

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL**

**ACTIVIDAD DE MURCIÉLAGOS (CHIROPTERA) EN
CUERPOS DE AGUA Y SU RELACIÓN CON
VARIABLES AMBIENTALES EN LA RESERVA DE
LA BIOSFERA LA MICHILÍA, DURANGO**

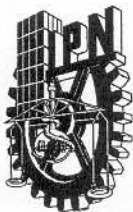
T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS**

**P R E S E N T A :
EMMA PATRICIA GÓMEZ RUIZ**

DIRECTORA: DRA. CELIA LÓPEZ GONZÁLEZ





INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACION DE DIRECTOR DE TESIS

México, D.F. a 8 de Febrero del 2006

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del CIIDIR-IPN-UNIDAD DURANGO en su sesión ordinaria No. 2 celebrada el día ocho del mes de febrero del 2006, conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

GOMEZ
Apellido paterno

RUIZ
materno

EMMA PATRICIA
nombre

Con registro: A 0 5 0 6 4 4

Aspirante al grado de: Maestro en Ciencias

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

"ACTIVIDAD DE MURCIÉLAGOS (CHIRPTERA) EN CUERPOS DE AGUA Y SU RELACION CON VARIABLES AMBIENTALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA LA MICHILIA, DURANGO."

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:

- ECOLOGIA DE LAS POBLACIONES DE MURCIÉLAGOS EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA MICHILIA.

- BASES PARA ELABORAR SUGERENCIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE MURCIÉLAGOS EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA LA MICHILIA

2.- Se designa como Director de Tesis al C. Profesor:

DRA. CELIA LÓPEZ GONZALEZ

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:

LABORATORIO DE FAUNA SILVESTRE, CIIDIR-IPN-DURANGO

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

El Director de Tesis

DRA. CELIA LÓPEZ GONZALEZ

El Aspirante

EMMA PATRICIA GOMEZ RUIZ

El Presidente del Colegio



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL

CIIDIR

DR. JOSE B. FROAL NAJERA

UNIDAD DURANGO
IPN



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 10:00 horas del día 18 del mes de Junio del 2007 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-DURANGO para examinar la tesis de grado titulada:

" ACTIVIDAD DE MURCIELAGOS (CHIROPTERA) EN CUERPOS DE AGUA Y SUS RELACION CON VARIABLES AMBIENTALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA LA MICHILIA DURANGO"

Presentada por el alumno:

GOMEZ

Apellido paterno

RUIZ

materno

EMMA PATRICIA

nombre(s)

Con registro:

A	0	5	0	6	4	4
---	---	---	---	---	---	---

aspirante al grado de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL**

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Director de tesis

DRA. CELIA LOPEZ GONZALEZ

DR. RICARDO LOPEZ WILCHIS

**DRA. MARTHA GONZALEZ
ELIZONDO**

**DR. MARCO A. MARQUEZ
LINARES**

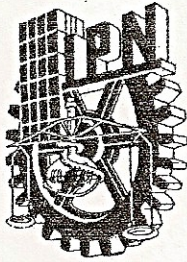
**DRA. LUCINA HERNANDEZ
GARCIA**

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. JOSE B. PROAL NAJERA

CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL

UNIDAD DURANGO
IPN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Durango, el día 8 del mes Junio del año 2007, el (la) que suscribe EMMA PATRICIA GOMEZ RUIZ alumno (a) del Programa de MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTION AMBIENTAL con número de registro A050644, adscrito a CIIDIR-IPN-UNIDAD DURANGO, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de DRA. CELIA LOPEZ GONZALEZ y cede los derechos del trabajo intitulado "ACTIVIDAD DE MURCIELAGOS (CHIROPTERA) EN CUERPOS DE AGUA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES AMBIENTALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE LA MICHILIA, DURANGO", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección biolemma@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

EMMA PATRICIA GOMEZ RUIZ

Nombre y firma

Esta tesis fue realizada bajo la dirección de la Dra. Celia López González en el Laboratorio de Fauna Silvestre del CIIDIR-IPN, Unidad Durango. Es parte de un proyecto financiado por CONACYT-SEMARNAT (proyecto 2002-0520) y por CGPI-IPN (proyecto 2005-0425).

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis fue realizada gracias al apoyo y colaboración de muchas personas. Agradezco especialmente a la Doctora Celia López González, por darme la oportunidad de participar en este proyecto y por su valiosa asesoría a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo. Asimismo, extiendo mi agradecimiento al Doctor Ricardo López Wilchis por su apoyo, orientación y asesoría en el trabajo de campo y por sus valiosos comentarios en el desarrollo de esta tesis.

Agradezco a los profesores Martha González Elizondo, Lucina Hernández García y Marco Marquez Linares, que formaron parte de la comisión revisora de este trabajo por sus valiosas contribuciones.

Infinitas gracias a Diego F. García Mendoza por su valioso apoyo en todos sentidos, su colaboración en el trabajo de campo y por su gran amistad.

A las personas que colaboraron en el trabajo de campo y al personal que labora en la Reserva de la Biosfera La Michilía por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo.

A los profesores y compañeros del posgrado por sus enseñanzas a lo largo de los estudios de la maestría.

ÍNDICE

	Página
Relación de Cuadros.....	iii
Relación de Figuras.....	iv
Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
I. Antecedentes	
1.1 Diversidad de murciélagos.....	5
1.2 Servicios ambientales que prestan los murciélagos insectívoros.....	5
1.3 Problemática.....	6
1.4 Estudios ecológicos de murciélagos.....	7
1.5 Detectores de ultrasonido.....	8
II. Justificación.....	11
III. Objetivos.....	12
IV. Materiales y método	
4.1 Área de Estudio.....	14
4.2 Trabajo de Campo.....	15
4.3 Análisis de Datos.....	20
V. Resultados	
5.1 Actividad a lo largo de la noche.....	23
5.2 Relación Pulsos- <i>Buzzes</i> de caza.....	24
5.3 Actividad entre localidades y temporadas.....	25
5.4 Relación con variables ambientales.....	27
VI. Discusión	
6.1 Patrones de actividad a lo largo de la noche.....	29
6.2 Relación Pulsos- <i>Buzzes</i> de caza.....	32
6.3 Diferencias entre localidades y temporadas.....	33
6.4 Relación con variables ambientales	34

VII. Conclusiones.....	38
VIII. Recomendaciones.....	40
IX. Sugerencias para trabajos futuros.....	41
X. Literatura citada.....	42
XI. ANEXO I. FIGURAS.....	52
XII. ANEXO II. CUADROS.....	70

