



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**Clasificación de las llamadas de ecolocación de las especies de murciélagos en los bosques altoandinos al sur del Ecuador**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:  
BIÓLOGA CON MENCIÓN EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN**

**Autora:**

**PAULINA JAMILETT ROJAS ROBALINO**

**Director:**

**DAVID CHRISTOPHER SIDDONS**

**CUENCA – ECUADOR**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A mi Abuela, Tía y Padre por su apoyo incondicional en toda mi formación personal y académica y de manera especial a mi Hijo, por ser la principal motivación para culminar este proyecto de tesis.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Director de Tesis David Siddons, por su apoyo y confianza para la realización de este trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos Fernando Jiménez, Miguel Vizhco, Carlos Niveló, Xavier Pinos y demás colaboradores, por su apoyo en los muestreos de campo.

Al PNC por su colaboración con los permisos de ingreso a los sitios de muestreo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	PÁGINA
DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO 1 MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>5</b>
1.1. Área de estudio.....	5
1.2. Fase de campo .....	6
1.3. Análisis de datos.....	7
<b>CAPÍTULO 2 RESULTADOS .....</b>	<b>11</b>
2.1. Resultados de mediciones y estructuras de pulso.....	11
2.1.1. Variables seleccionadas .....	20

<b>CAPÍTULO 3 DISCUSIONES y CONCLUSIONES .....</b>	<b>22</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>27</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>31</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Mapa de las zonas de estudio y ubicación de los puntos de muestreo .....	6
Figura 1.2. Medidas (Espectrograma y espectro de poder de <i>Sturnira erythromos</i> canto 2) .....	8
Figura 1.3. Tipos de pulso (Lisón, 2011) .....	9
Figura 2.1. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de Canto 1 y Canto 2 de <i>Anoura geoffroyi</i> .....	12
Figura 2.2. Estructura de pulso Canto 1, Canto 2 de <i>Anoura geoffroyi</i> .....	13
Figura 2.3. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de Canto 1, Canto 2 y canto 3 de <i>Myotis oxyotus</i> .....	14
Figura 2.4. Estructura de pulso Canto 1, Canto 2 y Canto 3 de <i>Myotis oxyotus</i> .....	15
Figura 2.5. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de Canto 1 y Canto 2 de <i>Sturnira erythromos</i> .....	16
Figura 2.6. Estructura de pulso Canto 1, Canto de <i>Sturnira erythromos</i> .....	16
Figura 2.7. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de Canto 1 y Canto 2 de <i>Histiotus montanus</i> .....	18
Figura 2.8. Estructura de pulso Canto 1, Canto 2 de <i>Histiotus montanus</i> .....	18
Figura 2.9. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de cantos de Especie desconocida en grabaciones de <i>A. geoffroyi</i> y <i>S. erythromos</i> respectivamente .....	19
Figura 2.10. Estructura de pulso especie desconocida .....	20
Figura 2.11. CVA Scatter plot (Convex hulls) de canto uno de <i>S. erythromos</i> , <i>A. geoffroyi</i> , <i>M. oxyotus</i> e <i>H. montanus</i> .....	20
Figura 2.12. CVA Scatter plot (Convex hulls) de canto dos de <i>S. erythromos</i> , <i>A. geoffroyi</i> , <i>M. oxyotus</i> e <i>H. montanus</i> .....	21

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Especies y número de individuos de murciélagos grabados .....	11
Tabla 2.2. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 1 de <i>Anoura geoffroyi</i> con tres armónicos .....	12
Tabla 2.3. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 2 de <i>Anoura geoffroyi</i> con un armónico .....	12
Tabla 2.4. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 1 de <i>Myotis Oxyotus</i> con tres armónicos .....	13
Tabla 2.5. Promedios y desviaciones estándar de las variables para canto 2 de <i>Myotis Oxyotus</i> con un armónico.....	13
Tabla 2.6. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 3 de <i>Myotis Oxyotus</i> con dos armónicos.....	14
Tabla 2.7. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 1 de <i>Sturnira erythromos</i> con dos armónicos.....	15
Tabla 2.8. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 2 de <i>Sturnira erythromos</i> con un armónico.....	15
Tabla 2.9. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 1 de <i>Histiotus montanus</i> con tres armónicos .....	17
Tabla 2.10. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 2 de <i>Histiotus montanus</i> con un armónico .....	17

## ÍNDICE DE ANEXOS

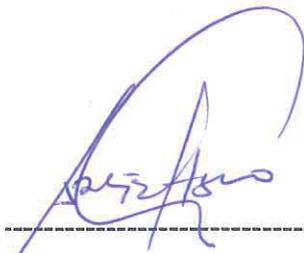
Anexo 1. Carpa de vuelo.....	31
Anexo 2. Equipos.....	31
Anexo 3. Especies capturadas.....	32
Anexo 4. Grabaciones.....	32

**CLASIFICACIÓN DE LAS LLAMADAS DE ECOLOCACIÓN DE LAS ESPECIES  
DE MURCIÉLAGOS EN LOS BOSQUES ALTOANDINOS AL SUR DEL  
ECUADOR**

**RESUMEN**

Se presenta una alternativa a los métodos convencionales de muestreo, mediante detectores ultrasónicos, creando una biblioteca base de llamados de ecolocación de las especies de murciélagos de los bosques altoandinos Llaviuco y Mazán. Se emplearon dos tipos de micrófonos ultrasónicos, unidireccional y multidireccional, con los que se grabaron los llamados de cuatro especies: *Anoura geoffroyi*, *Myotis oxyotus*, *Sturnira erythromos* e *Histiotus montanus*. Los datos obtenidos se analizaron con el software Avisoft SasLab Pro, se promediaron las medidas de cada una de las especies para establecer diferencias entre ellas. Se pudieron distinguir dos tipos de canto diferentes para *A. geoffroyi*, *H. montanus* y *S. erythromos* mientras que *M. oxyotus* presentó tres tipos de canto distintos. Las diferencias encontradas tanto en las variables medidas como en las formas de las llamadas se muestran notables entre las especies, haciendo del método acústico de identificación una alternativa real y confiable.

**Palabras clave:** murciélagos, ecolocación, detectores ultrasónicos, métodos acústicos.



Edwin Xavier Zárate Hugo  
**Director de Escuela**



David Christopher Siddons  
**Director de Tesis**



Paulina Jamilett Rojas Robalino  
**Autora**

**CLASSIFICATION OF ECHOLOCATION CALLS OF BAT SPECIES IN THE  
HIGH ANDEAN FORESTS IN THE SOUTH OF ECUADOR**

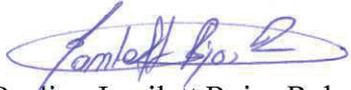
**ABSTRACT**

This research paper presents an alternative to conventional sampling methods using ultrasonic detectors, in order to create a database for echolocation calls of bat species of Llaviuco and Mazán high Andean forests. Two types of ultrasonic microphones (unidirectional and multidirectional) were used to record the calls of four species: *Anoura geoffroyi*, *Myotis oxyotus*, *Sturnira erythromos* and *Histiotus montanus*. The data were analyzed with Avisoft-SASLab Pro software. The measures of each species were averaged to establish differences. It was possible to distinguish two different kinds of singing for *A. geoffroyi*, *H. montanus* and *S. erythromos*; while *M. oxyotus* presented three different types of singing. The differences found in the variables measured as well as in the types of calls are remarkable among species, and make of the acoustic identification method a real and reliable alternative.

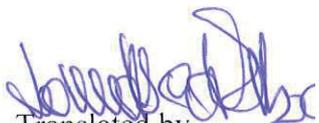
**Keywords:** Bats, Echolocation, Ultrasonic Detectors, Acoustic Methods.

