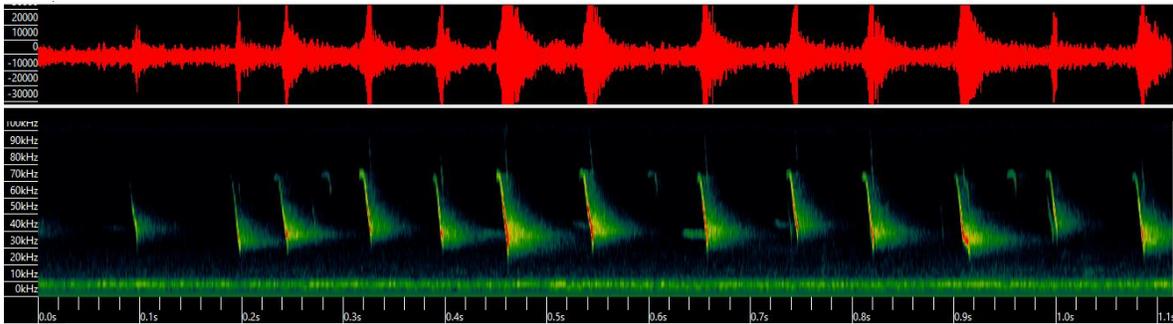


Figura 4. Vocalización de *Noctilio albiventris*.

La resolución de los sonogramas hace las comparaciones visuales entre las especies muy difícil (O'Farrel and Miller, 1997).

Dentro del proceso de ecolocalización, el murciélago tiene que llevar a cabo varias etapas que le permitirán obtener a su presa durante el forrajeo, éstas son: fase de búsqueda, fase de aproximación y fase de caza (fase terminal o feeding buzz) (Trejo, 2011).

### 3.5 Muestreo acústico

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



Figura 5. Detector acústico para murciélagos EM3+ full spectrum (Wildlife Acoustics).



Figura 6. Detector acústico para murciélagos SM3 full spectrum (Wildlife Acoustics).

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

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

El muestreo acústico puede llevarse a cabo de dos maneras diferentes de acuerdo a los objetivos del estudio, la primera es la forma pasiva en donde la presencia del investigador no es necesaria ya que el detector acústico se coloca en lugares estratégicos y se programa para que grabe los llamados de ecolocalización mientras estos son almacenados como archivos en una memoria digital que permite guardar varios meses de información. La otra forma es la activa, donde las vocalizaciones pueden ser vistas en el tiempo real, realizando inmediatamente la identificación de las especies. Con el muestreo acústico activo la presencia del investigador es indispensable ya que en ese momento se decide qué archivos serán almacenados y cuáles no, además de que el detector acústico es dirigido hacia el

murciélago con el objetivo de obtener un mayor número de grabaciones y de mejor calidad (Britzke, 2004).

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

## IV. METODOLOGÍA

### 4.1 Área de estudio

El área natural protegida está ubicada en el departamento de Ahuachapán, entre los municipios de Jujutla y San Francisco Menéndez, con coordenadas  $13^{\circ}41'34.19''\text{N}$  y  $90^{\circ}00'45.91''\text{O}$  y con una extensión de 2234.200000 hectáreas (MARN, 2003). Se encuentra inmersa en la zona climática tierra caliente (0-13 msnm). Contiene especies de flora y fauna que se encuentran amenazadas a nivel local (MARN, 2003).

Entre los bienes y servicios ecosistémicos que presenta el área están la regulación del clima, protección contra eventos climáticos extremos (MARN, 2003).

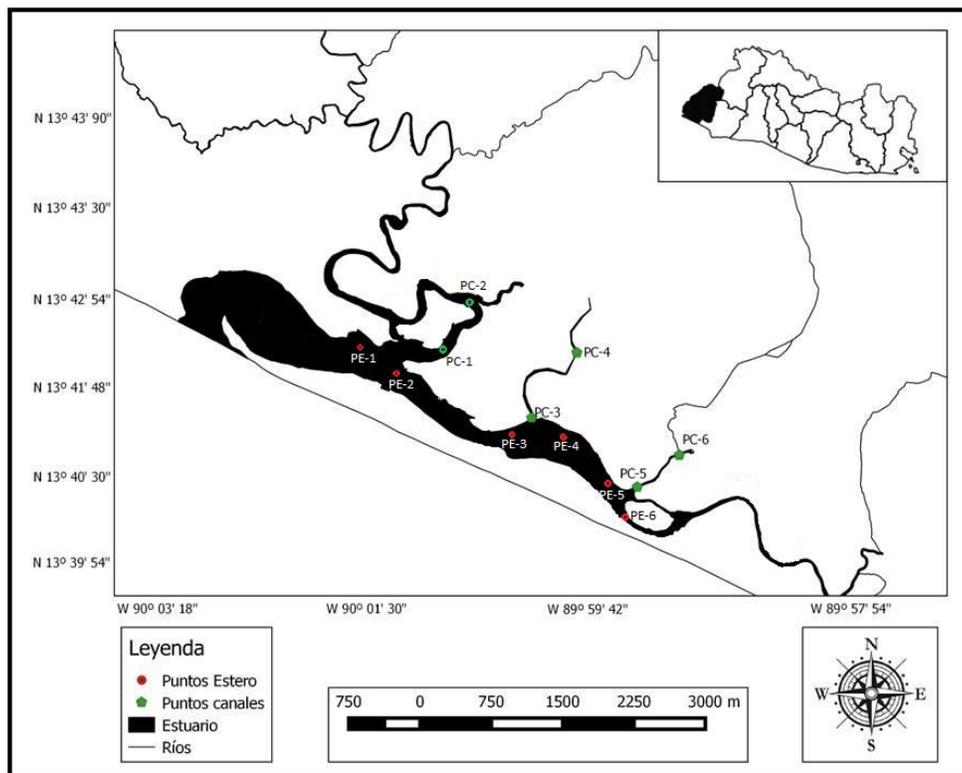


Figura 7. Mapa del Área Natural Protegida Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

Barra de Santiago cuenta con un canal principal o estero que desemboca en el mar y con cinco canales secundarios que conectan con el estero, entre los canales secundarios de mayor importancia se encuentran: El Cajete, El Zapatero y El Embarcadero, que sirven de tránsito para los habitantes de esta zona.



Figura 8. Canal principal, Barra de Santiago, El Salvador.

## 4.2 Muestreo

El muestreo se realizó en los meses de abril y septiembre de 2016. El área se visitó seis noches y se realizó 1 repetición, totalizado 12 noches de esfuerzo de muestreo.

Se emplearon los detectores acústicos SM3BAT y EM3+ de banda ancha (Wildlife Acoustics) el cual utiliza la tecnología de grabación “full spectrum” de 16-bit, ajustado a varias sensibilidades, las cuales varían de acuerdo a las condiciones ambientales (viento, ruido, lluvia, etc.) y los sitios de monitoreo.

Los detectores acústicos SM3BAT/EM3+ estuvieron activos desde el atardecer (6:00 PM) hasta el amanecer (5:00 AM), cada detector tuvo un uso específico para monitoreo activo (EM3+) y monitoreo pasivo (SM3BAT). La forma activa se utilizó durante las horas de mayor actividad de los murciélagos; se dirigió el detector hacia donde se observaban volando los organismos y se les siguió hasta donde fue posible con la finalidad de obtener la mayor cantidad y mejor calidad en las grabaciones (Schnitzler and Kalko). El método pasivo se empleó durante toda la noche (Kunz y Pierson, 1994). Se colocó el detector SM3BAT a 1 metro de altura fijado en un árbol con el micrófono en posición vertical. Todas las vocalizaciones se almacenaron en una memoria SDHC para su posterior análisis.



Figura 9. Detector acústico SM3BAT en el interior del canal El Zapatero, Barra de Santiago, El Salvador.

Se realizaron dos tipos de muestreo: muestreo acústico activo y muestreo acústico pasivo.

El muestreo acústico activo se realizó por medio de puntos seleccionados en el estero, aproximadamente a 250 metros de distancia de la entrada de los canales, se utilizaron 6 puntos (2 puntos de grabación cercanos cada una de las entradas de los 3 canales) en los cuales se grabó un punto por noche por tres horas (6 pm - 9 pm) (figura 7) con la marea que se encontrara en esas horas, luego se esperó hasta la marea contraria y se grabó hasta el amanecer, esto se repitió en todas las noches de grabación. El grabador se apuntó hacia donde se observaban murciélagos y se seguían hasta que se dejaba de registrar vocalizaciones con el detector, se intercalo 10 minutos de grabación y luego 10 minutos sin grabar hasta completar las 3 primeras horas de grabación, luego se repitió el patrón de grabación en marea contraria hasta el amanecer.

El muestreo acústico pasivo se realizó en 3 canales del manglar (El Cajete, El Zapatero y El Embarcadero) (figura 7), se colocó el grabador la primera noche en el interior de uno de los canales y la segunda noche en la entrada del mismo canal y se siguió el mismo método hasta completar los tres canales (6 noches) el grabador acústico se programó para tomar datos durante 11 horas (6:00 p. m. a 5:00 a. m.).



Figura 10. Entrada canal El Zapatero, Barra de Santiago, El Salvador.

Se obtuvieron datos de los pases y feeding buzz (zumbido de alimentación) que permitieron identificar a los murciélagos y diferenciar el tipo de actividad que realizaban. Un pase (Figura 12) es un grupo de pulsos que se puede observar en un sonograma, se necesitan como mínimo tres pulsos para contarlos como pase y se cuenta como un nuevo pase cuando la separación entre pulso y pulso es de tres veces la de los pulsos anteriores. Cuando los murciélagos detectan una presa, los pulsos de navegación son emitidos de forma muy rápida y continua. Cuando esto ocurre, los pulsos se transforman en pulsos FM, aumentan la frecuencia de máxima energía, se hacen más cortos y el intervalo interpulsos se reduce tanto que suena como un zumbido (Figura 11). A esto se le denomina feeding buzz caza (Lisón, 2011).