Relación de Cuadros

	Página
Cuadro 1. Ubicación, altitud y antigüedad de los sitios de muestreo en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera La Michilía.....	16
Cuadro 2. Frecuencias de ecolocación y tipo de forrajeo reportado para las especies presentes en la RB Michilía.....	19
Cuadro 3. Especies capturadas en redes por sitio, temporada y hora de captura.....	71
Cuadro 4. Resultados del ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis de 2 vías para la actividad de murciélagos medida como pulsos.....	25
Cuadro 5. Resultados del ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis de 2 vías para la actividad de murciélagos medida como <i>buzzes</i> de caza.....	25
Cuadro 6. Resultados de la prueba de Tukey DMS y medias de actividad de murciélagos por sitio en la temporada de secas.....	26
Cuadro 7. Resultados de la prueba de Tukey DMS y medias de actividad de murciélagos por sitio en la temporada de lluvias.....	26
Cuadro 8. Resultados de actividad de murciélagos medida como pulsos y <i>buzzes</i> de Caza y valores de las variables ambientales medidas por noche de muestreo en la temporada de secas y en la temporada de lluvias.....	72
Cuadro 9. Correlación (Spearman) entre variables ambientales y actividad.....	28

Relación de Figuras

	Página
Figura 1. Ubicación de las siete sitios de muestreo en la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de la Michilía.....	17
Figura 2. Imagen del BatSound Pro v.3.3, donde se muestra el oscilograma con los parámetros utilizados para definir y contar pulsos y <i>buzzes</i> de caza.....	21
Figura 3. Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el bordo Avena, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	53
Figura 4. Número de <i>buzzes</i> de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el bordo Avena, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	54
Figura 5. Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el Bordo 1, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	55
Figura 6. Número de <i>buzzes</i> de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el Bordo 1, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	56
Figura 7. Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el bordo Chapalita, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	57
Figura 8. Número de <i>buzzes</i> de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el bordo Chapalita, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	58
Figura 9. Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el Bordo 2, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	59
Figura 10. Número de <i>buzzes</i> de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el Bordo 2, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	60
Figura 11. Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en la Presa Tres Pericos, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	61

Figura 12. Número de <i>buzzes</i> de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en Presa Tres Pericos, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	62
Figura 13. Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en bordo Tepehuano, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	63
Figura 14. Número de <i>buzzes</i> de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en bordo Tepehuano, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	64
Figura 15. Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el bordo Arellano, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	65
Figura 16. Número de <i>buzzes</i> de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación por noche en el bordo Arellano, en la temporada de secas y de lluvias durante 2005.....	66
Figura 17. Promedio del número de pulsos totales detectados en las dos noches de trabajo en cada sitio, en temporada de lluvias y secas.....	67
Figura 18. Promedio del número de <i>buzzes</i> de caza totales detectados en las dos noches de trabajo en cada sitio, en temporada de lluvias y secas.....	68
Figura 19. Correlación de Pearson entre pulsos y <i>buzzes</i> de caza registrados por noche en cada sitio en temporada de secas.....	24
Figura 20. Correlación de Pearson entre pulsos y <i>buzzes</i> de caza registrados por noche en cada sitio en temporada de lluvias.....	24
Figura 21. Relación de temperatura media y pulsos totales, tomando en cuenta las 28 noches muestreadas en ambas temporadas.....	69

ACTIVIDAD DE MURCIÉLAGOS (CHIROPTERA) EN CUERPOS DE AGUA Y SU RELACIÓN CON VARIABLES AMBIENTALES, EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA LA MICHILÍA, DURANGO

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue describir, mediante el uso de detectores acústicos y redes de niebla, los patrones de actividad de murciélagos en siete abrevaderos ó bordos de la reserva durante la temporada de lluvias y de secas. Asimismo, se evaluó la correlación entre la actividad de murciélagos y una serie de variables ambientales. El patrón de actividad a lo largo de la sesión de grabación es similar en los siete bordos, con un período de mayor actividad durante la primera hora. Se encontró relación significativa y positiva de la actividad con las variables temperatura y fase lunar, solamente en temporada de secas. Las variables humedad relativa, viento, vegetación acuática, antigüedad del bordo y tamaño del espejo de agua no mostraron relación significativa con la actividad de murciélagos. La evidencia presentada sugiere que los bordos están siendo usados como sitios de forrajeo en ambas temporadas; la actividad observada fue significativamente mayor en temporada de secas. Los datos de capturas en redes indican que los grupos de especies de murciélagos que utilizan los abrevaderos difieren entre temporadas. Durante la temporada de lluvias se capturaron principalmente insectívoros de superficies acuáticas; durante la de secas, insectívoros aéreos de bosques y claros e insectívoros de espacios abiertos, lo que sugiere que en la temporada de secas, al ser los bordos de los pocos sitios con agua superficial, adquieren importancia para un mayor número de especies. En general, los bordos con mayor actividad son los de mayor área del espejo de agua y los más antiguos, por lo que se recomienda manejarlos de manera que se procure mantener estas características.

Palabras clave: murciélagos, actividad, variables ambientales, La Michilía, detectores acústicos.

BAT ACTIVITY IN CATTLE PONDS AND ITS RELATION TO ENVIRONMENTAL VARIABLES AT LA MICHILÍA BIOSPHERE RESERVE, DURANGO.

ABSTRACT

Using heterodyne echolocation signals and mist nets we described activity patterns of insectivorous bats in seven cattle ponds within the reserve. Also we related bat activity with a set of environmental variables (temperature, relative humidity, moon phase, pond area) in the rain and dry seasons. Activity patterns were similar for the ponds, with the highest peak of activity in the first hour after sunset. Bat activity was positively correlated with temperature and moon illumination. Relative humidity, wind, aquatic vegetation, age, and size of the pond had no significant effect. Evidence suggest that the ponds are being used as foraging sites in both seasons. Total activity was significantly higher during the dry season. Mist net data indicate that the bat assemblages using these ponds differ between seasons. During the rain season mostly water-surface foragers were caught, whereas in the dry season forest/clearing aerial and open air foragers were the most frequent captures, this suggest that ponds become important for a wider number of species during the dry season, probably because these are the only places that provide surface water. The ponds with the highest total activity were the biggest and oldest, we recommend to manage these sites taking this characteristics in consideration.

Keywords: bat, activity, environmental variables, La Michilía, acoustic detectors.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los murciélagos enfrentan una situación difícil. El uso de plaguicidas, la destrucción del hábitat, la destrucción directa de muchos miles de ellos y el vandalismo efectuado en sus lugares de refugio, han causado la extinción de varias especies en el mundo. Aunque sólo unos pocos murciélagos están en la lista oficial de especies en peligro de extinción, algunas poblaciones de especies no protegidas están disminuyendo de forma alarmante. Por esto, es imperativo el desarrollo de investigaciones ecológicas sobre murciélagos que contribuyan a la conservación de estos mamíferos (Fenton, 1997; Medellín *et al.*, 1997; Hutson *et al.*, 2001).