  
Edwin Xavier Zárate Hugo  
**School Director**

  
David Christopher Siddons  
**Thesis Director**

  
Paulina Jamilett Rojas Robalino  
**Author**

  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
Dpto. Idiomas

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Rojas Robalino Paulina Jamilett  
Trabajo de Graduación  
Ecólogo David Christopher Siddons  
Septiembre, 2015

**CLASIFICACIÓN DE LAS LLAMADAS DE ECOLOCACIÓN DE LAS  
ESPECIES DE MURCIÉLAGOS EN BOSQUES ALTO ANDINOS DEL SUR  
DEL ECUADOR**

**INTRODUCCIÓN**

Los murciélagos, agrupados dentro del orden Chiroptera (Simmons, Fenton, & O'Farrell, 1979; Fenton & Bell, 1981; Molina & Velazco, 2011), son los únicos mamíferos con la capacidad de volar. Los individuos pertenecientes a este grupo tienen diferentes hábitos tanto de alimentación como de forrajeo, y todas las especies son capaces de realizar ecolocación (Neuweiler & Metzner, 1987); esto debido al desarrollo considerable del nervio auditivo, y laríngeo principalmente (MacDonal, Matsui, & Stevens, 1994). Algunos autores consideran que tanto la ecolocación como la capacidad de vuelo evolucionaron conjuntamente (Speakman, 2001; Schnitzler & Kalko, 2001; Orozco-Lugo, Guillen-Servent, & Valenzuela-Galván, 2013; Jung, Molinari, & Kalko, 2014).

El término ecolocación, utilizado por Griffin en 1938, describe la capacidad de los murciélagos de emitir pulsos de ultrasonido que al rebotar con objetos sólidos o presas generan un eco, que provee al animal de información detallada sobre: distancia, forma, tamaño etc. Estos pulsos pueden cambiar de frecuencia, amplitud y tiempo entre sus llamados, dependiendo de la precisión que requieran (Neuweiler & Metzner, 1987; Schnitzler & Kalko, 2001).

Las llamadas en fase de búsqueda son las más utilizadas para la identificación de especies de murciélagos ya que representan el 90% de las emisiones realizadas en la etapa de forrajeo (Fenton, Boyle, Harrison, & Oxley, 1977; Fenton & Bell, 1981; Parsons & Jones, 2000; Kalko & Aguirre, 2007). El rango de frecuencia, forma y duración de las llamadas varían entre especies (Murray et al. 2001) de esta manera es posible realizar identificación de especies tomando en cuenta las características distintivas de las llamadas (Simmons, Fenton, & O'Farrell, 1979; O'Farrell & Miller, 1997; Mora, Macías, & Rojas, 2002).

Las características de las llamadas se ven influenciadas por las condiciones ambientales en las que vive y se desarrolla cada especie e incluso pueden variar dentro de una misma especie (Korine & Kalko, 2001). Las llamadas de ecolocación pueden proveer información más precisa en cuanto a la abundancia relativa y diversidad de especies e incluso sobre comportamiento y análisis de poblaciones y comunidades de murciélagos (Mora, Macías, & Rojas, 2002)

Los métodos convencionales de muestreo, además de requerir del empleo de gran cantidad de tiempo y personal, implica la captura y en ocasiones la muerte del animal; provocando estrés en la población y la comunidad que se estudia (Murray, Britzke, & Hardley, 1999; Mora, Macías, & Rojas, 2002). Una herramienta alternativa a estos métodos son los detectores ultrasónicos (O'Farrell & Miller, 1997) que a través de hardware especializado posibilita grabar ultrasonidos en formatos audibles (Frick, 2013) y almacenar enormes cantidades de información (Armitage & Ober, 2010).

Avisoft-UltraSoundGate 116Hme (mobile) (Avisoft Bioacoustics, Germany), es un micrófono unidireccional que permite grabar en tiempo real tanto los cantos fundamentales como los armónicos emitidos por las especies estudiadas; Batcorder (EcoObs Technology & Service, Germany), micrófono multidireccional que de la misma manera que el anterior permite grabar no solo los cantos más intensos si no también los armónicos de los llamados de ecolocación. Los datos adquiridos se pueden transmitir,

procesar y analizar usando herramientas computacionales. De esta manera la toma de muestras por métodos acústicos permite, además, incrementar el universo muestral, volviendo más confiable el muestreo (Acevedo & Villanueva-Rivera, 2006; Caycedo-Rosales, 2013), tras haber obtenido información preliminar en combinación con el método convencional; para así poder crear una herramienta automatizada de identificación (Corcoran, 2007) a partir de una biblioteca base.

Es preciso contar con una biblioteca de llamados de ecolocación que permita comparar resultados de investigaciones similares (Korine & Kalko, 2001). De ahí la importancia de este estudio cuya finalidad es dar inicio a una biblioteca base puesto que dentro de la bibliografía consultada no se han encontrado estudios de las llamadas de ecolocación con las especies de esta investigación, con excepción de *Histiotus montanus* en un estudio realizado por Ossa (2010) sobre murciélagos de Chile.

**Objetivo general:**

- Dar inicio a la biblioteca de llamadas de ecolocación con claves acústicas que faciliten la identificación automatizada de las especies de murciélagos encontradas en los bosques Llaviuco y Mazán

**Objetivos específicos:**

- Determinar las características acústicas que permiten diferenciar las llamadas de ecolocación en fase de búsqueda de las diferentes especies presentes en la zona de estudio

## CAPÍTULO 1

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 1.1. Área de estudio

Esta investigación se desarrolló en el Bosque de Llaviuco y Bosque Protector Mazán situados en la Meseta del Cajas, en la Cordillera Occidental de los Andes (Buchelli, 2009)

**Mazán**.- Se localiza en las parroquias de Sayausí y San Joaquín a 10 Km al oeste de la ciudad de Cuenca. El Bosque Protector Mazán tiene un área total de 2640 ha. (Minga, 2000), a una altura entre los 3000 y 4137 m.s.n.m.; formado por bosque nativo andino, bosque secundario y, en las partes más altas, pastos y pajonales.

En los años ochenta se inició un proceso de conservación con la finalidad de contrarrestar alteraciones como consecuencia de actividades agrícolas y ganaderas. En la actualidad se considera al BP Mazán como uno de los sitios más diversos, siendo un importante refugio de especies endémicas, amenazadas y claves para la conservación (ETAPA, 2005).

**Llaviuco**.- El Bosque de Llaviuco se encuentra en la Cordillera Occidental de los Andes, está ubicado a 15 Km al Noroeste de la ciudad de Cuenca, con una altitud de 3160 m.s.n.m.; formado por páramo de pajonal, bosque primario y secundario de pastizal (Rodas, 2005).

Llaviuco se ha visto afectado por intervenciones antrópicas, explotación forestal y actividades pecuarias principalmente, por lo que se pueden identificar dos tipos de bosque: primario y secundario. Actualmente el área de Llaviuco que está dentro del PNC se encuentra en período de recuperación.

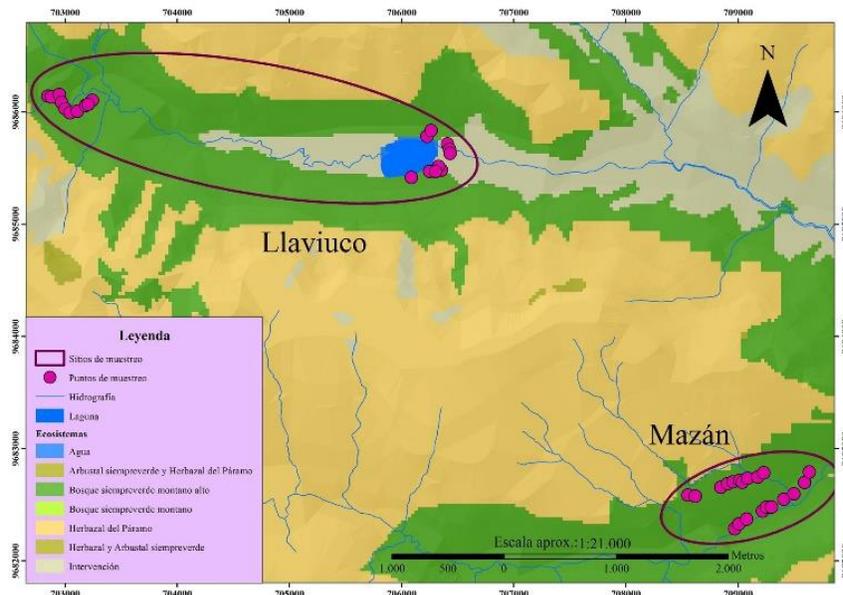


Figura 1.1. Mapa de las zonas de estudio y ubicación de los puntos de muestreo

Fuente: Ministerio del Ambiente 2013 100k WGS84. Formaciones vegetales

## 1.2. Fase de campo

### 1.2.1. Muestreo con redes de niebla

Se realizaron capturas con redes de niebla, con el objeto de grabar individuos que estén identificados a nivel de especie, en edad adulta y en un lugar cerrado. El trabajo de campo se realizó en un período de cuatro meses, comprendidos entre Marzo y Julio de 2014. Los muestreos se realizaron de acuerdo al calendario lunar en los días en los que la luna presentó iluminación menor al 20%. Se ubicaron 10 redes de niebla (6m x 3m x 30mm) en claros seleccionados estratégicamente de acuerdo a los criterios recomendados por Tirira (2007), cubriendo un área aproximada de 500m en cada sitio de muestreo, por tres días.