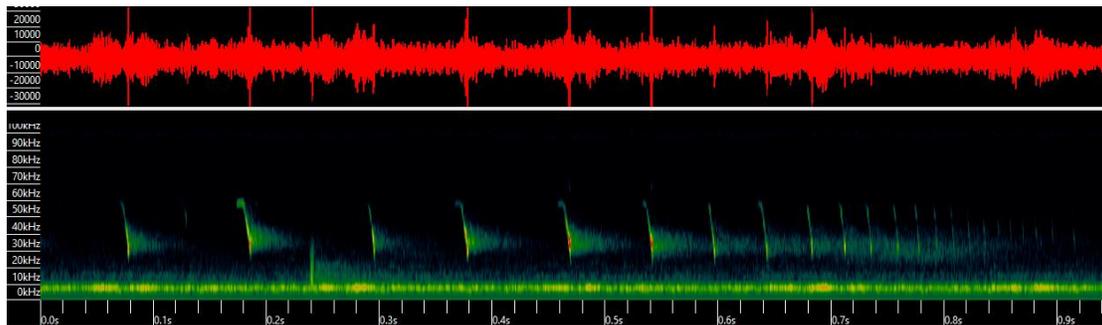


Figura 11. Feeding buzz de *Noctilio leporinus*.

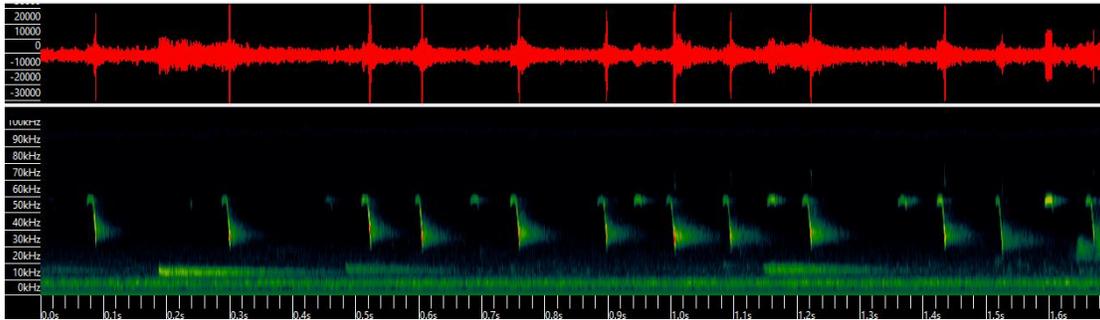


Figura 12. Pase de *Noctilio leporinus*.

### 4.3 Análisis de datos

Las grabaciones obtenidas durante esta investigación fueron analizadas utilizando los softwares Kaleidoscope versión 3.1.2. y Analook versión 3.9c que permiten la visualización de los sonogramas, los datos fueron ordenados en tablas dinámicas de Excel para hacer los gráficos comparativos de las especies.

Para prueba estadística de Chi-cuadrado se utilizó el software JMP versión 7.0, los datos fueron ajustados a un modelo lineal generalizado con distribución de Poisson.

La significación de Chi-cuadrado ( $p$ ) es una medida más exacta que el propio valor de Chi y por ello se utiliza mejor este dato para comprobar si el resultado es significativo o no. Si  $p < 0,05$  el resultado es significativo, y por lo tanto concluimos que ambas variables estudiadas son dependientes, existe una relación entre ellas.

Si  $p > 0,05$  el resultado no es significativo, y por lo tanto concluimos que ambas variables estudiadas son independientes, no existe una relación entre ellas.

El valor de 0,05 es un valor establecido de acuerdo al nivel de confianza del 95%.

Para el análisis de los datos de marea se asignó un gradiente de 1 hasta 12, el valor correspondiente entre 1-6 es para marea baja y el valor entre 7-12 es marea alta, de esta forma se pudo categorizar los feeding buzz y relacionarlos gráficamente.

## V. RESULTADOS

Se grabó un total de 12 noches sumando 132 horas (7,920 minutos) de esfuerzo de muestreo. La cantidad total de archivos grabados para el muestreo acústico (pasivo y activo) fue de 18,930, del total de archivos solo fueron utilizados 1,245 que son las que tenían grabaciones de *Noctilio albiventris* y *Noctilio leporinus*.

### 5.1 Muestreo acústico pasivo

Se obtuvieron un total de 14,738 archivos grabados de los cuales solo 1,123 fueron utilizados ya que pertenecían a las especies de la familia Noctilionidae, el resto de archivos fue descartado en esta investigación porque eran especies pertenecientes a otras familias, grabaciones fragmentadas o con demasiado ruido, cada una fue analizada y clasificada de acuerdo al punto de muestreo. El punto que registró mayor cantidad de archivos útiles fue El Embarcadero (interior) con 591 y el punto con menor cantidad fue El Zapatero (entrada) con 4 (Figura 13).

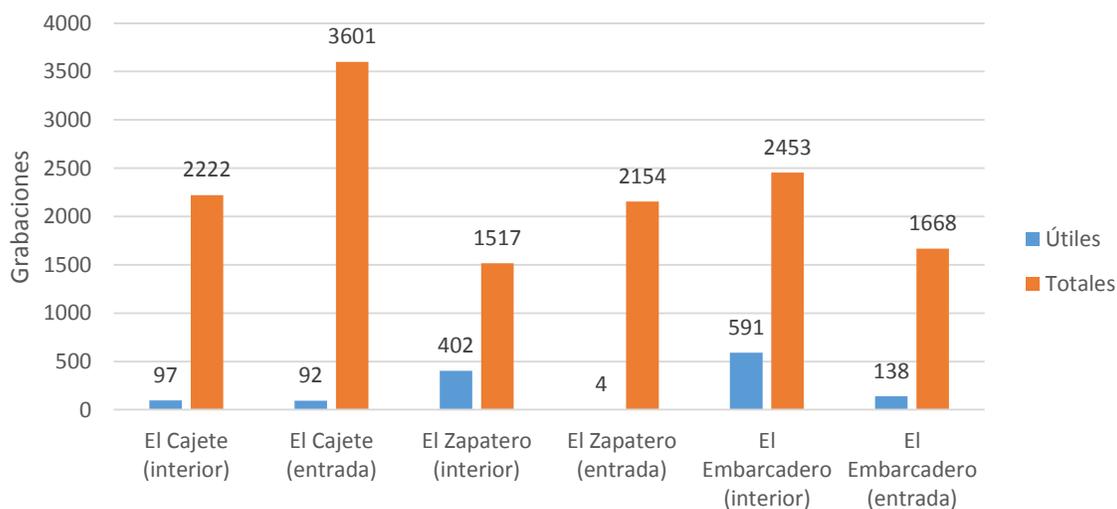


Figura 13. Archivos totales y utilizados para muestreo acústico pasivo en tres canales de Barra de Santiago, Ahuachapán para abril y septiembre de 2016.

#### 5.1.1 Distribución (Pases)

Cuadro 1. Total de pases de *N. leporinus* y *N. albiventris* en el interior y entrada de tres canales (El Cajete, El Zapatero y El Embarcadero) para abril y septiembre de 2016 de Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

Total pases interior y entrada				
	Interior (Pases)	Entrada (Pases)	Total	Promedio (pases)
<i>Noctilio albiventris</i>	749	131	880	440
<i>Noctilio leporinus</i>	350	181	531	265.5
Total	1099	312	1411	
Promedio por punto	366.33	104		

Para los pases totales en el interior y la entrada el cálculo de Chi cuadrado da un valor significativo ( $X^2=388.790$  con  $P<0.001$ ) por lo que existe una diferencia entre los pases del interior con los de la entrada. Se registró considerablemente mayor actividad en el interior de los canales que en la entrada de los mismos, siendo *N. albiventris* la especie con más pases obtenidos 749 pases en el interior y 131 en la entrada teniendo una marcada diferencia entre ambos sectores de los canales, *N. leporinus* se comportó de igual manera obteniendo mayor cantidad en el interior de los canales con 350 pases y menor cantidad en la entrada con 181 pases, la diferencia entre ambos sectores fue menos marcada pero siempre presente (Figura 14).

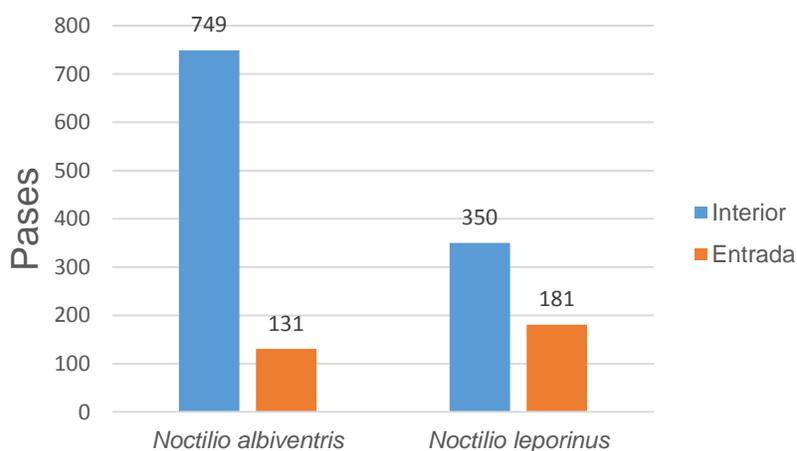


Figura 14. Pases totales en interior y en entrada de tres canales de Barra de Santiago (El Cajete, El Zapatero y El Embarcadero), para abril y septiembre de 2016, Ahuachapán, El Salvador.

El resultado de Chi cuadrado ( $X^2=10.877$  y  $P=0.001$ ) para pases en el interior y entrada por canal fue significativo y existe una diferencia de pases entre las dos especies en los

canales, se obtuvo mayor cantidad de pases para ambas especies en la parte interior del canal El Embarcadero siendo *N. albiventris* el que registro más actividad, la menor cantidad de pases fue registrada en la entrada del canal El Zapatero con solo cuatro pases para las dos especies (Figura 15).