La Reserva de la Biosfera La Michilía, situada en la porción sureste del estado de Durango; fue la primer reserva de la biosfera que se estableció en América Latina como parte del programa “El Hombre y la Biosfera” de la UNESCO (INE-CONABIO, 1995). Fue decretada el 18 de julio de 1979 y su función principal es la conservación y protección de la diversidad así como el desarrollo económico y humano sostenibles. Las reservas MAB se dividen en dos zonas, la zona núcleo, exclusiva para conservación, en la que se prohíbe el desarrollo de actividades productivas; y la zona de amortiguamiento, donde se permiten estas actividades. Las principales actividades económicas que se desarrollan en la zona de amortiguamiento son la agricultura y ganadería.

La práctica de la ganadería en la reserva de la Michilía ha generado considerables efectos negativos en las características de la vegetación y el suelo (Arriaga *et al.*, 2000), pero al mismo tiempo ha resultado en la construcción de numerosos cuerpos de agua artificiales (aguajes o bordos), que funcionan como abrevaderos para el ganado. Estos aguajes son utilizados también por los murciélagos, aunque se desconoce qué especies los usan, cuándo y con qué fines.

La Michilía cuenta con un historial comparativamente extenso de trabajo de investigación biológica, sobre todo en grandes mamíferos. Sin embargo, para los murciélagos en particular, la información disponible se restringe a un par de estudios generales de inventario (Álvarez y Polaco, 1984; Hernández Huerta, 1995) y poco se sabe de otros aspectos de su biología y ecología. Estos estudios reportan 15

especies de murciélagos, en su mayoría insectívoros, pertenecientes a las familias Vespertilionidae (14) y Phyllostomidae (1).

En casi todos los tipos de hábitat, muchas especies de murciélagos insectívoros forrajean preferentemente en áreas riparias o sobre cuerpos de agua (Grindal *et al.*, 1999; Seidman y Zabel, 2001). Para murciélagos de zonas templadas, donde la disponibilidad de cuerpos de agua es limitada, éstos sitios adquieren mayor relevancia, ya que además de ser utilizados como sitios de forrajeo, los quirópteros acuden a ellos para beber agua, vital para mantener el balance hídrico.

La elaboración de planes de conservación y manejo requiere de la habilidad para predecir la respuesta de las especies a cambios en el ambiente, y debe fundamentarse en datos obtenidos de estudios ecológicos de las especies (Racey y Entwistle, 2003). Siendo La Michilía una reserva de la Biosfera y una región prioritaria para la conservación (Arriaga *et al.*, 2000), es esencial tener en cuenta este tipo de información básica para lograr la adecuada elaboración de planes de manejo de murciélagos.

La presente investigación forma parte de un proyecto mayor que responde a la solicitud de los encargados de manejar la reserva, y que tiene como fin dar elementos para comprender el uso que la comunidad local de murciélagos da a los cuerpos de agua que se encuentran en la zona de amortiguamiento de la reserva de La Michilía. El objetivo de este trabajo fue describir, mediante el uso de detectores acústicos y redes de niebla, los patrones de actividad de murciélagos en siete abrevaderos de la reserva en temporada de lluvias y secas, e identificar si existe correlación entre la actividad de murciélagos y una serie de variables ambientales. Los resultados de este trabajo proporcionan información que es de utilidad para proponer estrategias de conservación de las especies de murciélagos presentes en la reserva.

I. ANTECEDENTES

1.1 Diversidad de murciélagos

Los quirópteros son el segundo grupo de mamíferos más diverso (en primer lugar están los roedores); existen aproximadamente 1,100 especies de murciélagos que comprenden cerca de una cuarta parte de las especies de mamíferos del mundo, y de ellos casi 140 viven en México, lo que hace que nuestro país posea una de las faunas de murciélagos más ricas del mundo (Tuttle, 1997). En el estado de Durango se han reportado 51 especies de murciélagos (López-González, 2003).

Para la RB La Michilía la búsqueda bibliográfica arrojó únicamente dos estudios generales de inventario: Álvarez y Polaco (1984) y un informe técnico (Hernández Huerta, 1995), y hasta donde se pudo determinar, nada más se sabe de otros aspectos de su biología. Dichos estudios reportan un total de 15 especies de murciélagos; la mayor parte son insectívoros de la familia Vespertilionidae (14): *Idionycteris phyllotis*, *Eptesicus fuscus*, *Lasiurus borealis*, *L. cinereus*, *Myotis californicus*, *M. thysanodes*, *M. velifer*, *M. volans*, *M. auriculus*, *M. ciliolabrum*, *M. lucifugus*, *Euderma maculatum* (sujeta a protección especial), *Corynorhinus mexicanus* (endémica de México) y *C. townsendii* (vulnerable en Estados Unidos---IUCN, 2000; SEMARNAT, 2002). La especie restante es *Anoura geoffroyi* (Phyllostomidae), que se alimenta principalmente de polen y que probablemente sea un registro accidental.

1.2 Servicios Ambientales que prestan los Murciélagos Insectívoros

Los murciélagos insectívoros desempeñan un relevante papel ecológico al controlar poblaciones de insectos que resultan perjudiciales para la agricultura y salud pública. Aunque para la mayoría de las especies se desconocen datos concretos que permitan evaluar la importancia económica de los servicios ambientales que prestan, se sabe que algunas especies son capaces de consumir grandes cantidades de insectos cada noche. Se tienen datos de *Tadarida brasiliensis*, el cual forma colonias de hasta 20 millones de individuos, cada uno de los cuales puede consumir del 50 al 70% de su peso corporal (9-12g) por noche (Kunz *et al.*, 1995). En Texas, McCracken (1996) estimó en una colonia de *T.*

brasiliensis que un millón de individuos pueden alimentarse de hasta 10 toneladas de insectos cada noche. *Myotis lucifugus* consume hasta el 100% de su peso que es de 6 a 7 gramos (Kurta *et al.*, 1989). Un estudio en el suroeste de Ontario, Canadá reporta que este murciélago se alimenta principalmente de mosquitos (Culicidae), lo que sugiere el importante papel que desempeña como control biológico de insectos vectores de enfermedades.

Varias especies de murciélagos insectívoros tienden a agregarse en colonias de miles de individuos en cuevas, por lo que se acumulan grandes cantidades de guano, el cual ha sido explotado por sus propiedades como fertilizante. La extracción de guano fue una actividad económica importante a comienzos del siglo XX, antes de que salieran al mercado fertilizantes artificiales. Aún en la actualidad y con el adecuado manejo, esta práctica puede ser sustentable y redituar importantes ganancias económicas (Hutson *et al.*, 2001).