Las redes de niebla fueron abiertas a partir del ocaso (18:00h) por un período de seis horas, los individuos capturados se identificaron a nivel de especie. Solo los adultos

fueron grabados, ya que las emisiones vocales dependen del ajuste de tensión de las cuerdas vocales que en adultos está definida, mientras que en los juveniles puede haber variaciones (Jones, Gordon, & Nightingale, 1992; Murray, Britzke, & Robbins, , 2001). Los murciélagos capturados se grabaron en una carpa de malla (Korine & Kalko, 2001; Mora, Macías, & Rojas, 2002) (Anexo 1.) con el fin de obtener grabaciones con la menor cantidad de eco posible en un ambiente controlado.

### **1.2.2. Grabaciones**

Las grabaciones de los llamados de ecolocación se obtuvieron con los equipos ultrasónicos Avisoft-UltraSoundGate 116Hme (mobile) (Avisoft Bioacoustics, Germany) (Anexo 2); micrófono unidireccional que se configuró con una frecuencia de muestreo de 750kHz y Batcorder (EcoObs Technology & service, Germany) (Anexo 2.); un micrófono omnidireccional y configurado para grabaciones automáticas con frecuencia de muestreo de 500kHz.

### **1.3. Análisis de datos**

Los datos obtenidos fueron analizados con el software Avisoft-SASLab Pro (Avisoft Bioacoustics, Germany), el software se configuró con una precisión de 256, 16 bits de resolución, en cuanto a la frecuencia máxima de resolución se escogió lo más conveniente para cada uno de los equipos utilizados; 750kHz para Avisoft-UltraSoundGate 116Hme (mobile) (Avisoft Bioacoustics, Germany) y 500kHz para las grabaciones obtenidas con Batcorder (EcoObs Technology & Service, Germany).

#### **1.3.1. Procesamiento de las grabaciones**

Se emplearon dos filtros durante el procesamiento inicial de las grabaciones. En primera instancia se filtraron las grabaciones para minimizar ruido y eco utilizando un filtro FIR (Finitiy Impulse Response) que posee una estructura de no retroalimentación que permite mayor fidelidad de las señales filtradas ya que provoca una respuesta de fase lineal,

haciendo que los componentes de frecuencia se retrasen por igual. Se logró con FIR (High Pass con umbral inferior de 25kHz y 256 taps) reducir todos los ruidos inferiores a 25kHz, dado que el grupo de interés no emite sonidos inferiores a 25kHz. Tras el primer filtro FIR, se pasaron las grabaciones por un filtro “Noise Reduction” (reducción de ruido) utilizado para reducir ruido por debajo de un umbral determinado, en este caso -75dB.

### 1.3.2. Medición de pulsos de ecolocación

En cuanto a la configuración de los parámetros de análisis de los llamados de ecolocación, el protocolo establecido por Rivera-Parra & Burneo (2010) recomienda crear espectrogramas con: Fast Fourier Transform (FFT) entre 256 y 512 dependiendo del monitor, se utilizó 256. El manual de Avisoft SasLab Pro recomienda la utilización de Window: Hamming, sin embargo Jung *et al.* (2007) sugiere la utilización de Flat top window que es el parámetro que se utilizó en este trabajo de investigación ya que se creyó más conveniente debido a las características del monitor.

Se midieron únicamente los pulsos con tres armónicos completos en caso de tenerlos o el llamado fundamental para los que no tenían armónicos visibles, las mediciones se realizaron con una herramienta del software Avisoft-SASLab Pro (Avisoft Bioacustics, Germany) llamada Magic cursor, con snap distance equivalente a 29296 Hz y un umbral de -20 dB, esta herramienta permite tomar con mayor rapidez todas las medidas que se revisarán a continuación. (Figura 1.2.):

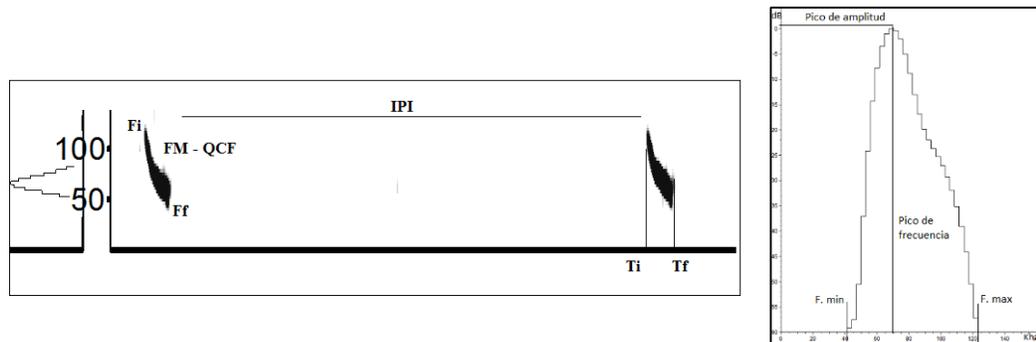


Figura 1.2. Medidas (Espectrograma y espectro de poder de *Sturnira erythromos* canto 2)

Fuente: Autor

**Tiempo inicial (Ti):** Tiempo de inicio en segundos.

**Tiempo máximo:** Pico de amplitud de todo el elemento en segundos.

**Duración (D):** Duración del elemento en segundos.

**Pico de amplitud:** Pico de amplitud del elemento en dB.

**Pico de Frecuencia:** La frecuencia en el punto de amplitud máxima en Hz.

**Frecuencia inicial (Fi):** La frecuencia al inicio del elemento en Hz.

**Frecuencia final (Ff):** La frecuencia al final del elemento en Hz.

**Frecuencia máxima:** El pico máximo de frecuencia sobre todo el elemento en Hz.

**Frecuencia mínima:** El pico mínimo de frecuencia del elemento en Hz.

**Intervalo interpulso:** Tiempo transcurrido entre dos pulsos en segundos.

También se tomó en cuenta la estructura del pulso (Figura 1.3):

**Pulsos tipo FC (Frecuencia Constante)**

**Pulsos tipo FM (Frecuencia Modulada)**

**Pulsos tipo FM-QCF (Frecuencia Modulada – Cuasi constante)**

**Pulsos tipo QCF (Frecuencia Cuasi constante)**

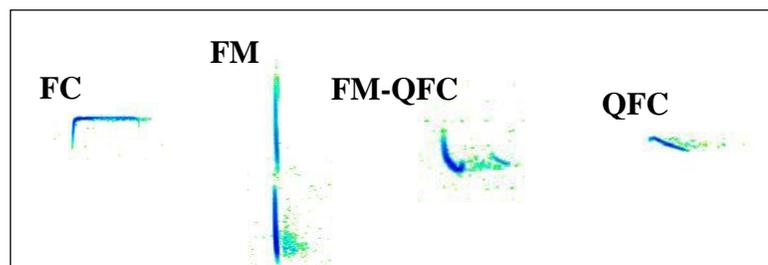


Figura 1.2. Tipos de pulso

Fuente: Lisón, 2011

### **1.3.3. Análisis estadístico**

Se hicieron correlaciones con todas las variables medidas por cada uno de los cantos de las cuatro especies estudiadas, finalmente se seleccionaron cuatro variables correlacionadas negativamente y poco correlacionadas entre ellas. Las variables escogidas  $t_{max}$  (tiempo en el que se encuentra el pico de frecuencia), duración, pico de frecuencia y pico de amplitud se utilizaron posteriormente para hacer el multivariate analysis of variance (manova), con la finalidad de separar estadísticamente las especies.