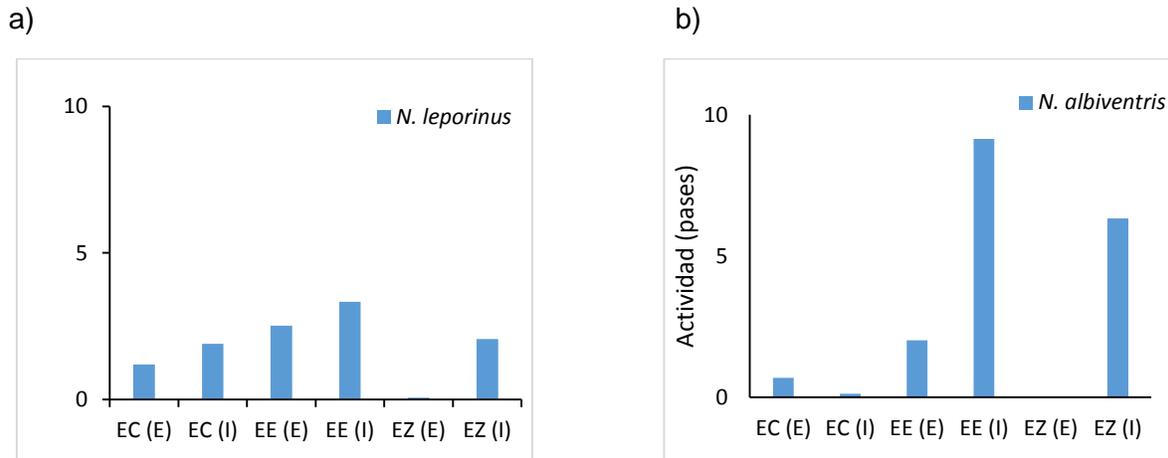


Figura 15. Promedio de pases de *N. leporinus* (a) y *N. albiventris* (b) por canal (EC: El Cajete, EE: El Embarcadero, EZ: El Zapatero) en el interior (I) y entrada (E) para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

### 5.1.2 Sitios de forrajeo (Fases terminales/feeding buzz)

Con los sonogramas identificados se pudo determinar las fases terminales (eventos de caza) para muestreo pasivo.

Se puede observar que la mayor cantidad de eventos de caza se registraron en los canales, donde *Noctilio albiventris* registro 215 y *Noctilio leporinus* 125. La cantidad de eventos de caza fue mucho menor en el estero teniendo solo 6 para *Noctilio albiventris* y 24 para *Noctilio leporinus*, esta tendencia se mantuvo durante todas las noches de grabaciones ya que la mayor cantidad de datos se obtuvieron en los canales (Figura 16).

Cuadro 2. Fases terminales en canal y estero.

Especie	n	n-caza	Canal	Esteros
<i>Noctilio albiventris</i>	824	221	215	6
<i>Noctilio leporinus</i>	669	149	125	24
Total	1493	370	340	30

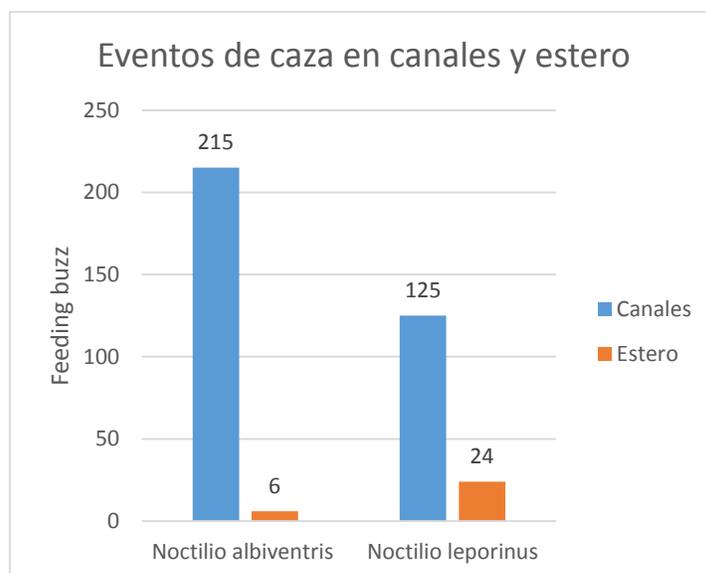


Figura 16. Eventos de caza en canales y estero para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

Cuadro 3. Promedio de Feeding Buzz por canal.

Canal	<i>N. leporinus</i> (FB)	<i>N. albiventris</i> (FB)
El Cajete (entrada)	0.40	0.19
El Cajete (Interior)	0.31	0.02
El Embarcadero (entrada)	0.67	0.42
El Embarcadero (interior)	0.63	2.54
El Zapatero (entrada)	0.00	0.00
El Zapatero (interior)	0.60	1.31

Se identificó que utilizan todos los puntos de los canales para forrajear a excepción de la entrada del zapatero donde no se obtuvo y un solo feeding buzz (Figura 17).

El valor de Chi cuadrado ( $X^2=1.710$  y  $P= 0.180$ ) determina que no existe una diferencia significativa entre los feeding buzz de *N. leporinus* y *N. albiventris*, por lo que no existe preferencia de sitios de forrajeo entre los canales.

En los canales (El Cajete, El Zapatero y El Embarcadero) el punto donde se obtuvo mayor cantidad de fases terminales fue el canal El Embarcadero registrando 200 pases (promedio de 4.26 pases cada media hora), el canal El Zapatero tuvo 92 pases (promedio de 1.91 pases cada media hora) y el punto con menor número de registro de pases de alimentación fue el canal El Cajete con 42 pases (Promedio de 0.92 cada media hora) (Cuadro 3).

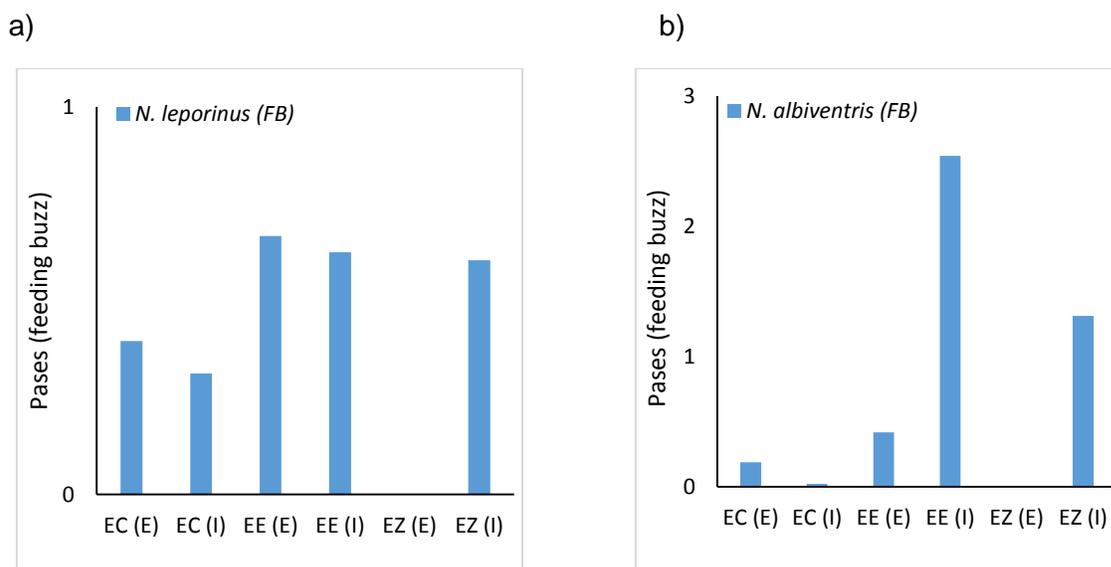


Figura 17. Promedio de FB de *N. leporinus* (a) y *N. albiventris* (b) por canales para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

En los cuadros 4, 5 y 6 se puede observar que ambas especies utilizan todos los puntos seleccionados de los canales para forrajear, menos la entrada del punto El Zapatero.

Cuadro 4. Fases terminales (Feeding buzz) canal El Embarcadero. Mayor cantidad de FB en el interior para *N. albiventris* y mayor cantidad de FB en la entrada para *N. leporinus*.

Fases terminales (Feeding buzz) El Embarcadero			
Especie	Interior	Entrada	Total
Noctilio albiventris	122	20	<b>142</b>
Noctilio leporinus	30	32	<b>62</b>

Cuadro 5. Fases terminales (Feeding buzz) canal El Zapatero. Se observa que no se obtuvieron fases terminales en la entrada del canal para ambas especies.

Fases terminales (Feeding buzz) El Zapatero			
Especie	Interior	Entrada	Total
Noctilio albiventris	63	0	<b>63</b>
Noctilio leporinus	29	0	<b>29</b>

Cuadro 6. Fases terminales (Feeding buzz) canal El Cajete. Se obtuvo mayor cantidad de fases terminales en la entrada para ambas especies.

Fases terminales (Feeding buzz) El Cajete			
Especie	Interior	Entrada	Total
Noctilio albiventris	1	9	<b>10</b>
Noctilio leporinus	15	19	<b>34</b>

Como se observa en el gráfico N° 18 la mayor cantidad de pases de alimentación fueron de *N. albiventris* registrando 70% (141) para este punto y solo 30% (59) pases de *N. leporinus* (figura 18).

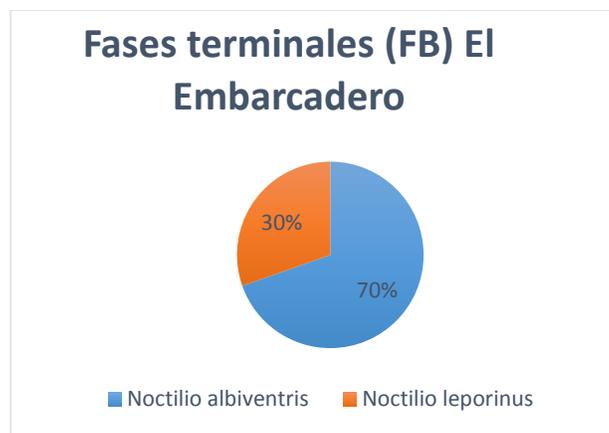


Figura 18. Fases terminales en el canal El Embarcadero para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

En El Zapatero *N. albiventris* obtuvo 68% (63 pases) y al igual que El Embarcadero fue mayor que *N. leporinus* que registro 32% (29 fases terminales) (figura 19).