1.3 Problemática

En la actualidad muchas especies de murciélagos están amenazadas, la lista roja de la IUCN (2000) reporta 4 especies extintas, 15 en peligro crítico, 30 en peligro y 135 vulnerables. Además se cree que las poblaciones de muchas especies han disminuido de forma alarmante en los últimos 100 años; aunque mucha de la evidencia es circunstancial, hay muchos casos bien documentados: *Rhinolophus* spp. en Europa (Stebbing, 1988), *Corynorhinus townsendii*, *Myotis lucifugus*, *M. grisescens*, *M. sodalis*, *M. astoriparius*, *Leptonycteris* spp. y *Choeronycteris mexicana*., en Estados Unidos (Mohr, 1972; Humphrey, 1978; Tuttle, 1979; Harvey, 1980; Rabinowitz y Tuttle, 1980; Gore y Hovis, 1992; Hensley y Scout, 1995) y el murciélago cavernícola *Tadarida brasiliensis* en Estados Unidos y México (Hutson *et al.*, 2001).

Una de las amenazas es el exterminio directo por parte del hombre, ya que se les ha relacionado con supersticiones y dada la falsa creencia de que todos se alimentan de sangre, es común que se destruyan grandes colonias de murciélagos cavernícolas que en su mayoría son insectívoros. El uso de pesticidas agresivos también ha afectado a las poblaciones de murciélagos insectívoros, el DDT se ha

relacionado con el dramático descenso de las poblaciones de *Tadarida brasiliensis* en Estados Unidos, si bien se prohibió su uso en 1972 (Hutson *et al.*, 2001).

El crecimiento de la población humana y el consecuente crecimiento de las ciudades, son las amenazas más importantes hacia los murciélagos. De los efectos que conlleva el crecimiento poblacional, el principal que afecta a los murciélagos es la destrucción y modificación del hábitat. Muchas especies de murciélagos se refugian en huecos de árboles viejos o bajo la corteza de árboles maduros, por lo que la deforestación los afecta considerablemente. Del mismo modo, los murciélagos son sensibles a la modificación de las áreas de forrajeo.

En casi todos los tipos de hábitat, muchas especies de murciélagos insectívoros forrajean preferentemente en áreas riparias o sobre cuerpos de agua (Seidman y Zabel, 2001; Grindal *et al.*, 1999). Para murciélagos de zonas templadas, donde la disponibilidad de agua puede ser limitada, los aguajes adquieren gran relevancia ya que además de ser utilizados como sitios de forrajeo, los quirópteros acuden a ellos para beber agua (Chruszcz y Barclay, 2002; Cryan y Wolf, 2003); por lo que el manejo de estos sitios es clave para la conservación de murciélagos insectívoros.

La falta de información en general para la mayoría de las especies de murciélagos dificulta definir cuáles están amenazadas y en qué grado. Asimismo, la falta de conocimiento de sus requerimientos ambientales (características de sitios para hibernar, refugios, rutas migratorias, sitios de forrajeo, etc.) limita la elaboración de adecuados planes de conservación (Hutson *et al.*, 2001, Racey y Entwistle, 2003).

1.4 Estudios ecológicos de murciélagos

Hasta la fecha se han investigado diversos aspectos relacionados con la ecología de quirópteros. Debido a su carácter de organismo volador y nocturno, no ha sido fácil resolver preguntas relacionadas con la influencia de variables ambientales en su actividad, desplazamientos locales y uso de hábitat. En los primeros trabajos relacionados con este tema se utilizaron redes de niebla para resolver cuestiones como la influencia del viento, la lluvia, la fase lunar, la temperatura, la disponibilidad de insectos (Jones, 1965; Kunz, 1973), así como para describir los patrones de actividad en el tiempo (Cockrum y Cross, 1964). Sin embargo, el desarrollo

tecnológico ha permitido la aplicación de métodos más eficientes para evaluar dichas cuestiones. Los trabajos más recientes utilizan detectores de ultrasonido, los cuales además de documentar la actividad, permiten la identificación de la mayoría de las especies (O'Farrell y Gannon, 1999).

El avance en las técnicas de detección ultrasónica y el análisis de los sonidos ha permitido el desarrollo de investigaciones aplicadas al estudio del uso de hábitat (Bell, 1980; Woodsworth *et al.*, 1981; Sherwin *et al.*, 2000), la diversidad (Ochoa *et al.*, 2000), los patrones de actividad, la influencia de variables ambientales - como estación del año, la temperatura, las características del hábitat, la disponibilidad de insectos, viento, nubosidad, temperatura, humedad relativa, entre otras - (Hayes, 1997; O'Donnell, 2000; Miller, 2001; Seidman y Zabel, 2001; Erickson y West, 2002; Broders, 2003, Rogers *et al.*, 2006) y sobre las estrategias de forrajeo. Findley (1993) resume y clasifica dichas estrategias por método y lugar de forrajeo en cuatro tipos: insectívoros de sustrato (aquellos que capturan insectos sobre superficies), aéreos de espacios abiertos (aquellos que capturan insectos durante el vuelo), aéreos de bosques y claros (aquellos que capturan insectos durante el vuelo cerca de la vegetación), y de superficies acuáticas (aquellos que capturan insectos sobre el agua). El entendimiento de las diferentes estrategias permite proponer formas de repartición de recursos y uso de hábitat de las comunidades de quirópteros (Fenton, 1982; Furlonger *et al.*, 1987; Patterson *et al.*, 2003, Russo y Jones, 2003).

1.5 Detectores de ultrasonido

Hoy en día nuestra visión de la historia natural de los murciélagos está ligada a la ecolocación. Sin embargo el descubrimiento de que los murciélagos producen sonidos de altas frecuencias, imperceptibles para el oído humano, y los utilizan para orientarse fue publicado hace relativamente poco tiempo (Griffin, 1958). Los avances tecnológicos de los últimos 25 años han permitido el desarrollo de instrumentos de detección acústica cada vez más finos, económicamente accesibles y prácticos, de manera que se ha facilitado su uso en estudios de campo.

Actualmente existen varias técnicas para transformar los ultrasonidos de ecolocación en frecuencias audibles para el hombre, y que permiten visualizar y

analizar el contenido espectral de una señal. Todas las técnicas tienen limitantes y el entendimiento de cómo funciona cada una es esencial para una interpretación correcta de la misma.

Las tres técnicas comúnmente utilizadas para transformar frecuencias ultrasónicas son: heterodino, frecuencia dividida y tiempo expandido. Las técnicas mencionadas nos permiten escuchar los sonidos emitidos por los murciélagos; sin embargo, para investigaciones más detalladas de ecolocación (como la identificación de especies) es importante visualizar el contenido espectral y de frecuencias de las señales. Para ello, es necesario transformar las señales de manera que sea posible visualizarlas en gráficos de: amplitud-tiempo, frecuencia-tiempo (espectrograma) ó frecuencia-amplitud. Las técnicas más utilizadas para realizar esto último son: cruce en cero, análisis de Fourier y análisis instantáneo de frecuencias (Parsons *et al.*, 2000).