## CAPÍTULO 2

### RESULTADOS

Se capturaron un total de 49 individuos en las dos áreas de muestreo, representados en cuatro especies. La especie más común fue *Myotis oxyotus*, con 21 individuos que pudieron ser grabados, 14 *Anoura geoffroyi*, 12 *Sturnira erythromos* y dos individuos de *Histiotus montanus* (Tabla 2.1.).

Tabla 2.1. Especies y número de individuos de murciélagos grabados

<b>Sitio</b> <b>Especie</b>	<b>Llaviuco</b>	<b>Mazán</b>
<i>M. Oxyotus</i>	7	14
<i>A. geoffroyi</i>	4	10
<i>S. erythromos</i>	3	9
<i>H. montanus</i>	2	0

Fuente: Autor

#### 2.1. Resultados de mediciones y estructuras de pulso

##### *Anoura geoffroyi*

*Anoura geoffroyi* presenta dos tipos de cantos distintos, el primero con dos armónicos completos y el armónico fundamental; y el segundo con el fundamental únicamente (Tabla 2.2., Tabla 2.3., Figura 2.1.). Se midieron los armónicos de manera que el primero (A1) está en la parte más baja del llamado el segundo en la mitad (A2) y el tercero es el más alto (A3).

Tabla 2.2. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 1 de *Anoura geoffroyi* con tres armónicos

<i>Anoura geoffroyi</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0005	0.002	-53.45	51.45	56.89	36.02	58.10	33.51	1
	0.0007	0.0017	-39.73	84.58	104.43	71.89	107.62	64.58	2
	0.0007	0.0014	-45.73	101.08	117.77	83.86	121.22	80.73	3
Desviación estándar	0.0004	0.0005	5.84	7.89	7.99	7.62	8.48	7.12	1
	0.0003	0.0004	4.95	8.58	10.15	14.19	10.35	7.93	2
	0.0003	0.0004	6.81	7.30	7.54	6.98	8.02	8.15	3

Fuente: Autor

Tabla 2.3. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 2 de *Anoura geoffroyi* con un armónico

<i>Anoura geoffroyi</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0022	0.0037	-38.85	43.23	62.59	41.12	64.78	38.74	1
Des. Estándar	0.0007	0.0012	4.94	6.86	9.25	5.48	9.85	4.95	1

Fuente: Autor

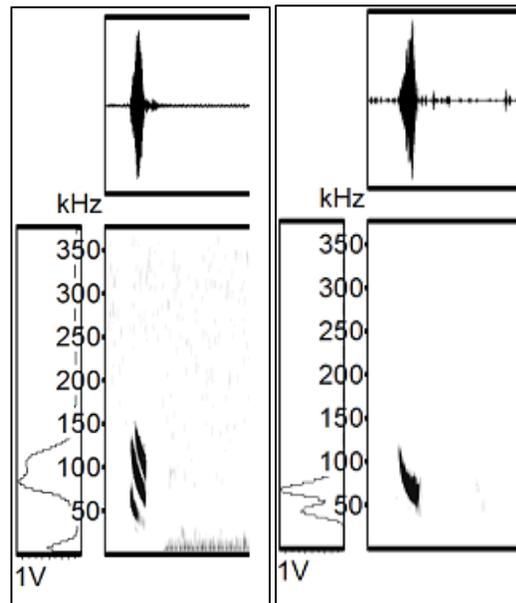


Figura 2.1. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de Canto 1 y Canto 2 de *Anoura geoffroyi*

Fuente: Autor

Se determinó, mediante sus formas, la estructura de pulso de cada uno de los llamados de las especies estudiadas, ubicando cada llamado dentro de una categoría de frecuencia.

El canto 1 y 2 de *Anoura geoffroyi* se ubica dentro de los pulsos de ecolocación de tipo FM-QCF como se pudo ver en la Figura 2.2.

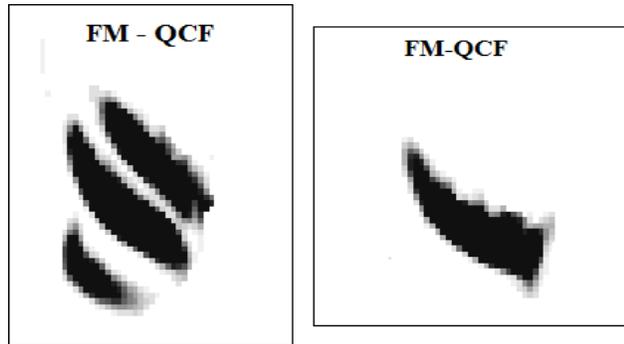


Figura 2.2. Estructura de pulso Canto 1, Canto 2 de *Anoura geoffroyi*

Fuente: Autor

***Myotis oxyotus***

*Myotis oxyotus*, muestra tres cantos distintos: el primero con dos armónicos, el segundo con uno y el tercero con dos armónicos totales (Tabla 2.4., Tabla 2.5., Tabla 2.6., Figura 2.3.)

Tabla 2.4. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 1 de *Myotis Oxyotus* con tres armónicos

<i>Myotis oxyotus</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0010	0.0022	-20.47	34.48	47.57	26.31	49.70	24.00	1
	0.0010	0.0020	-27.59	59.48	79.00	47.22	82.36	45.62	2
	0.0009	0.0016	-40.43	82.12	100.49	71.61	104.41	69.34	3
Desviación estándar	0.0005	0.0005	4.61	8.38	14.68	5.91	14.16	4.13	1
	0.0004	0.0004	5.64	10.82	14.51	8.33	15.04	8.23	2
	0.0003	0.0004	7.85	13.37	14.79	12.25	14.61	12.25	3

Fuente: Autor

Tabla 2.5. Promedios y desviaciones estándar de las variables para canto 2 de *Myotis Oxyotus* con un armónico

<i>Myotis oxyotus</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0013	0.0019	-35.08	53.39	82.78	45.28	85.95	43.98	1
Des. Estándar	0.0006	0.0008	5.43	6.67	13.22	4.77	13.35	4.47	1

Fuente: Autor

Tabla 2.6. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 3 de *Myotis Oxyotus* con dos armónicos

<i>Myotis oxyotus</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0010	0.0016	-30.18	53.19	87.60	45.15	92.37	44.06	1
	0.0005	0.0010	-52.33	97.77	114.32	88.34	116.24	84.21	2
Desviación Estándar	0.0002	0.0003	4.60	4.18	7.24	3.50	7.32	3.12	1
	0.0002	0.0002	5.41	7.30	7.54	6.98	8.02	8.15	2

Fuente: Autor

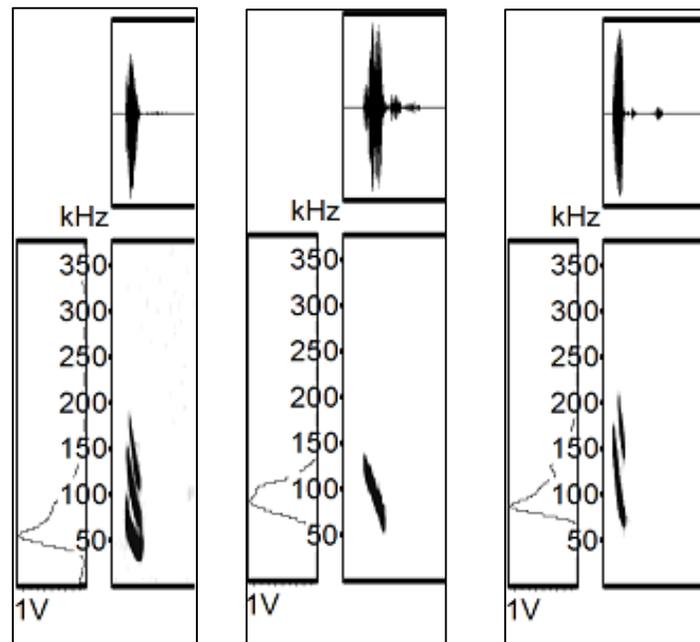


Figura 2.3. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de Canto 1, Canto 2 y canto 3 de *Myotis oxyotus*

Fuente: Autor

*Myotis Oxyotus* en su Canto 1 distingue para el primer armónico FM-QCF, mientras que su segundo y tercer armónico presentan estructura tipo FM, el Canto 2 dos con un solo armónico es de tipo FM-QCF, en tanto que en su Canto 3 se distinguen claramente dos armónicos de tipo FM (Figura 2.4.).