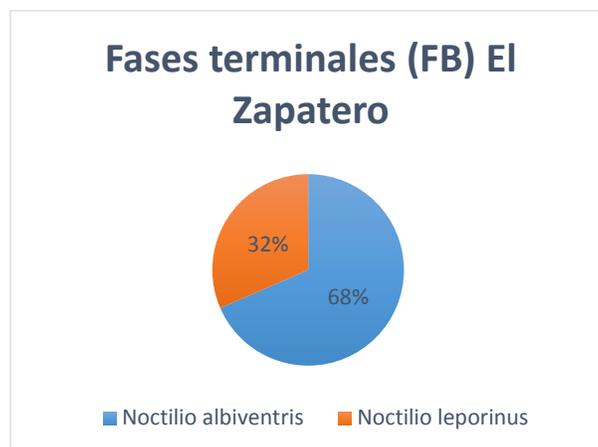


Figura 19. Fases terminales el canal El Zapatero para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

En el punto El Cajete se dio una gran reducción de fases terminales en comparación a El Embarcadero y también vario la especie con mayor cantidad de pases siendo aquí *N. leporinus* con 77% (32 pases), *N. albiventris* solo obtuvo 23% (10 pases) (figura 20).

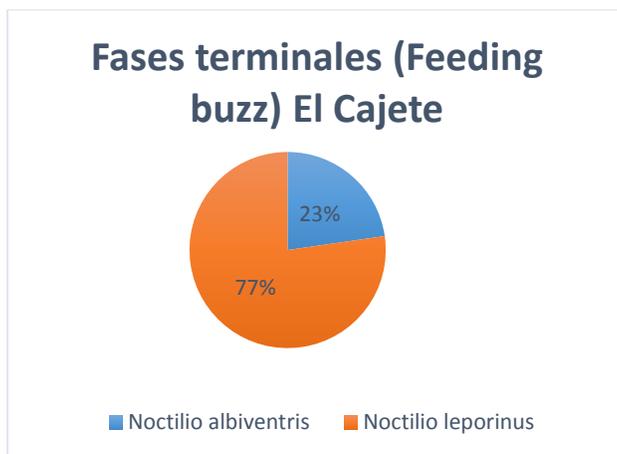


Figura 20. Fases terminales en el canal El Cajete para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

### 5.1.3 Patrón de actividad

La actividad se representa mediante las grabaciones obtenidas durante la noche, donde se puede determinar las horas o periodos de mayor y menor actividad de ambas especies de murciélagos en los sitios de grabación.

Cuadro 7. Promedio de pases por horas

Hora	Promedio de <i>N. leporinus</i> (pases)	Promedio de <i>N. albiventris</i> (pases)
06 p.m.	3.58	6.38
07 p.m.	2.75	17.50
08 p.m.	2.29	4.00
09 p.m.	2.46	1.17
10 p.m.	0.63	0.67
11 p.m.	0.33	0.46
12 a.m.	0.83	0.50
01 a.m.	1.13	2.17
02 a.m.	2.58	1.71
03 a.m.	2.50	1.17
04 a.m.	2.04	0.83

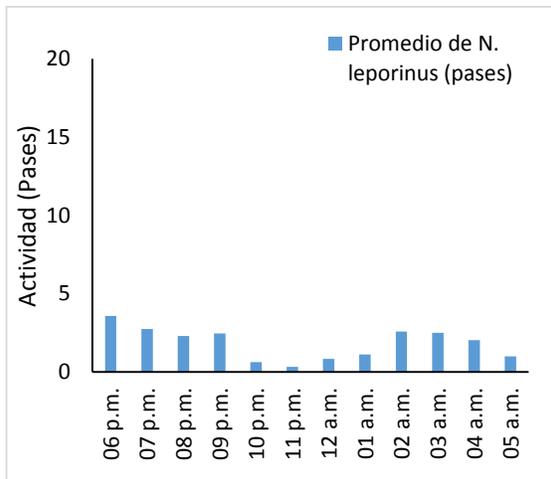
05 a.m.

1.00

0.13

Se puede apreciar claramente en el gráfico N° 21 que la actividad tuvo un comportamiento bimodal durante todas las noches de grabaciones, coincidiendo en las horas de mayor actividad para ambas especies y que se dio en dos picos a lo largo de la noche, este fue entre las 6 pm y las 8 pm siendo más activo *N. albiventris* con mayor cantidad de pases, luego hubo un periodo de varias horas con cantidad de pases muy reducida y posteriormente se dio el segundo pico de actividad entre las 2 am y las 4 am, en esta ocasión *N. leporinus* tuvo ligeramente mayor actividad (Figura 21).

a)



b)

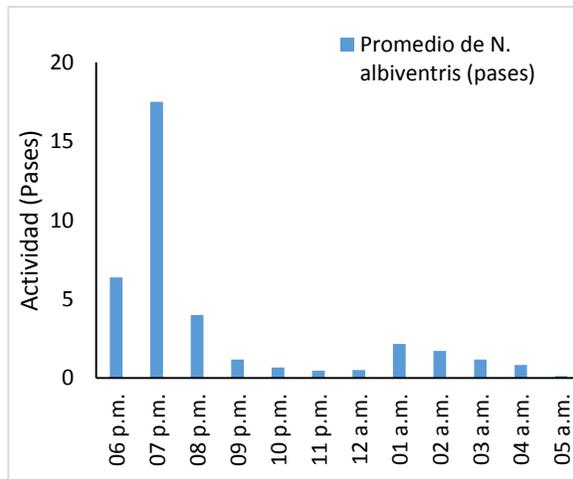


Figura 21. Promedio de pases de *N. leporinus* (a) y *N. albiventris* (b) por hora para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, el salvador

El punto con mayor actividad para *Noctilio albiventris* fue el canal El Embarcadero (interior) especialmente entre las 18:00 y 20:00 horas (figura 22), mientras que en punto de menor actividad fue el canal El Zapatero (entrada) con un solo pase (figura 23). *Noctilio leporinus* al igual que *N. albiventris* tuvo mayor actividad en el canal El Embarcadero (interior) entre las 18:30 y 21:30 teniendo otro pico en horas de la madrugada entre la 1:30 y las 4:30 (figura 22), el punto con menor actividad también fue el canal El Zapatero (entrada) con 3 pases (figura 23).

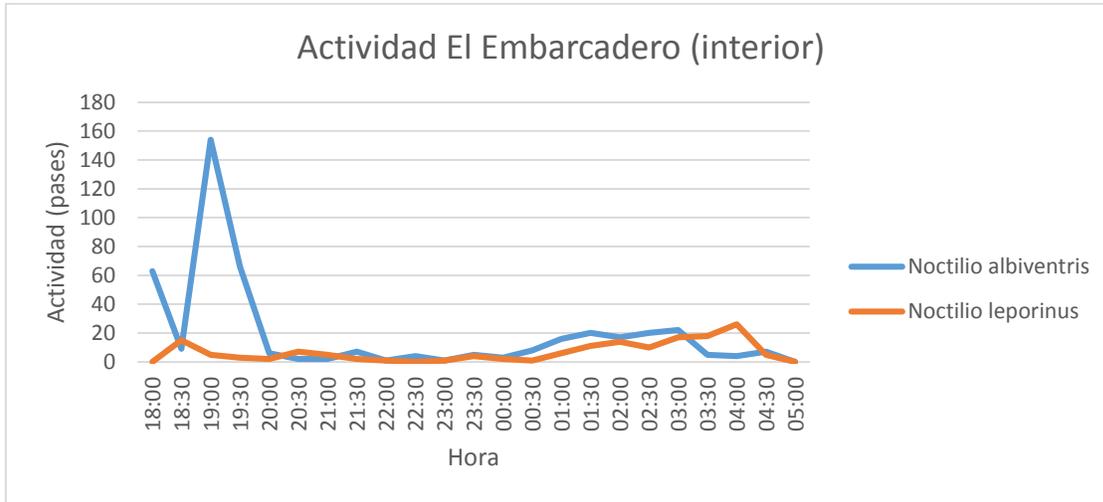


Figura 22. Punto de mayor actividad *N. albiventris* y *N. leporinus* canal El Embarcadero (interior) para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

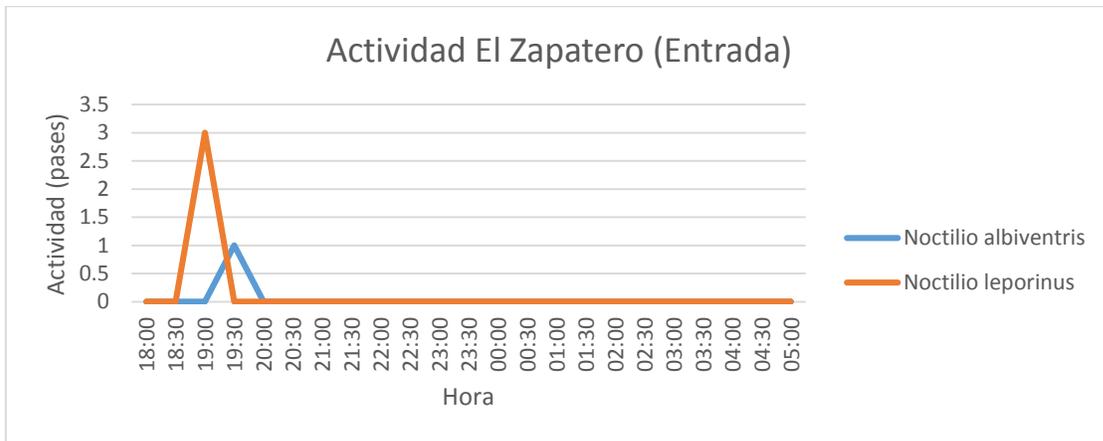
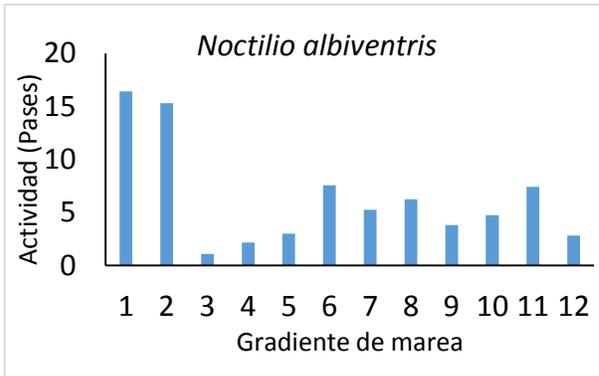