La gran cantidad de señales de ecolocación que pueden ser emitidas por los murciélagos, hace que sea relativamente sencillo obtener grandes cantidades de información. La decisión de que datos son importantes depende de las preguntas que se quieren responder. Estas decisiones determinan la elección de los detectores y software de análisis de ultrasonido que se requieren para determinado proyecto. Asimismo, estas decisiones deben estar basadas en el conocimiento de la biología de los murciélagos; por ejemplo, como lo reporta Griffin (1958) y muchos otros autores, las especies de murciélagos que producen sonidos de ecolocación de baja intensidad son mucho menos detectables que las especies que producen sonidos de ecolocación de alta intensidad. En muchos casos, la presencia, comportamiento y actividad de murciélagos que emiten sonidos de baja frecuencia no puede ser evaluada a través del monitoreo de sus señales de ecolocación.

Los datos derivados del monitoreo de las señales de ecolocación sólo proveen información de poblaciones más no de individuos, por lo que no es posible determinar densidad de las especies con estos métodos (Thomas y Taylor, 1990). Se han propuesto varios índices de actividad de murciélagos, los cuales nos pueden dar una idea de la abundancia de las especies en determinado sitio. Estos índices de actividad toman en cuenta ya sea, el número de **pulsos** - señales individuales de

sonido emitidas por los murciélagos-,ó el número de **pases** - secuencias de pulsos que un individuo emite cuando pasa a través del espacio monitoreado por el micrófono del detector- registrados a lo largo de determinado lapso de tiempo (Fenton, 2002). Cabe mencionar que no es fácil distinguir pases individuales cuando hay muchos individuos ecolocando al mismo tiempo en el espacio monitoreado. También es posible evaluar la actividad de forrajeo, esto se hace mediante el conteo del número de secuencias de caza ó **buzzes**, los cuales se definen como: alta repetición de pulsos asociada con ataques a las presas (Schnitzler y Kalko, 2001). El conteo de *buzzes* permite evaluar si los murciélagos acuden a determinado sitio para alimentarse, y valorar su importancia como sitio de forrajeo. El estudio de los sitios de forrajeo de murciélagos es importante para el desarrollo de estrategias que permitan la conservación de estos mamíferos.

II. JUSTIFICACIÓN

La conservación es parte fundamental de la gestión ambiental; el objetivo principal de las Áreas Naturales Protegidas, en particular de las Reservas de la Biosfera, es buscar la compatibilidad de las actividades del hombre con la conservación de la naturaleza (Reglamento LGEEPA en Materia de Áreas Naturales Protegidas, Título I - Disposiciones Generales, Art. 5, 57; Título V – De los Programas de Manejo, Art. 82, 85). Este trabajo aporta fundamentos para proponer estrategias de manejo de los cuerpos de agua de la región, que redunden en la conservación de la fauna de quirópteros de la Reserva de la Biosfera (RB) La Michilía, y que sean compatibles con las actividades agrícolas, ganaderas y forestales que se realizan en la zona de amortiguamiento.

La práctica de la ganadería en la RB La Michilía, ha generado considerables efectos negativos en las características de la vegetación y el suelo; al mismo tiempo ha resultado en la construcción de numerosos cuerpos de agua artificiales (aguajes o bordos) que funcionan como abrevaderos para el ganado. Aunque en general las actividades humanas tienden a tener efectos negativos sobre la fauna y flora, en este caso existe la posibilidad de que la construcción de bordos tenga un efecto benéfico en la comunidad local de quirópteros. Se sabe que estos aguajes son utilizados por los murciélagos, probablemente como abrevaderos y sitios de forrajeo, pero no había sido evaluada formalmente la importancia que tengan para la comunidad de quirópteros, sobre todo en un área caracterizada por una marcada temporada de sequías. Se desconocía también la influencia de las características de los aguajes y otros factores ambientales en el uso que se les da a estos sitios.

Por ello, el objetivo general de este trabajo fue describir los patrones de actividad en una muestra de cuerpos de agua; evaluar los cambios que pudieran tener estos patrones en función de la disponibilidad de agua; el uso posible como sitios de forrajeo; y la relación que la actividad pudiera tener con las características del bordo y con un conjunto de variables ambientales.

III. OBJETIVOS

3.1 Describir y comparar los patrones de actividad de murciélagos en siete abrevaderos ó bordos a lo largo de la sesión por noche.

- H_0 : El nivel de actividad de murciélagos en cuerpos de agua artificiales de la RB La Michilía, es similar durante toda la sesión de grabación.

3.2 Determinar si los bordos están siendo usados como sitios de forrajeo, mediante el conteo de *buzzes* de caza y la comparación con el número de pulsos para cada temporada. Si el sitio esta siendo usado principalmente como sitio de forrajeo entonces el número de *buzzes* de caza es proporcional al número de pulsos.

- H_0 : No existe relación significativa entre el número total de pulsos y *buzzes* de caza por temporada.

3.3 Evaluar si existe diferencia significativa en la actividad de murciélagos entre bordos y entre temporadas (lluvias y secas).

- H_0 : No existe diferencia significativa en la actividad de murciélagos entre los bordos ni entre temporadas.

3.4 Evaluar la relación entre la actividad relativa de murciélagos y variables ambientales (temperatura, humedad relativa, fase lunar), en siete aguajes o bordos de la RB La Michilía durante dos temporadas del año (secas y lluvias)

- H_0 : No existe relación significativa entre la actividad relativa de murciélagos y las variables ambientales (temperatura, humedad relativa, fase lunar, viento, nubosidad) en ninguno de los siete bordos seleccionados de la RB La Michilía.

3.5 Evaluar la relación entre la actividad relativa de murciélagos y las características de los bordos (tamaño, antigüedad del cuerpo de agua, vegetación acuática).

- H_0 : No existe relación significativa entre la actividad relativa de murciélagos y las características de los siete bordos (tamaño, antigüedad del cuerpo de agua, vegetación acuática) de la RB La Michilía.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Área de Estudio

La Michilía se localiza en el estado de Durango, entre los 23°23'06" a 23°35'09" latitud N y 104°03'47" a 104°18'22" longitud W. La reserva tiene un área de 35,000 ha (Halffter, 1978, Arriaga *et al.*, 2000), con una zona núcleo de 7,000 ha. Está limitada por la Sierra de Michis al oeste y la Sierra de Urica al este. En la zona de amortiguamiento de la reserva los principales asentamientos humanos son los ejidos El Alemán y San Juan de Michis; además del rancho La Peña. El gradiente altitudinal del área va desde los 1,734 hasta los 2,950 m (Maury, 1993).