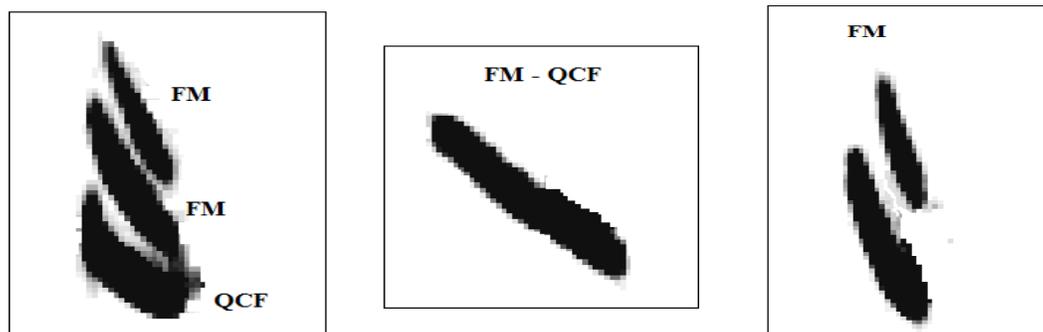


Figura 2.4. Estructura de pulso Canto 1, Canto 2 y Canto 3 de *Myotis oxyotus*

Fuente: Autor

### *Sturnira erythromos*

*Sturnira erythromos* presenta dos cantos: el primero con tres armónicos y el segundo con el llamado fundamental y sin armónicos visibles (Tabla 2.7., Tabla 2.8., Figura 2.5.)

Tabla 2.7. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 1 de *Sturnira erythromos* con dos armónicos

<i>Sturnira erythromos</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0008	0.0021	-47.65	36.71	45.59	36.00	49.41	27.54	1
	0.0009	0.0020	-40.74	63.28	80.10	55.16	82.61	46.54	2
	0.0009	0.0017	-44.88	84.20	97.46	70.21	103.08	66.41	3
Desviación estándar	0.0004	0.0009	4.54	11.20	11.81	14.56	13.36	8.77	1
	0.0005	0.0008	4.65	10.51	10.38	13.61	10.62	8.13	2
	0.0005	0.0007	5.38	9.48	13.29	12.02	11.49	10.38	3

Fuente: Autor

Tabla 2.8. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 2 de *Sturnira erythromos* con un armónico

<i>Sturnira erythromos</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0007	0.0048	-37.01	40.86	58.59	38.06	60.24	36.18	1
Des. Estándar	0.0004	0.0013	4.80	5.43	8.60	4.32	9.24	5.67	1

Fuente: Autor

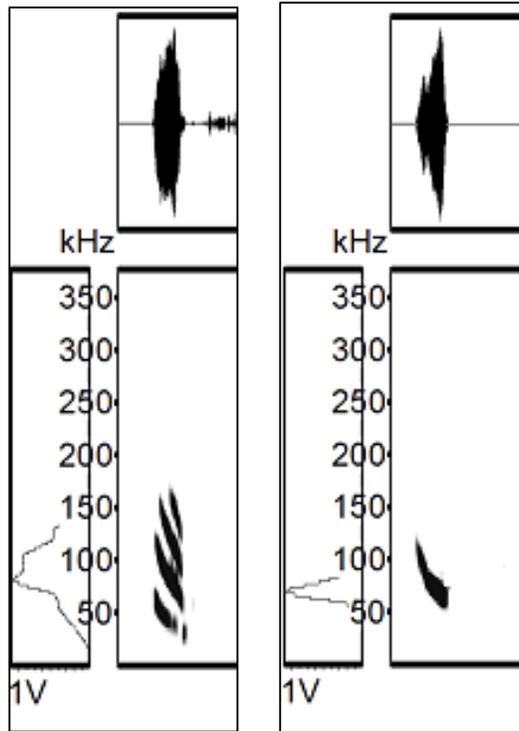


Figura 2.5. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de Canto 1 y Canto 2 de *Sturnira erythromos*  
Fuente: Autor

Esta especie en su Canto 1 presenta en el primer armónico estructura de tipo QCF mientras que los armónicos dos y tres tienen estructura FM-QCF, el cuarto armónico no se midió debido a que no se pudo distinguir en la mayoría de los cantos (Obrist, Pavan, & Sueur, 2010; Lisón, 2011). El canto 2 muestra pulsos de ecolocación de tipo QCF (Figura 2.6.).

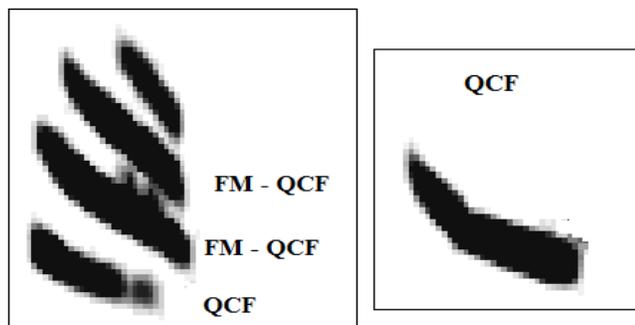


Figura 2.6. Estructura de pulso Canto 1, Canto de *Sturnira erythromos*  
Fuente: Autor

***Histiopus montanus***

Se pudieron identificar dos tipos de cantos para *Histiopus montanus*, el primero con dos armónicos además del llamado fundamental y el segundo que muestra solo el llamado fundamental (Tabla 2.9., Tabla 2.10. Figura 2.7.)

Tabla 2.9. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 1 de *Histiopus montanus* con tres armónicos

<i>Histiopus montanus</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0007	0.0031	-45.61	30.89	36.83	28.42	38.96	20.33	1
	0.0014	0.0027	-44.20	46.52	60.38	39.38	64.00	36.79	2
	0.0016	0.0025	-58.34	62.18	78.13	53.22	80.65	50.70	3
Desviación estándar	0.0004	0.0010	3.94	2.87	1.31	9.16	1.94	1.52	1
	0.0005	0.00	3.76	2.68	6.25	4.67	3.96	4.23	2
	0.0007	0.00	5.69	3.29	7.01	7.57	6.26	5.59	3

Fuente: Autor

Tabla 2.10. Promedios y desviación estándar de las variables para canto 2 de *Histiopus montanus* con un armónico

<i>Histiopus montanus</i>	t máximo (s)	duración (s)	pico de ampl (Db)	pico de frec (KHz)	f inicial (KHz)	f final (KHz)	f máxima (KHz)	f mínima (KHz)	Armónico
Promedio	0.0009	0.0020	-40.51	36.05	49.50	29.40	51.63	26.76	1
Des. Estándar	0.0005	0.00	5.18	6.67	6.04	5.32	5.21	3.71	1

Fuente: Autor

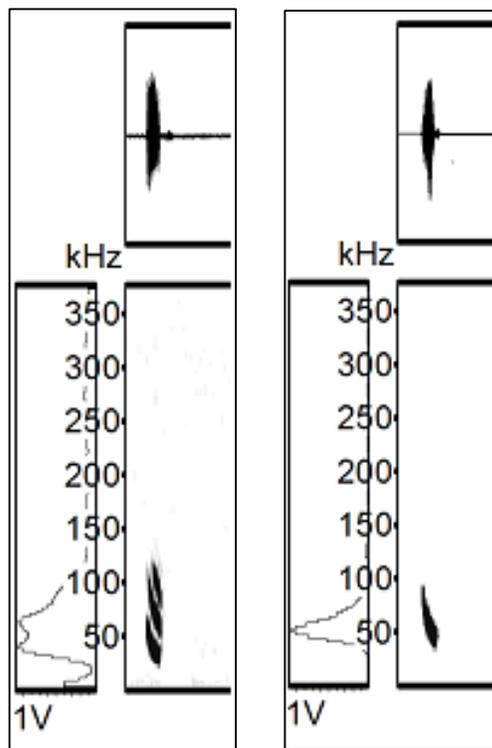


Figura 2.7. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de Canto 1 y Canto 2 de *Histiotus montanus*

Fuente: Autor

*H. montanus* presenta tanto en el canto 1 como en el canto 2, armónicos de tipo FM-QFC (Figura 2.8).