Figura 23. Punto de menor actividad de *N. albiventris* y *N. leporinus* canal El Zapatero (entrada) para abril y septiembre de 2016 en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

#### 5.1.4 Marea

Para los datos de feeding buzz de *N. albiventris* en el gradiente de marea se obtuvo un resultado de Chi cuadrado significativo ( $X^2=24.571$  con valor de  $P<0.001$ ), por lo que existe una relación entre la marea y las fases terminales. La figura 24 muestra que en marea baja hay mayor cantidad de eventos de caza.

a)



b)

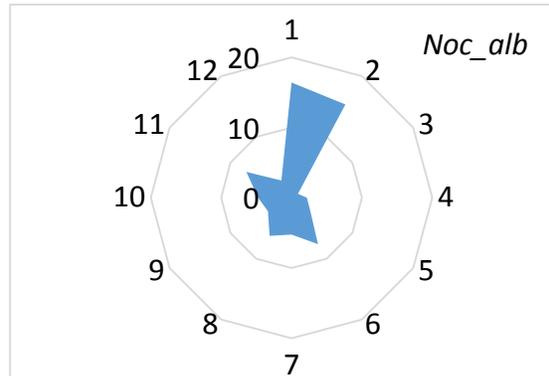
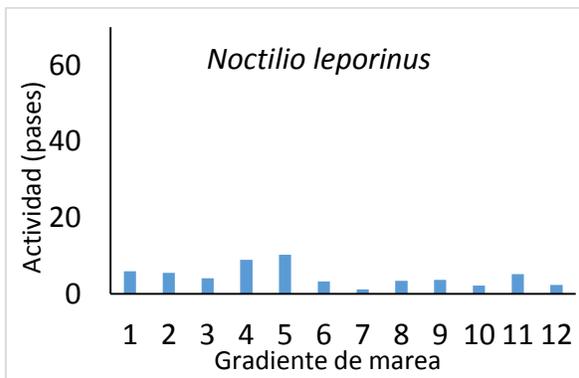


Figura 24. Feeding buzz por gradiente de marea para *N. albiventris* (a)(b) para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

Para *N. leporinus* el valor de Chi cuadrado ( $X^2=12.587$  con  $P<0.001$ ) es significativo por lo que existe una relación entre la marea y las fases terminales, se puede observar en la figura 25 que existe mayor cantidad de eventos de caza entre los gradientes 1 y 5.

a)



b)

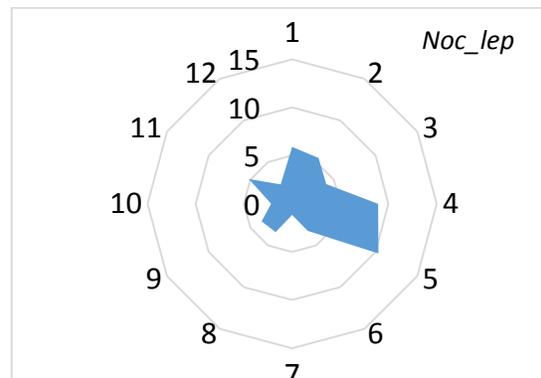


Figura 25. Feeding buzz por gradiente para *N. leporinus* para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

En la figura N° 26 se observa claramente que hay una mayor cantidad de pases en marea baja (68% de los pases) que en alta (32% de los pases), con la prueba de Chi cuadrado ( $X^2=12.587$  y  $p<0.001$ ) se determina que existe una relación entre la marea y los pases para *N. leporinus*.

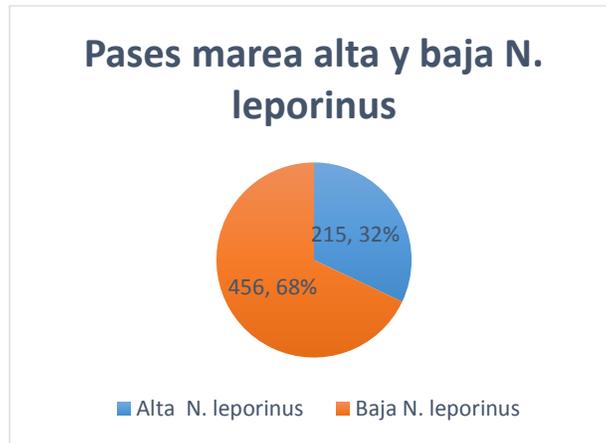


Figura 26. Pases en marea alta y baja para *Noctilio leporinus* para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

Para *Noctilio albiventris* se mantiene la relación al igual que en *N. leporinus* obteniendo mayor cantidad de pases en marea baja (60% de los pases) y menor en marea alta (40% de los pases) y con la prueba de Chi cuadrado ( $X^2=24.571$  y un  $P<0.001$ ) que nos da un dato significativo se establece que también existe una relación entre marea y los pases para *Noctilio albiventris*.

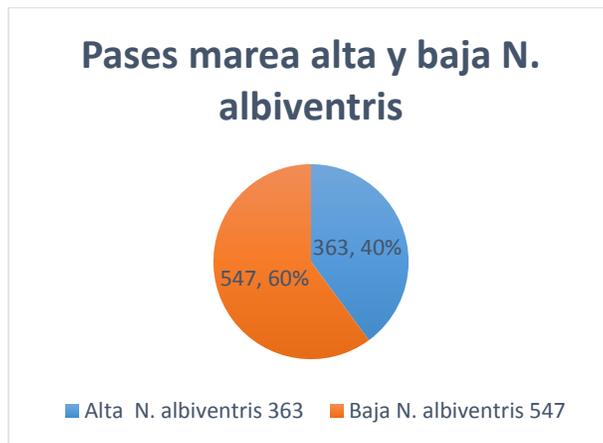


Figura 27. Pases en marea alta y baja para *Noctilio albiventris* para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

## 5.2. Muestreo acústico activo

Del total de archivos grabados 5,315 solo 122 fueron utilizados ya que pertenecían a las especies de la familia Noctilionidae, el resto de archivos fue descartado de esta investigación porque eran especies pertenecientes a otras familias, grabaciones fragmentadas o con demasiado ruido.

### 5.2.1 Pases

Con los archivos utilizados ya identificados se prosiguió a contar la cantidad pases de ambas especies en marea alta y marea baja.

Se observa en el cuadro 8 que en marea baja se registraron la mayor cantidad de pases para ambas especies, *N. leporinus* fue el que tuvo mayor número con 105 en marea baja y 35 en marea alta, *N. albiventris* tuvo 24 pases en marea baja y 7 en marea alta.

Cuadro 8. Pases totales marea alta y marea baja

	Marea alta	Marea baja
<i>Noctilio albiventris</i>	7	24
<i>Noctilio leporinus</i>	35	105
Total	42	129
Media pases	21	64.5

Para *N. albiventris* se obtuvo un resultado de Chi cuadrado significativo ( $X^2=9.852$  con  $P<0.001$ ), para *N. leporinus* el Chi cuadrado también fue significativo ( $X^2=36.627$  y  $P<0.001$ ), por lo que existe una relación de ambas especies con la marea y se puede apreciar que *N. leporinus* y *N. albiventris* tuvieron mayor actividad en marea baja.

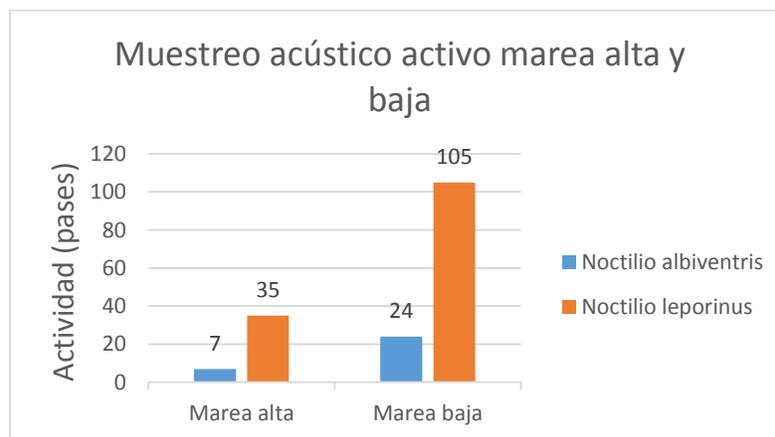


Figura 28. Pases en marea alta y baja para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

### 5.2.2 Fases terminales

De los datos del cuadro 9 el único punto con fases terminales en marea alta es P2 (El Cajete) con 5 para *N. leporinus*, en los demás puntos no se obtuvieron datos de feeding buzz.

Cuadro 9. Fases terminales (feeding buzz) Activo Marea alta

Fases terminales (feeding buzz) Activo Marea alta.

Especie	P1 (EI Cajete)	P2 (EI Cajete)	P3 (EI Zapatero)	P4 (EI Zapatero)	P5 (EI Embarcadero)	P6 (EI Embarcadero)	Total
Noctilio albiventris	0	0	0	0	0	0	0
Noctilio leporinus	0	5	0	0	0	0	5

En el cuadro 10 se observa que al igual que en marea alta el punto con mayor cantidad fases terminales para *N. leporinus* es el P2 (EI Cajete) con 15 pero a diferencia de marea alta si se obtuvieron feeding buzz en otros puntos y para ambas especies.

Cuadro 10. Fases terminales (feeding buzz) Activo Marea baja

Fases terminales (feeding buzz) Activo Marea baja

Especie	P1 (EI Cajete)	P2 (EI Cajete)	P3 (EI Zapatero)	P4 (EI Zapatero)	P5 (EI Embarcadero)	P6 (EI Embarcadero)	Total
Noctilio albiventris	3	0	0	0	3	0	6
Noctilio leporinus	1	15	0	1	2	0	19

Se observa claramente en la figura 31 que *N. leporinus* en marea alta obtuvo el 100% de los pases de FB ya que solo se obtuvieron datos de esta especie.