El clima de la zona es templado seco, semiseco y subhúmedo (Martínez y Saldívar, 1978). Dentro de la Reserva han sido registradas 13 unidades de vegetación (González-Elizondo *et al.*, 1993), que corresponden a cinco de los tipos de vegetación descritos por Rzedowski (1978) para México: bosques de coníferas, bosque de *Quercus*, pastizales, matorral xerófilo y vegetación acuática. Los bosques de pino-encino y los de junípero son de las asociaciones arboladas más extendidas en el área de la reserva. Una de las principales amenazas es el sobrepastoreo; los bosques de pino-encino son los más alterados (Arriaga *et al.*, 2000).

La Reserva está recorrida por varios sistemas de arroyos temporales, que contienen agua en la época de lluvias, pero cuya corriente se interrumpe durante la época seca, quedando solamente algunas pozas, la mayoría de las cuales llegan a secarse completamente al final de la época seca. La única corriente permanente que mantiene agua durante todo el año es el Arroyo El Alemán, localizado en el extremo sureste de la Reserva. Existen además lagunas de diversos tamaños, asociadas a manantiales, algunas de las cuales mantienen agua todo el año (INE, 1993).

Los sitios de estudio son cuerpos de agua artificiales (conocidos localmente como "bordos") que se localizan en la zona de amortiguamiento de la reserva. Estos se llenan de agua durante la época de lluvias, y se vacían casi en su totalidad en la época de secas. Las asociaciones vegetales principales en los alrededores de los bordos son: *Pinus-Quercus* y *Quercus-Pinus* con *Juniperus* y, en algunas zonas, altas densidades de *Arctostaphylos pungens*. Esta zona tiene un clima templado con

temperatura media anual de 12°C (Min -14°C, Max 33°C), y régimen de lluvias de verano (González-Elizondo *et al.*, 1993).

4.2 Trabajo de Campo

El presente trabajo es parte de un proyecto mayor titulado: “Evaluación de la importancia de los cuerpos de agua para las especies de murciélagos (Chiroptera) presentes en la Reserva de la Biosfera la Michilía, Durango”, el cual contempla una serie de objetivos para determinar dicha importancia. A continuación se describe la metodología general, haciendo énfasis en la que corresponde particularmente a los objetivos de esta tesis.

El trabajo de campo se realizó durante dos temporadas de muestreo durante en 2005; la primera del 3 al 23 de abril (secas) y la segunda del 3 al 16 de septiembre (lluvias). El monitoreo se realizó en 7 bordos, muestreándose 2 noches en cada uno. El cuadro 1 y figura 1 muestran su localización y características principales. Los nombres corresponden a etiquetas asignadas en el presente proyecto con el fin de facilitar su identificación, y pueden o no corresponder con la denominación que aparece en cartas topográficas de la zona.

Estos bordos forman un grupo relativamente compacto, con no más de 4.5 km de distancia máxima entre ellos (Figura 1). El área del espejo de los bordos se midió en cada temporada de muestreo, georreferenciando puntos alrededor de cada uno con ayuda de un GPS marca Garmin, modelo 2XL. Con estos puntos se dibujó un polígono del cual se calculó el área utilizando el programa Arc View GIS v. 3.2 (ESRI®).

Durante cada noche de trabajo se colocaron en tripiés, dos detectores Petterson Elektronik AB, D240X, cada uno conectado a una grabadora digital Marantz PDM670, a 3 metros de distancia del margen del bordo, y a un metro de altura, en un ángulo de 45° con respecto a la horizontal.

Cuadro 1 – Ubicación, altitud y antigüedad de los sitios de muestreo ubicados en la zona de amortiguamiento de la RB La Michilía, ordenadas en la secuencia en que fueron muestreadas en ambas temporadas.

No.	Sitio	Coordenadas	Altitud sobre el nivel del mar (m)	Antigüedad (años)
1	Bordo de la Avena	23° 23.28' N, 104° 14.81' W	2,490	≥30
2	Bordo I	23° 23.25' N, 104° 12.86' W	2,440	<10
3	Bordo Chapalita	23° 23.39' N, 104° 15.45' W	2,550	≥30
4	Bordo 2	23° 23.25' N, 104° 13.24' W	2,506	≥50
5	Presa Tres Pericos	23° 24.110' N, 104° 14.490' W	2,480	≥30
6	Bordo Tepehuano	23° 23.724' N, 104° 14.204' W	2,501	<10
7	Bordo Arellano	23° 23.43' N, 104° 13.77' W	2,492	≥30

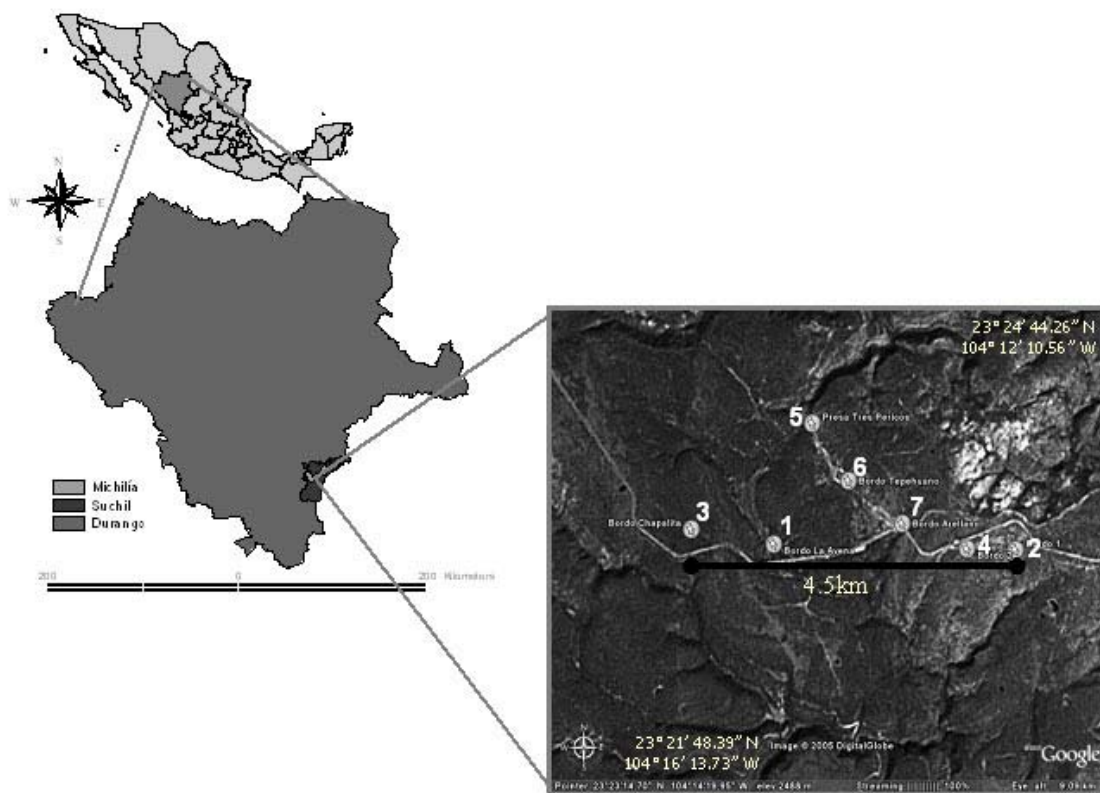


Figura 1 – Ubicación de los siete sitios de muestreo en la zona de amortiguamiento de la RB La Michilía. Los números corresponden a los asignados para cada sitio en el cuadro 1.