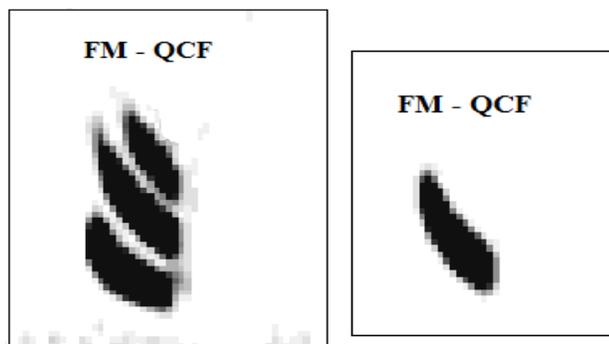


Figura 2.8. Estructura de pulso Canto 1, Canto 2 de *Histiotus montanus*

Fuente: Autor

### Registro adicional

Dentro de las grabaciones realizadas a *Anoura geoffroyi* y *Sturnira erythromos* en el área de mazán se registraron llamados de una especie fuera del estudio (Especie desconocida), con estructura de pulso de tipo FC (Figura 2.9., Figura 2.10.). No se tomaron medidas, sin embargo por el audio y la frecuencia sonora se puede decir que se trata de una especie de murciélago, que no fue capturada, motivo por el que no está dentro de la presente investigación.

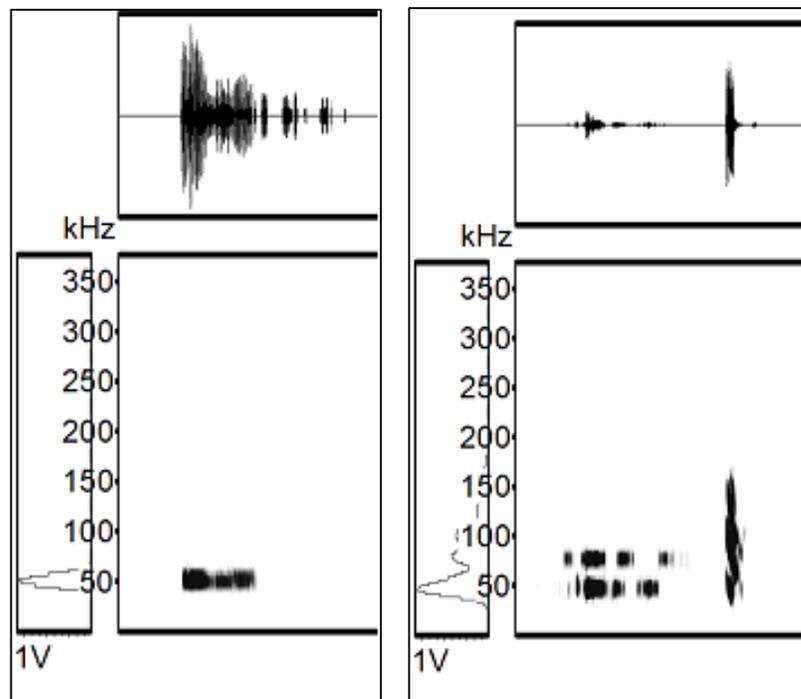


Figura 2.9. Espectro de poder, oscilograma y espectrograma de cantos de Especie desconocida en grabaciones de *A. geoffroyi* y *S. erythromos* respectivamente

Fuente: Autor

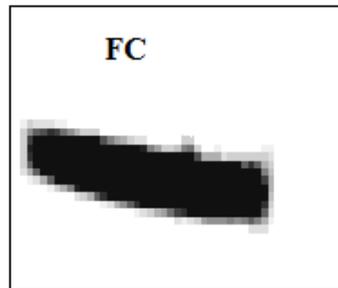


Figura 2.10. Estructura de pulso especie desconocida

Fuente: Autor

### 2.1.1. Variables seleccionadas

Con las cuatro variables seleccionadas para realizar el MANOVA, se obtuvo para el armónico fundamental del canto uno, de tres armónicos, los siguientes resultados: Wilk's lambda: 0.2434,  $df_1 = 12$ ,  $df_2 = 2384$ ,  $F = 140.2$ ; Pillai trace: 0.9774,  $df_1 = 12$ ,  $df_2 = 2709$ ,  $F = 109.1$ . Tanto el índice Wilk's lambda como Pillai trace muestran una diferencia significativa entre las especies en el canto uno.

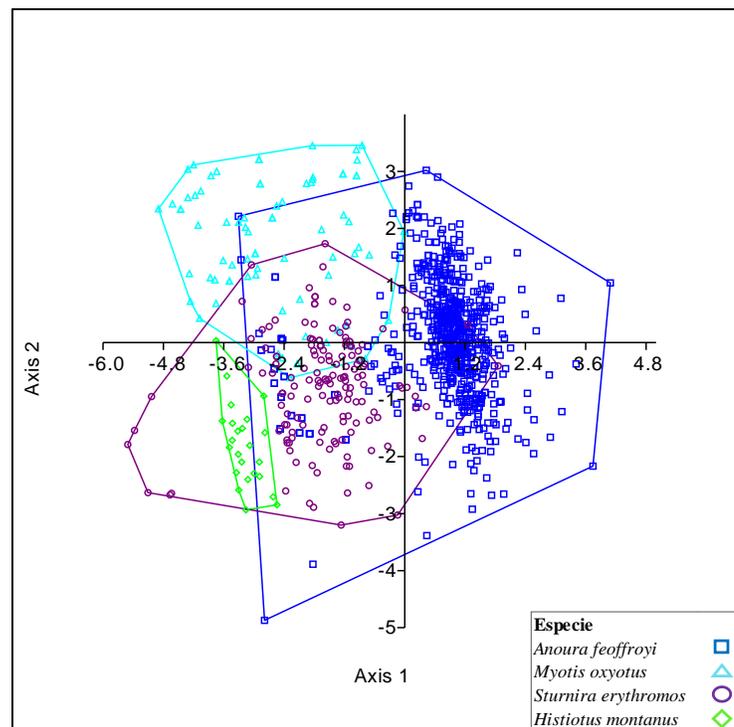


Figura 2.11. CVA Scatter plot (Convex hulls) de canto uno de *S. erythromos*, *A. geoffroyi*, *M. oxyotus* e *H. montanus*.

Fuente: Autor

El análisis de variables canónicas (CVA) produce un gráfico de dispersión (Figura 2.11. y Figura 2.12.) con el que se puede distinguir visualmente la separación entre las especies estudiadas.

El análisis MANOVA dio como resultado: Wilk's lambda=0.2497, df1= 12, df2=7276, F=418.1; Pillai trace: 0.9241, df1=12, df2=8256, F=306.3 para el canto dos.