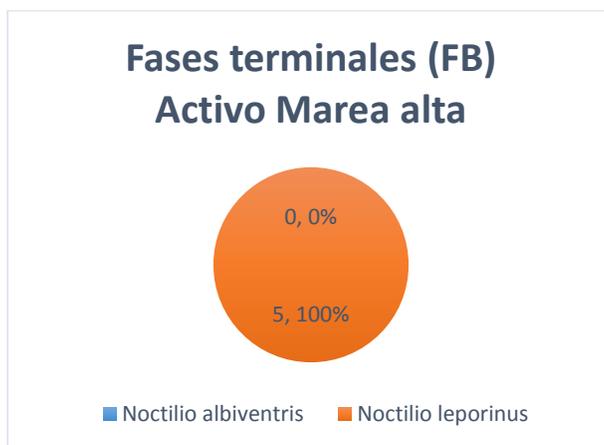


Figura 29. Fases terminales en marea alta para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

En la figura 32 se aprecia que la cantidad de fases terminales aumento considerablemente en marea baja para las dos especies en comparación con la marea alta, *N. leporinus* fue el que tuvo la mayor cantidad de feeding buzz con el 76% de pases.

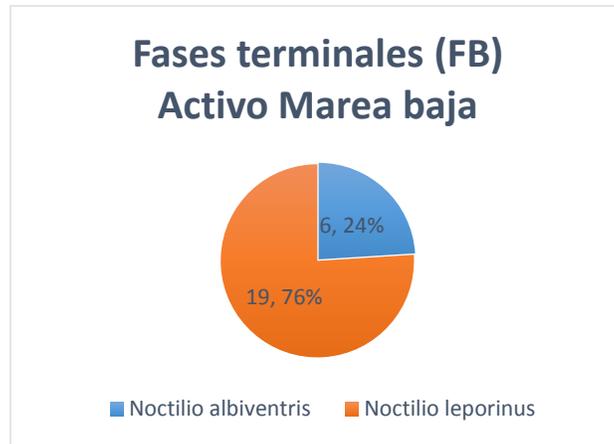


Figura 30. Fases terminales en marea baja para los meses de abril y septiembre en Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador.

## VI. DISCUSIÓN

Los estudios que utilizan esta metodología se llevan a cabo desde hace más de treinta años en Centro América, sin embargo, en el país ha sido poco utilizada y mucho menos en manglares, por lo que los resultados obtenidos serán de mucha importancia para investigaciones posteriores sobre murciélagos en manglares.

Las especies *Noctilio leporinus* y *Noctilio albiventris* que son ampliamente encontradas en Barra de Santiago y que según Moreno & Álvarez, 2003 están estrechamente relacionados a zonas con agua y en especial a manglares, generalmente estas especies utilizan los cuerpos de agua asociados a bosques salados como los ríos, para forrajear, beber, migrar y para encontrar sitios para refugio (Lloyd et al., 2006).

En los datos obtenidos respecto a la distribución entre los puntos seleccionados (pases), se observa que hay variación entre la entrada del canal y el interior del mismo, registrando casi cuatro veces más pases en el interior para ambas especies, *Noctilio albiventris* duplica la cantidad respecto a *Noctilio leporinus* y esto se debe a que *N. albiventris* incorpora mayor cantidad de insectos a su dieta que *N. leporinus* lo que coincide con lo encontrado por Barquez et al. (2008) quien describió que *N. albiventris* frecuenta áreas cercanas a las desembocaduras de los ríos y zonas de bosque donde la abundancia de insectos es mayor. En un estudio realizado en el Centro de Investigaciones Macagual en Colombia por Marin-Vásquez et al. entre 2001 y 2004 obtuvieron capturas de *N. albiventris* en bosque alejado del manglar y no reporto capturas de *N. leporinus*, igual que Landmann et al. (2008) quienes realizaron un estudio de murciélagos de la región de la Gamba, bosque lluvioso Esquinas, Costa Rica solo registraron *N. albiventris* en sus puntos de muestro que estaban alejados varios kilómetros de la costa y la zona de manglar y no tuvieron registros de *N. leporinus* en estos puntos. Ochoa et al. (2000) solo registro grabaciones de *N. leporinus* en sus puntos de muestreo cercanos al manglar y no en los puntos dentro del bosque.

Trejo (2011) realizo una caracterización acústica de murciélagos insectívoros en Oaxaca, México, tomando puntos de muestreo cercanos al manglar y puntos de muestreo dentro del bosque teniendo como resultados pases de *N. leporinus* en el manglar y no lo registro en los puntos dentro del bosque, esto coincide con lo registrado en el ANP Barra de Santiago, donde hubo mayor cantidad de grabaciones de *Noctilio leporinus* dentro del manglar que en las zonas cercanas a la desembocadura de ríos y área de bosque.

Los resultados obtenidos por la mayoría de los autores concuerdan con los datos reflejados en esta investigación, ya que de las dos especies hubo mayor presencia de *N. albiventris* en zonas cercanas a las desembocaduras de los ríos que *N. leporinus*.

La familia Noctilionidae es la única familia de murciélagos especializados para la pesca y para incorporar peces e invertebrados marinos como un componente importante de su dieta, de esta familia, *N. leporinus* es el que depende casi en su totalidad de peces, solo unas pocas especies de murciélagos pescan ocasionalmente en todo el mundo, como las sub especies *Pisonix* y *Leuconoe* del genero *Myotis* (Brosset 1966; Brosset and Doboutteville 1966; Robson 1984).

Durante esta investigación se pudo apreciar el modo de arrastre utilizado por ambas especies. Se observó el comportamiento de los murciélagos al sobrevolar el agua mientras había luz, utilizando el detector acústico EM3+ se identificaron ambas especies. Se pudo evidenciar que *N. leporinus* vuela entre 10 a 50 centímetros sobre la superficie del agua, se registraron dos barridos de búsqueda por lo general cuando pasaban frente al bote, es decir pasaban dos veces por el mismo espacio donde estaban buscando y eran atraídos por movimientos producidos en el agua. Según Kalko (1994) quien estudio el comportamiento de *N. leporinus* describe que utiliza varios tipos de estrategias cuando está cazando, realizando búsquedas sobre la superficie del agua entre 20 a 50 centímetros y emitiendo varios tipos de señales de ecolocalización pero que siempre está presente la frecuencia constante (CF) y frecuencia modulada (FM) además que la perturbación de la superficie causada por los saltos de los peces se mueve lentamente a lo largo del agua, y el vuelo de los murciélagos es siguiendo el movimiento ondulatorio del agua, por lo que este comportamiento indica que los murciélagos “Conocen” que hay presas en el área.

*N. albiventris* presento en esta investigación patrones similares de búsqueda que *N. leporinus*, con la diferencia de que *N. albiventris* realizaba las búsquedas a mayor altura sobre la superficie (> 50 centímetros) enfocándose mayormente en insectos que sobrevolaban, en ocasiones realizaba pequeños chapoteos de sus garras sobre la superficie del agua. Esto concuerda con lo descrito por Kalko (1998) quien estudio la ecolocalización y el comportamiento de forrajeo de *N. albivetrtris* en Costa Rica donde sostiene que la estrategia predominante de caza fue capturar insectos en el aire a media altura frecuentemente de 2 a 5 metros sobre el agua, también capturaron las presas

directamente de la superficie del agua con sus largas y puntiagudas extremidades inferiores que fueron dirigidas a un punto donde el insecto flotaba y agitaba la superficie del agua.

*N. leporinus* y *N. albiventris* utilizan este tipo de comportamiento y se valen también de la ecolocalización para forrajear, *N. leporinus* debe de monitorear constantemente la posición de los peces debido a que la onda debe atravesar el agua y regresar hasta su posición, reajustando su orientación y esto puede dificultarle capturar a su presa (Kalko, 1998). Esta es la razón por la que se pudo apreciar en esta investigación que *N. leporinus* realiza búsquedas más cercanas a la superficie del agua.

En cuanto a los eventos de caza se registró mayor cantidad en los canales que en el estero, obteniendo 11 veces más feeding buzz, siendo *N. albiventris* el que obtuvo casi el doble de pases que *N. leporinus* pero ambas especies utilizan todo el manglar. Esto se constató con el valor de P para Chi cuadrado ya que no existe una diferencia significativa entre los eventos de caza de ambas especies por lo que se puede decir que existe presencia y que las dos especies hacen uso del manglar para alimentarse. Si comparamos los eventos de caza de ambas especies en los tres canales si existe una diferencia significativa en el valor de P para Chi cuadrado, obteniendo que ambas especies cazan más en el canal llamado El Embarcadero y la mayoría de feeding buzz son de la parte interior del canal, coincidiendo con los otros dos canales donde también hubo mayor actividad de caza en el interior de los canales que en la entrada. Esto puede deberse a que estos murciélagos tienen memoria de los buenos sitios de caza dentro del manglar, estos resultados coinciden con los obtenidos por Kalko et al. (1994) quienes realizaron una investigación en el Parque Nacional Tortuguero en Costa Rica y sostienen que *N. leporinus* busca su alimento sobrevolando la superficie del agua y que cuando existe una escases de peces o insectos en las áreas de búsqueda, se traslada a zonas donde tiene más probabilidades de encontrar alimento y esto está basado en la memoria que tienen los murciélagos de los buenos puntos de caza. Cuando los murciélagos no pueden utilizar la ecolocalización para detectar los peces en la superficie del agua, los murciélagos utilizan una estrategia que estos investigadores llamaron *Memoria aleatoria de barrido*.