Se grabaron pistas de 3.5 minutos en modo heterodino, a una velocidad de muestreo de 44.1 Khz. La duración de las pistas se estableció únicamente con la finalidad de no crear archivos digitales demasiado grandes que pudieran ser difíciles de procesar en la computadora. Simultáneamente, sólo durante la primera noche dos personas recorrieron transectos de 1 km, cada una con un detector (Petterson Elektronik AB, D240X) y grabadora (Marantz PDM670), utilizando los mismos parámetros que los detectores fijos.

El modelo de detectores usado únicamente permite captar las señales de ultrasonido en modo heterodino y expandido, el primero funciona en tiempo real

aunque capta una ventana angosta de frecuencias (10kHz), por lo que un detector se fijó a una frecuencia de 25 kHz y el otro a 35 kHz, para en suma tener una ventana de detección de 20 a 40 kHz, intervalo de frecuencias en el que se ha registrado que ecolocan la mayoría de las especies presentes en la reserva (Cuadro 2).

Debido a la manera en que procesa las señales el modo heterodino, se pierden muchas de sus características por lo que no es muy útil para identificar especies de murciélagos. Por ello también se grabaron los últimos 3 segundos en modo expandido, modo que capta las señales íntegras y las reproduce 10 veces mas lento, por lo que se tienen 30 segundos de grabación en este modo, el cual además permite una ventana amplia de detección ya que registra todas las frecuencias. Con estos fragmentos de 30 segundos en cada pista de grabación se contempla identificar posteriormente las especies como parte de los objetivos del proyecto general.

Asimismo, para tener otra fuente de información de las especies que visitan los bordos y para establecer la fonoteca de referencia para las señales de ultrasonido (proyecto general), se colocaron 6 redes de niebla de 9 m de longitud en la segunda noche de trabajo. Los ejemplares capturados se colocaron en bolsas de tela individuales para ser procesados la mañana siguiente, además se registró el número de red, la hora de colecta y la fecha. Al día siguiente, se tomaron los datos de condición reproductiva, peso y longitud de antebrazo de cada ejemplar capturado; además se tomó muestra de tejido del dactilopatagio, se anillaron y grabaron las señales de ecolocación, y posteriormente se liberaron.

Al mismo tiempo, cada noche se colocó un detector de humedad y temperatura (Oakton®) a 15 m de distancia del borde de agua, buscando siempre una zona despejada de vegetación. El detector se programó para tomar la temperatura y humedad relativa cada 3.5 minutos durante 3 horas a partir de la puesta del sol para que los datos fueran equiparables con las pistas de grabación. También se midieron las siguientes variables para cada noche: nubosidad, con categorías de Alta (3), Media (2), Baja (1) y Nula (0); velocidad del viento (la primera temporada de manera cualitativa, siguiendo la escala de Beaufort; la segunda con un anemómetro (Skymate SM-18 Speedtech Instruments). Para que fueran comparables

ambas temporadas se homogenizaron las medidas asignando valores cualitativos a los datos registrados con el anemómetro.

Asimismo, se registró la fase lunar medida como porcentaje de iluminación según el programa Moonrise (Sidell, 2002) y los minutos en los que La Luna estuvo visible en la localidad durante la sesión. Como parte de la descripción de las características generales del bordo se registró la presencia de vegetación acuática: Presencia (1), Ausencia (2); el área del espejo de agua y la antigüedad aproximada del bordo. Cabe señalar que se dejó de grabar cuando las condiciones climáticas (lluvia) no lo permitieron, dado que los micrófonos de los detectores son muy sensibles y se saturan cuando la humedad ambiental es muy alta, impidiendo la grabación.

Cuadro 2 – Frecuencias de ecolocación reportadas para las especies presentes en la RB La Michilía y tipo de forrajeo que utilizan.

Tipo de Forrajeo **	Especie	Frecuencia (kHz)	Citas
Insectívoros de sustrato	<i>Euderma maculatum</i>	9 – 24	Fenton y Bell (1979); Fullard y Dawson (1997)
	<i>Idionycteris phyllotis</i>	12 – 24	Thomas <i>et al.</i> (1987)
	<i>Corynorhinus townsendii</i>	19 – 43	Thomas <i>et al.</i> (1987)
	<i>Corynorhinus mexicanus</i>	No se ha descrito	
	<i>Myotis thysanodes</i>	31 – 49	Fenton y Bell (1979)
	<i>Myotis auriculus</i>	54 - 97	Fenton y Bell (1979)
Insectívoros aéreos de bosques y claros	<i>Eptesicus fuscus</i>	25 - 50	Fenton y Bell (1979); Fullard y Dawson (1997)
	<i>Myotis volans</i>	40 - 89	Fenton y Bell (1979); Warner y Czaplewski (1984)
	<i>Myotis ciliolabrum</i>	41 - 60	Fenton y Bell (1979); O'Farrell <i>et al.</i> (1999)
	<i>Myotis californicus</i>	37 - 82	Fenton y Bell (1979); O'Farrell <i>et al.</i> (1999)
Insectívoro de superficies acuáticas	<i>Myotis yumanensis</i>	46 - 80	O'Farrell <i>et al.</i> (1999)
	<i>Myotis lucifugus</i>	40 – 80	Fenton y Bell (1979); Fenton

			y Barclay (1980); Mikhida <i>et al.</i> (2004)
	<i>Myotis velifer</i>	40 – 90	Thomas <i>et al.</i> (1987)
Insectívoros de espacios abiertos	<i>Lasiurus cinereus</i>	26 - 39	Fenton y Bell (1979); Barclay <i>et al.</i> (1999); O'Farrell <i>et al.</i> (2000)
	<i>Lasiurus borealis</i>	40	Acharya y Fenton (1992)
	<i>Tadarida brasiliensis</i> *	42 - 62	Fenton y Bell (1979)

* Aunque no se ha colectado en la zona, es muy probable que se encuentre.