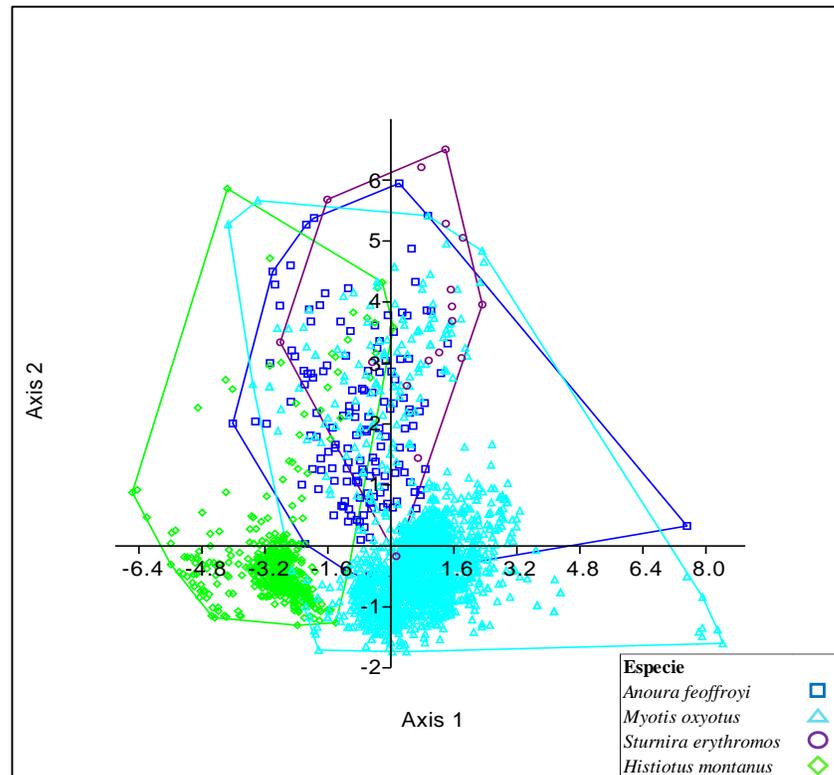


Figura 2.12. CVA Scatter plot (Convex hulls) de canto dos de *S. erythromos*, *A. geoffroyi*, *M. oxyotus* e *H. montanus*.

Fuente: Autor

Tanto el índice Lambda de Wilk como la traza de Pillai muestran que la separación de las especies es significativa en los dos cantos. Sin embargo se puede ver también que la separación no es completa puesto que existe solapamiento de datos (Figura 2.11., Figura 2.12.) siendo esto muy frecuente según estudios realizados (Korine & Kalko 2001).

## CAPÍTULO 3

### DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

- Los murciélagos se ven influenciados por diversos factores que difieren de acuerdo al método de muestreo, sea este acústico o por captura. Varios estudios han demostrado que pueden utilizarse tanto métodos acústicos como métodos convencionales sin que haya diferencias significativas entre los dos en cuanto a identificación de especies (Kunz & Brock, 1975; Parsons, 1998; Barlow, 1999; Brigham, Kalko, Jones, Parsons, & Herman, 2002; Britzke, 2003; Ossa, 2010).
- Sin embargo se puede obtener una visión más completa con una combinación de técnicas puesto que mediante métodos acústicos no se posible conocer parámetros que pueden ser de utilidad al momento de estudiar su ecología como: caracteres morfológicos, composición por sexos, edades y estado reproductivo (Fenton, y otros, 1992; Rautenbach, Fenton, & Whiting, 1996; Barlow, 1999). No obstante, teniendo como precedente que hay especies de murciélagos que no son susceptibles a los métodos convencionales de muestreo, el método acústico posee una gran ventaja ya que además de ser no invasivo puede proveer información más precisa en cuanto a la abundancia relativa y diversidad de especies (Sherwin, Gannon, & Haymond, 2000; Mora, Macías, & Rojas, 2002)
- Previo a la utilización del método acústico de muestreo para el estudio de ecología de poblaciones y comunidades, es necesario establecer variaciones entre los llamados de ecolocación de cada especie, así como las diferencias existentes entre especies de tal manera que se puedan separar unas de otras por sus cantos:

## Intraespecíficas

- *Anoura geoffroyi* con pulso de tipo FM-QCF en sus dos cantos. El primer canto con tres armónicos puede confundirse visualmente con el segundo canto de un armónico, cuando no se aprecia el canto completo. Sin embargo al tomar las medidas de Frecuencia inicial y final se distingue una diferencia bastante grande haciendo posible determinar a qué canto pertenece el armónico. Canto 1 A1:  $F_i = 56.89$  Khz,  $F_f = 36.02$  Khz; Canto 2  $F_i = 62.59$  Khz,  $F_f = 41.12$  Khz (5,500 Hz de diferencia aprox.).
- *Myotis Oxyotus* con pulso de tipo combinado para su primer llamado (QCF-FM-FM) muestra diferencias tanto de forma como numérica con el canto 2 que es de tipo FM-QCF, de modo que no hay manera que exista confusiones entre ellos. El canto tercero de esta especie tiene estructura de tipo FM en sus dos armónicos A1:  $F_i = 87.60$  Khz,  $F_f = 45.15$  Khz; A2:  $F_i = 114.32$  Khz,  $F_f = 88.34$  Khz.
- *Sturnira erythromos* muestra estructura combinada en sus pulsos (QCF – FM-QCF – FM-QCF), segundo canto de tipo QCF y con diferencias importantes en los valores de las medidas tomadas.
- *Histiotus montanus* con estructura de pulso tipo FM- QCF en sus dos cantos. Canto uno, A1:  $F_i = 36.83$  Khz,  $F_f = 28.42$  Khz; A2:  $F_i = 60.38$  Khz,  $F_f = 39.38$  Khz; A3:  $F_i = 78.13$ ,  $F_f = 53.22$  y canto dos  $F_i = 49.50$ ,  $F_f = 29.40$ . Existe una marcada diferencia en el canto dos que tiene frecuencias mucho más bajas que el primer armónico (A1) del canto uno (alrededor de 12,500 Hz).
- En un estudio realizado por Ossa (2010) sobre murciélagos de Chile, se pueden ver medidas similares a las tomadas en el canto 2 de *Histiotus montanus* que registra solo el llamado fundamental: (Ossa, 2010)  $P_f = 33,5 - 36.1$  kHz,  $F_i = 46,5 - 49$  kHz,  $F_f = 29.2$  kHz.

## Intraespecíficas

- Con respecto a las formas de los llamados, se pueden identificar fácilmente a que especie pertenecen. De la misma manera las frecuencias iniciales y finales de todos los armónicos y cantos son distinguibles unos de otros por lo que se podría decir que el método acústico de identificación es confiable.
- *Anoura geoffroyi* registra en su canto una frecuencia más alta que las demás especies estudiadas. En cuanto a la estructura de pulsos, presenta en el canto la misma estructura (FM-QFC) que *M. oxyotus* e *H. montanus* sin embargo las frecuencias tanto iniciales como finales son muy marcadas, con diferencias de 20,130 Hz entre *M. oxyotus* y *A. geoffroyi*, y 13.090 Hz entre *A. geoffroyi* e *H. montanus*.
- Con el análisis multivariante de varianza (MANOVA), se pudo comprobar que las variables más apropiadas para la identificación de las cuatro especies del área de estudio son: T máximo (Tiempo en el que se produce el pico de frecuencia), Duración, Pico de amplitud y pico de frecuencia. Como se pudo observar en los gráficos scatter plot del análisis de variables canónicas, se distinguen las cuatro especies a pesar de haber solapamiento con los datos que la literatura menciona como común (Korine & Kalko, 2001).
- Finalmente podemos decir que el método acústico se presenta como una alternativa real para la identificación de las especies de murciélagos de los bosques alto andinos Llaviuco y Mazán, es posible diferenciar los cantos de las cuatro especies estudiadas tomando en cuenta las frecuencias inicial ( $F_i$ ) y final ( $F_f$ ) de sus llamados de ecolocación, existiendo diferencias notables dentro de cada especie y también entre especies.
- Las variables que se pueden utilizar para una clasificación estadística mediante MANOVA son: T máximo, duración, pico de amplitud y pico de frecuencia, si existe solapamiento de datos se pueden utilizar los métodos visuales,