Gonsalves et al. (2012) realizó un estudio con murciélagos insectívoros en Nueva Gales del sur, haciendo grabaciones acústicas en tres diferentes zonas, cerca de la costa y manglar, zona intermedia y en tierra adentro encontrando que la actividad de forrajeo varío entre especies y entre sitios pero que la zona de mayor forrajeo fue el punto cercano a la costa y

manglar. El estudio realizado por Trejo (2011) encontró que del total de murciélagos insectívoros grabados solo de 6 especies se obtuvo eventos de caza, de esas especies *N. leporinus* solo fue grabada en sus puntos de muestreo situados en el manglar por lo que se reafirma la dependencia del manglar para esta especie. Los datos obtenidos en esta investigación coinciden con los resultados de estos autores ya que *N. leporinus* tuvo mayor cantidad de eventos de caza en el canal principal del manglar.

Durante las noches de muestreo se obtuvo un patrón característico de la actividad de *N. albiventris* y *N. leporinus*, las horas de mayor y menor actividad fueron casi las mismas para ambas especies comportándose de forma bimodal a lo largo de todas las noches de muestreo.

*N. leporinus* tuvo el primer pico de actividad al atardecer entre las 18:00 horas y las 21:00 horas, posteriormente se registró un declive en la cantidad de pases de alrededor de 3 horas entre las 22:00 y la 1:00, el segundo pico de actividad se registró entre las 2:00 y las 4:00 de la madrugada, la última hora de grabación volvió a bajar la cantidad de pases, este patrón con dos picos de actividad durante la noche coincide con lo reportado por Kalko (1994) para *N. leporinus* que registro que poco antes del atardecer, varios murciélagos fueron observados cazando cerca de la orilla indicando que su actividad inicia al atardecer. Usualmente obtuvo un pico de actividad entre cerca de las 18:00 y 19:00 horas, seguido por un periodo de silencio, y a veces retomando la actividad por periodos de pocos minutos hasta una hora o más entre las 21:00 y la media noche.

Durante esta investigación *N. albiventris* también tuvo su primer pico de actividad al atardecer entre las 18:00 y las 21:00 horas, posteriormente se registró un declive de la cantidad de pases entre las 22:00 y las 00, el segundo pico de actividad se registró entre la 1:00 y las 3:00 de la madrugada, al igual como se comportó *N. leporinus*, las restantes dos horas fueron de poca actividad.

Esto concuerda con parte de los resultados obtenidos por Hayes (1997) quien reporta que la actividad media dentro de una noche tenía una distribución bimodal con un pequeño pico de actividad después del atardecer y un segundo pico más pequeño justo antes del amanecer. Este patrón es característico de muchas especies de murciélagos insectívoros (Erkert, 1982; Kunz, 1973) y probablemente resulte de un periodo inicial de forrajeo y beber agua después de emerger de un día de percha, reducen su actividad durante la media

noche cuando los murciélagos se encuentren haciendo una percha nocturna, y una ronda final de actividad de forrajeo y comunicación antes de retornar a los lugares de percha diurnos (Kunz et al., 1995). A pesar de que la distribución de la actividad nocturna tendía a ser bimodal en la investigación realizada por Hayes (1997), varias veces los patrones de actividad variaban sustancialmente entre noches. La distribución de la actividad fue bimodal en algunas noches, pero frecuentemente el segundo pico de actividad desaparecía. En otras noches, la actividad persistió a niveles moderados durante toda la noche con múltiples picos, y ocasionalmente había un poco de actividad temprano en la tarde, con incremento de actividad en la tarde noche. Esta variabilidad no fue observada en Barra de Santiago y las razones no están claras, y pueden estar relacionadas con cambios en la abundancia de insectos, condiciones meteorológicas, factores sociales, necesidades energéticas de los murciélagos, o por algún otro factor que desconocemos a la fecha. Hayes (1997) reporta que su actividad total vario sustancialmente entre las noches. Los niveles de actividad cambiaron según temporada, pero a veces los niveles de actividad en noches consecutivas también variaron.

Mancina et al. (2012) trabajo con cuatro especies de Mormopidos y obtuvo que sus patrones de actividad mostraron una marcada diferencia interespecifica a lo largo de todas las noches de grabación. Parte de los resultados obtenidos en esta investigación difieren de lo encontrado por estos autores ya que a pesar de que la actividad media por noche es similar teniendo una distribución bimodal, no hubo una marcada variación entre las noches de grabación ni entre las especies como lo reportado por Hayes (1997) y Mancina et al. (2012).

Trejo (2011) detalla que para todas las especies de murciélagos insectívoros que estudio, encontró que la mayor actividad ocurrió al atardecer y que fue disminuyendo en el transcurso de la noche, observo algunos picos de actividad cerca de la media noche que probablemente se debieron a murciélagos que regresaban a sus refugios. Para *N. leporinus* obtuvo que su actividad inicio cerca de las 18: 00 horas, teniendo principalmente durante todas las noches solo un pico de actividad entre las 19:00 y las 21:00 horas. Esto difiere con los resultados de esta investigación, ya que para *N. albiventris* y *N. leporinus* se registraron dos picos de actividad por noche.

Holland et al. (2011) describió que para el murciélago insectívoro *Molossus molossus* el patrón de actividad diaria promedio entre individuos y noches muestra un pico bimodal claro

que refleja la actividad al atardecer y al amanecer. Este incremento de actividad también se da dentro de los sitios de refugio de los murciélagos. Durante esta investigación se pudo evidenciar el mismo patrón de actividad tanto para *N. albiventris* y *N. leporinus* coincidiendo con los resultados de este autor.

La marea tuvo incidencia en los eventos de caza y en la actividad de los murciélagos. *N. leporinus* y *N. albiventris* tuvieron un valor de Chi cuadrado significativo al relacionar la marea con los eventos de caza, teniendo como resultado que cuando la marea disminuía aumentaban la cantidad de eventos de caza registrados. Las dos especies tuvieron un comportamiento similar en la actividad, obteniendo un valor de P significativo también y a medida disminuía la marea se registraba mayor actividad de las especies. Estos datos difieren con lo registrado por Girón (2016) en Golfito, Costa Rica, donde obtuvo incremento en la actividad de murciélagos a medida que el gradiente de marea iba aumentando, esto puede deberse a que se necesita un mayor esfuerzo de muestreo para poder comprobar el comportamiento de la actividad respecto a la marea y además ver si varía respecto a la época seca y lluviosa.

## VII. CONCLUSIONES

- *Noctilio leporinus* y *Noctilio albiventris* hacen uso del canal principal (Estero) como de los canales secundarios de Barra de Santiago.
- *Noctilio albiventris* duplico la cantidad de pases de *Noctilio leporinus* en los puntos cercados a la desembocadura de ríos y zona de bosque, esto se pudo deber a que *N. albiventris* incorpora mayor cantidad de insectos a su dieta y no depende de peces en su totalidad.
- Se registró mayor actividad (cantidad de pases) en el interior de los canales que en la entrada de estos.
- Hubo mayor cantidad de eventos de caza en los canales secundarios (El Embarcadero, El Zapatero y El Cajete) que en el canal principal (Estero).
- El patrón de actividad de esta familia fue de dos picos, uno al atardecer y otro en la madrugada, es decir que se comportó de forma bimodal a lo largo de todas las noches de grabación, esto está influenciado por factores como: la intensidad de la luz de la luna, la velocidad del viento, los factores sociales, la precipitación y la temperatura.
- La marea está relacionada con los eventos de caza, se obtuvo un valor significativo para feeding buzz en los gradientes pertenecientes a marea baja.
- Durante esta investigación se pudo apreciar el modo de arrastre utilizado por ambas especies para la captura de presas en el agua.
- Los tres canales utilizados en esta investigación se encuentran protegidos y con veda permanente de tala de mangle por lo que hay mayor probabilidad que se encuentren sitios de percha dentro de estos.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Continuar haciendo muestreos de grabaciones a lo largo de la época seca, para observar cómo se comportan los datos de distribución, actividad y forrajeo de los murciélagos de la Familia Noctilionidae en la época seca y lluviosa.
- Hacer estudios de murciélagos en otros manglares de El Salvador ya que se carece de información de especies de este grupo en estos ecosistemas.
- Realizar más investigaciones con murciélagos utilizando métodos de grabación acústica, para generar más información para la región y ampliar el conocimiento de este grupo en El Salvador.
- Hacer estudios enfocados en la influencia de las mareas en la actividad y forrajeo de los murciélagos, ya que casi no existen investigaciones que hagan esta relación y esto llenaría muchos vacíos de información.
- Difundir información sobre los beneficios y la importancia ecológica de los murciélagos *Noctilio leporinus* y *Noctilio albiventris* en los ecosistemas, ya que estos también son controladores biológicos de insectos y evitan la propagación de enfermedades comunes de los trópicos como el dengue.
- Fomentar la creación de políticas más fuertes para la conservación de los ecosistemas de manglar y de las especies que habitan y hacen uso de este en El Salvador.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arita, H.T. And Fenton M.B. (1997). Flight and echolocation in the ecology and evolution of bats. *Tree*. 12(2), 53-57.
- Barquez, R.M. (2004). Murciélagos (Chiroptera-Mamalia) de la Mesopotamia Argentina. *INSUGEO, Miscelánea*, 12, 369–378.
- Barquez, R., Perez, S., Miller, B. & Diaz, M. (2008). *Noctilio leporinus* In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.4.
- Britzke, E.R. (2004). Designing monitoring programs with frequency division bat Echolocation Research: tools, techniques and analysis. Bat Conservation international. Austin, TX.
- Brosset, A., Doboutteville, D. (1966). Le regime alimentaire du vespertilion de daubenton *Myotis daubentoni*, *Mammalia*, 30, 247-381.
- Caycedo-Rosales, P.C., Ruiz-Muñoz J.F., and Orozco-Alzate, M. (2013). Automated Recognition of Bioacoustic Signals: a Review of Methods and Applications. *Ingeniería y Ciencia*. 9(18).
- Elizalde-Arellano, C., Uría-Galicia E., y López-Vidal J.C. (2004). Morfología lingual del murciélago piscívoro *Noctilio leporinus* (Chiroptera: Nnoctilionidae). *Acta Zoologica Mexicana*. (n.s.) 20(2), 69-78.
- Erkert, H. G. (1982). Ecological aspects of bat activity rhythms. *The ecology of bats*, T. H. Kunz (ed.) Plenum, New York. p. 201–242.
- Fiona, A.R. (2009). *A Field Guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico*. Second edition. United States of America.
- Fenton, M. B. y G. P. Bell. (1979). Echolocation and feeding behaviour in four species of *Myotis* (Chiroptera). *Canadian Journal of Zoology*, 57, 1271- 1277.