identificando el tipo de frecuencia al que corresponden sin embargo se ha demostrado que la diferencia entre las especies es significativa en los dos llamados analizados.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda estudiar el método y los resultados en vuelo libre, de manera que se pueda comprobar que las diferencias encontradas en este estudio sirven al momento de estudiar las especies sin combinar el método acústico con el convencional. Además de obtener más información sobre las especies que no fueron parte de esta investigación por la dificultad de capturarlas.
- Al tener una biblioteca base de llamados de ecolocación, se pueden iniciar estudios que permitan conocer la abundancia y riqueza de especies del área en la que se realizó esta investigación y si existen semejanzas entre ellas con la finalidad de ampliar el conocimiento que se tiene sobre este grupo en los bosques alto andinos Llaviuco y Mazán.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, M., & Villanueva-Rivera, L. (2006). Using automated digital recording systems as effective tools for the monitoring of birds and amphibians. *Wildlife Society Bulletin*, 211-214.
- ARMITAGE, D., & Ober, H. (2010). A comparison of supervised learning techniques in the classification of bat echolocation calls. *Ecological Informatics*, 465-473.
- BARDELI, R., Wolff, D., & Kurth, F. (2010). Detecting bird sounds in a complex acoustic environments and application to bioacoustic monitoring. *Pattern Recognition Letters*, 1524-1534.
- BARLOW, K. (1999). Expedition field Techniques. *Royal Geographical Society*.
- BLUMSTEIN, D., Mennill, D., & Clemins, P. (2011). Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 758-767.
- BRIGHAM, R., Kalko, E., Jones, G., Parsons, S., & Herman, J. (2002). Bat echolocation research tools, techniques and analysis. *Bat Conservation International*.
- BRITZKE, E. (2003). Designing monitoring programs using frequency-division bat detectors: active versus passive sampling. *Department of Biology, Tennessee Technological University*.
- CAYCEDO-ROSALES, P. (2013). Reconocimiento automatizado de señales bioacústicas: Una revisión de métodos y aplicaciones. *Ingeniería y Ciencia*, 171-195.
- CORCORAN, A. (2007). Automated acoustic identification of nine bat species of the eastern United States. United States.
- EMPRESA Municipal de Telefonía, A. p. (2005). *Plan de manejo integral del Parque Nacional Cajas*. Cuenca.
- FENTON, M., & Bell, G. (1981). Recognition of species of insectivorous bats by their echolocation calls. *Journal of Mammalogy*, 233-243.
- FENTON, M., Acharya, L., Audet, D., Hickey, M., Merriman, C., Obrist, M., & Syme, D. (1992). Phyllostomid bats (Chiroptera: Phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the Neotropics. *Biotropica*, 440-446.

- FENTON, M., Boyle, N., Harrison, T., & Oxley, D. (1977). Activity patterns, habitat use, and prey selection by some African insectivorous bats. *Biotropica*, 73-85.
- FRICK, W. F. (2013). Acoustic monitoring of bats considerations of options for long-term monitoring. *THERYA*, 69-78.
- JONES, G., Gordon, t., & Nightingale, J. (1992). Sex and age differences in the echolocation callas of the lesser horseshoe bat, *Rhinolophus hipposideros*. *Mammalia*, 56.
- JUNG, K., Molinari, J., & Kalko, E. (24 de Marzo de 2014). *Driving factors for the evolution of species-specific echolocation call desing in new world free-tailed bats (molossidae)*. Obtenido de PloS one: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3891751&tool=pmcentrez&rendertype=abstract> [Accessed March 24, 2014].
- KALKO, E., & Aguirre, L. (2007). *Comportamiento de ecolocación para la identificación de especies y evaluaciones de la estructura de comunidades de murciélagos insectívoros en Bolivia*. Santa Cruz : L.F. Aguirre.
- KORINE, C., & Kalko, E. (2001). Toward a global bat-signal database. *IEEE engineering in Medicine & Biology Society*, 81-85.
- KUNZ, T., & Brock, C. (1975). A comparison of mist nets and ultrasonic detectors for monitoring flight activity of bats. *Journal of Mammalogy*, 907-911.
- LISÓN, F. (2011). Clave de identificación para las llamadas de ecolocación de los murciélagos de la Península Ibérica. *Departamento de Ecología e Hidrología de la Universidad de Murcia*.
- MACDONAL, K., Matsui, E., & Stevens, R. (1994). Echolocation calls and field identification of the eastern pipistrelle (*Pipistrellus subflavus*: Chiroptera: Vespertilionidae), using ultrasonic bat detectors. *Journal of Mammalogy*.
- MINGA, D. (2000). *Arboles y arbustos del bosque Mazán Tomo II*. Cuenca.
- MOLINA, J., & Velazco, S. (2011). Análisis de las vocalizaciones del murciélago longirrosto peruano *Platalina genovensium* Thomas, 1928 (Chiroptera: Phyllostomidae). *Revista Peruana de Biología*, 311-318.

- MORA, E., Macías, S., & Rojas, D. (24 de Marzo de 2002). Aplicación de métodos bioacústicos y convencionales en la caracterización de la comunidad de murciélagos de la Cueva del Indio, Tpaste, La Habana. La Habana.
- MURRAY, K., Britzke, E., & Hardley, B. (1999). Surveying bat communities: a comparison between mist nets and the Anabat II bat detector system. *Acta Chiropterologica*, 105-112.
- MURRAY, K., Britzke, E., & Robbins, L. (2001). Variation in search-phase calls of bats. *Journal of Mammalogy*, 728-737.
- MURRAY, K., Britzke, E., & Robbins, L. (2001). Variation in search-phase calls of bats. *Journal of Mammalogy*, 728-737.
- NEUWEILER, G., & Metzner, W. (1987). Foraging behaviour and echolocation in the rufous horseshoe bat (*Rhinolophus rouxi*) of Sri Lanka. *Behavioral ecology and sociobiology*, 53-67.
- OBRIST, M., Pavan, G., & Sueur, J. (2010). Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. *Abc Taxa*, 68-69.
- O'FARRELL, M., & Miller, B. (1997). A new examination of echolocation calls of some neotropical bats (Emballonuridae and Mormoopidae). *Journal of Mammalogy*, 954-963.
- OROZCO-LUGO, L., Guillen-Servent, A., & Valenzuela-Galván, D. (2013). Descripción de los pulsos de ecolocalización de once especies de murciélagos insectívoros aéreos de una selva baja caducifolia en Morelos, México. *Therya*, 33-46.
- OSSA, G. (Marzo de 2010). Métodos bioacústicos: una aproximación a la ecología de comunidades de murciélagos en las eco-regiones mediterráneas del bosque templado de Chile. Chile.
- PARSONS, S. (1998). Signal processing techniques for species identification. *School Biological Sciences, University of Auckland*.
- PARSONS, S., & Jones, G. (2000). Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks. *The Journal of Experimental Biology*, 2641-2656.

- RAUTENBACH, I., Fenton, M., & Whiting, M. (1996). Bats un riverine forests and woodlands: a latitudinal transect in southern Africa. *Canadian Journal of Zoology*, 312-322.
- RIVERA-PARRA, P. (2011). Caracterización de la fauna de quirópteros del Parque Nacional Yasuní en base a llamas de ecolocalización. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*.
- RODAS, F., Contreras, M., & Tinoco, B. (2005). *Aviturismo Rutas del Austro*. Cuenca: Grafisum.
- SCHNITZLER, H.-U., & Kalko, E. (2001). Echolocation by Insect-Eating Bats. *Bioscience*, 557-569.
- SHERWIN, R., Gannon, W., & Haymond, S. (2000). The efficacy of acoustic techniques to infer differential use of habitats by bats. *Acta Chiropterologica*, 145-153.
- SIEMERS, B. (2004). Bats in the field and a flight cage: recording and analysis of their echolocation calls and behavior. *Bat Conservation International*, 63-69.
- SIMMONS, J., Fenton, M., & O'Farrell, M. (1979). Echolocation and pursuit of prey by bats. *Science*, 16 - 21.
- SPEAKMAN, J. (2001). The evolution of flight and echolocation in bats: another leap in the dark. *Mammal review*, 111-130.
- TIRIRA, D. (2007). *Guía de campo de los Mamíferos del Ecuador*. Quito: Ediciones Murciélago Blanco.

## ANEXOS

### Anexo 1. Carpa de vuelo



### Anexo 2. Equipos



Avisoft-UltraSoundGate 116Hme (mobile)



Batcorder

**Anexo 3.** Especies capturadas



*Histiotus montanus*



*Myotis oxyotus*



*Sturnira erythromos*



*Anoura geoffroyi*

**Anexo 4.** Grabaciones