- Girón, L. (2015). Actividad de murciélagos insectívoros (Mammalia: Chiroptera) a diferentes mareas en bosque de mangle y bosque ripario. *Biología de campo*. Universidad de Costa Rica. 249-257.
- Gonsalves, L., Law, B., Webb, C., and Monamy, V. (2012). Are vegetation Interfaces important to foraging insectivorous bats in endangered coastal saltmarsh on the Central Coast of New South Wales?. *PACIFIC CONSERVATION BIOLOGY*. 18, 282-292.
- Hayes, P. J.(1997). Temporal variation in activity of bats and the deesign of echolocation- monitoring studies. *J. Mamm.*,78(2), 514-524.
- Holland, R.A., Meyer, C.F.J., Kalko, E.J., Kays, P., and Wikelski, M. (2011). Emergence time and foraging activity in Pallas' mastiff bat, *Molossus molossus* (Chiroptera: Molossidae) in relation to sunset/sunrise and phase of the moon. *Acta Chiropterologica*. 13(2), 399-404.
- Jiménez, J. A. (1999). *Ambiente, distribución y características estructurales en los Manglares del Pacífico de Centro América: Contrastes climáticos*. Organization for Tropical Studies, Costa Rica. p. 51-70.
- Jones, G. and Teeling G.C. (2006). The evolution of echolocation in bats. *TRENDS in Ecology of Evolution*. 21(3), 49-56.
- Jung, K., Kalko, E., and Von-Helversen, O. (2007). Echolocation calls in Central American emballonurid bats: signal design and call frequency alternation. *Journal of zoology*. doi:10.1111/j.1469-7998.2006.00250.x.
- Kangas, P.C., and Lugo, A.E. (1990). The distribution of mangroves and saltmarsh in Florida. *Tropical Ecology*. Vol.31 No.1 pp.32-39.
- Kalko, E.K.V. (1993). Acoustic survey of neotropical bats: advantage and disadvantage. *international workshop of neotropical mammals*. Pp.1-2.

- Kalko, E.K.V., Hans-Ulrich, S., Kaipf, I., and Grinnell A.D. (1994). Fishing and echolocation behavior of the greater bulldog bat, *Noctilio leporinus* in the field. *Behav Ecol Sociobiol.* 35, 327–345.
- Kalko, E.K.V. and M.A. Condon. (1998). Echolocation, olfaction and fruit display: how bats find fruit of flagelliferous cucurbits. *Functional Ecology*, 12, 364–372.
- Kalko, E.K.V., Hans-Ulrich, S. (1998). How echolocating bat approach and acquire food. pp 197–204.
- Kalko, E.K.V., Hans-Ulrich, S., Kaipf, I., and Grinnell A.D. (1998). Echolocation and foraging behavior of the lesser bulldog bat, *Noctilio albiventris* : preadaptations for piscivory?. *Behav Ecol Sociobiol.* 42, 305-319.
- Kunz, T. H. (1973). Resource utilization: temporal and spatial components of bat activity in central Iowa. *Journal of Mammalogy.* 54:14-32.
- Kunz, T.H., Thomas, D.W., Richards, G.R., Tidemann, C.D., Pierson, E.D., and Racey, P.A. (1996). Observational techniques for bats. Pp. 105-114. In: *Measuring and monitoring biological diversity* (D.E. Wilson, J. Nichols, R. Rudrin, R. Cole, and M. Foster, eds.). Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Landmann, A., Walder, C., Vorauer, A., Bohn, S., and Weinbeer, M. (2008). Bats of the La Gamba region, Esquinas rainforest, Costa Rica: species diversity, guild structure and niche segregation. *Stapfia 88, zugleich kataloge der oberösterreichischen Landesmuseen neue serie*, 80, 423-440.
- Lloyd, A., Law, B. and R. Goldingay. (2006). Bat activity on riparian zones and upper slopes in Australian timber production forests and the effectiveness of riparian buffers. *Biological Conservation* 129: 207-220.
- Lugo, A.E., Brown, S., Brinson, and M.M. (1988). *Forested wetlands in freshwater and salt water environments*. *Limnol. Oceanogr.* 33(4, part 2), 1988, 894–909 01988, by the American Society of Limnology and Oceanography.

- MacSwiney, G.M.C., B. Bolívar C., F. M. Clarke y P. A. Racey. (2009). Insectivorous bat activity at cenotes in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Acta Chiropterologica*, 11, 139-147.
- Mancina, C.A., García-Rivera, L., and Miller, B.W. (2012). Wing morphology, echolocation, and resource partitioning in syntopic Cuban mormoopid bats. *Journal of mammalogy*. 93(5), 1308-1317.
- Mazda, Y., Wolanski, E., King, B. et al. (1997). Mangroves and Salt Marshes. 1: 193. doi:10.1023/A:1009949411068
- Medinilla, E.E., Dadda, A.A., Aldan, E.C. (1998). *Mamíferos de la reserva de la biósfera el triunfo, chiapas*. Revista Mexicana de Mastozoología. 3, 79-94.
- Molina-Lara, O.S., and Esquivel, R.E. (1993). *Asociaciones vegetales en el manglar de la Barra de Santiago, Ahuachapán, El Salvador*. *Biología Tropical*. 41 (1): 37-46.
- Moreno-Bejarano, I. m. & r. Álvarez-León. (2003). Fauna asociada a los manglares y otros humedales en el Delta-Estuario del río Magdalena, Colombia. 27 (105): 517-534.
- Muñoz, M., and Molinari, J. (2000). Insectos presa de los murciélagos Molósidos *Eumops perotis* y *Molossus molossus*. *Ecología a latinoamericana*. Pp. 23-29.
- Ochoa, J. G., O'Farrell, M.J., and Miller, B.W. (2000). Contribution of acoustic methods to the study of insectivorous bat diversity in protected areas from northern Venezuela. *Acta Chiropterologica*. 2(2), 171-189.
- O'Farrell, M.J. Y B.W. Miller. (1997). A new examination of echolocation calls of some neotropical bats (Emballonuridae and Mormoopidae). *Journal of Mammalogy*, 78, 954-963.
- O'Farrell, M.J. Y W.L. Gannon. (1999). A Comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *Journal of Mammalogy*, 80, 24–30.

- O'Farrell, M.J. Y B.W. Miller. (1999). Use of Vocal signatures for the Inventory of Free- flying Neotropical Bats. *Biotropica*, 31, 507-516.
- O'Farrell, M.J., C. Corben, y W.L. Gannon. (2000). Geographic variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*). *Acta Chiropterologica*, 2, 185–196.
- Owen, J.G., Arroyo, J. y Jones, J.K. (1993). First record of *Noctilio albiventris* (Chiroptera, Noctilionidae) in El Salvador. *The Texas Journal of Science*.
- Owen, J.G., and Girón, L. (2012). Revised checklist and distributions of land mammals of El Salvador. *Museum of Texas Tech University*. 310, 1-32.
- Robson, S.K., (1984) *Myotis adversus* (Chiroptera: Vespertilionidae): Australia's fish-eating bat. *Australian Mammalogy*, 7. pp. 51-52.
- Rydell, J., Miller, L.A., y Jensen, M.E. (1999). Echolocation constraints of Daubenton's bat foraging over water. *Functional Ecology*. 13, 247-255.
- Rydell, J., Arita, H.T., Santos, M., y Granados, J. (2002). Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, México. *Journal of Zoology*. 257, 27-36.
- Santos-Moreno, A., Velasquez, E.R., y Martinez, A.S. (2010). Efecto de la intensidad de la luz lunar y de la velocidad del viento en la actividad de murciélagos filostomidos de Mena, Nizanda, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 81, 839-845.
- Simmons, N. B. (2005). *Order Chiroptera*. In: Wilson, D.E.; Reeder, D.M.(Eds.). *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*. 3. ed. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2005. v. 1, p. 312-529.
- Schnitzler, H.U., and Kalko, E. (2001). Echolocation by Insect-Eating Bats. *BioScience*. 51(7), 559-567. doi: 10.1641/0006-3568(2001)051[0557:EBIEB]2.0.CO;2.

- Schnitzler, H.U., and Kalko, E. (2003). Evolution of echolocation and foraging behavior in bats. *44*, 331-339.
- Schnitzler, H.U., Kalko, and E., Denzinger, A. (2003). Echolocation in bats and dolphins. *The University of Chicago*. *44*, 331-339.
- Swystun, M.B., J.M. Psyllakis y R.M. Brigham. (2001). The influence of residual tree patch isolation on habitat use by bats in central British Columbia. *Acta Chiropterologica*, *3*, 197-201.
- Trejo, A.O. (2011). *Caracterización acústica de los murciélagos insectívoros del Parque Nacional Huatulco, Oaxaca*. Tesis de maestría en ciencias, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca, México.
- Trujillo, F., Rodríguez M. J.V., Díaz-Granados, J.V., Tirira, D., y González A.H. (2005). *Mamíferos Acuáticos & relacionados con el agua*: 112-113. Bogotá: Conservación Internacional.
- Twilley, R.W., Lugo A.E., and Patterson-Zucca C. (1986). *Litter Production and Turnover in Basin Mangrove Forests in Southwest Florida*. *Ecological society of America*. DOI: 10.2307/1937691
- Vasquez, A.M., Aguilar, A.B., And Velásquez, A. (2005). *Murciélagos del centro de investigación macagual (caquetá – colombia)*. *Momentos de ciencia*. *2*, 37-43.
- Yáñez–Arancibia, A., Twilley, R.R., and Lara–Domínguez A. L. (1998). *Los ecosistemas de manglar frente al cambio climático global Madera y Bosques*. Instituto de Ecología, A.C. México. vol. 4, núm. 2, pp. 3-19.
- Yáñez–Arancibia, A., and Lara–Domínguez A. L. (1999). *Los manglares de América Latina en la encrucijada*. *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.