** Categorías de tipo de forrajeo tomadas de Findley (1993).

4.3 Análisis de datos

Las pistas grabadas durante cada noche se llevaron a gabinete donde se etiquetaron y respaldaron en un disco duro y en DVD's. Posteriormente se analizaron con el programa BatSound Pro v.3.3 (Pettersson Elektronik AB). Para cumplir con los objetivos de la presente tesis, únicamente se analizaron las pistas registradas en modo heterodino con el detector fijo a 35 kHz, ubicado cerca del espejo de agua.

La actividad de los murciélagos se midió como el número de pulsos y *buzzes* de caza por unidad de tiempo (Figura 2). Un pulso se ha definido como una vocalización simple emitida por un murciélago, mientras que un *buzz* de caza se define como una serie de pulsos de alta frecuencia de repetición que indica ataques de los murciélagos hacia sus presas (Griffin, 1958; Schnitzler y Kalko, 2001; Gannon *et al.*, 2004). Los *buzzes* de caza proveen información acerca de la actividad de forrajeo de los murciélagos (Fenton, 1988).

El conteo de pulsos y *buzzes* de caza de cada pista se realizó mediante el programa BatSound Pro v.3.3 (Figura 2), visualizando el oscilograma y espectrograma en ventanas de 10 segundos utilizando los siguientes parámetros: para el Espectrograma: *FFT*(*Fourier Fast Transform*): 512 muestras; ventana *FFT*: *Hanning*; sobreposición *FFT*: 95%. Para el Oscilograma: Milisegundos por gráfica: 10,000; amplitud mínima: -20, máxima: 20; amplitud de retícula: 2; tiempo: 5 segundos.

Para determinar si el nivel de actividad de murciélagos en los cuerpos de agua es similar durante toda la sesión de grabación se construyeron gráficas para cada

noche, colocando el número de pulsos en el eje de las abscisas y el tiempo en el eje de las ordenadas utilizando el programa STATISTICA® 7.0 (Stat Soft, Inc.). De esta manera se hizo una descripción y comparación visual de los patrones de actividad para cada noche en cada uno de los siete sitios.

Para determinar si las observaciones de cada noche (pulsos y *buzzes*) pueden ser consideradas como repeticiones, preliminarmente se examinó de manera cualitativa la variación que aporta cada uno de los factores (noche, localidad y temporada), por medio de un ANOVA anidado con el factor noche dentro de sitio y sitio dentro de temporada; para ello se utilizó el módulo PROC NESTED de SAS v. 6.11. Esta evaluación preliminar mostró que la variación entre noches es mínima con respecto a las otras fuentes de variación por lo que se decidió considerarlas como pseudo-repeticiones.

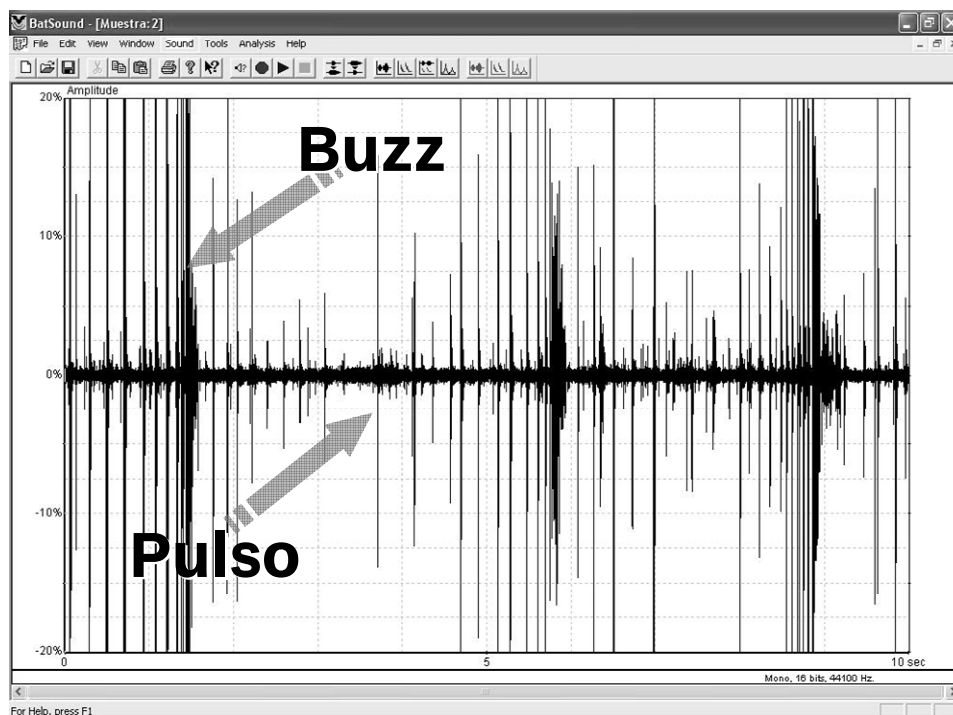


Figura 2 – Imagen del BatSound Pro v.3.3, donde muestra el oscilograma con los parámetros utilizados para definir y contar pulsos y *buzzes* de caza.

Se evaluó la diferencia de actividad de murciélagos en los diferentes cuerpos de agua, medida como pulsos y *buzzes*, entre las siete localidades y entre la temporada de lluvias y secas, usando la prueba de Kruskal-Wallis de dos vías, la cual es una extensión no paramétrica de ANOVA (Sokal y Rohlf, 1981). Se tomaron como factores independientes a las localidades y las temporadas y se realizó a través del programa SAS v.6.11 para Windows (1995) utilizando el módulo PROC GLM.

Para determinar si los bordos están siendo usados como sitios de forrajeo, se evaluó la relación entre pulsos y *buzzes* de caza por temporada, mediante la correlación de Pearson (Zar, 1996).

La relación entre la actividad de murciélagos y las variables ambientales, así como las características del bordo, se evaluaron mediante correlaciones de Spearman (Zar, 1996), de manera independiente para cada temporada. Las correlaciones Spearman y Pearson se realizaron mediante el programa STATISTICA® 7.0 (Stat Soft, Inc. 1984-2004).

V. RESULTADOS

5.1 Actividad a lo largo de la noche

El patrón de actividad de murciélagos medido como pulsos y *buzzes* de caza durante las 3 horas de sesión para cada noche es similar entre noches, localidades y temporadas (Figuras 3 a 16), excepto en el Bordo 2. Se aprecia en general un período de mayor actividad entre las 20:15 y las 20:50 horas aproximadamente. En la mayoría de las noches muestreadas en cada localidad, la actividad disminuye drásticamente, o incluso desaparece en algunos casos. En el Bordo 2 (Figuras 9 y 10) se registra actividad a lo largo de toda la sesión; además, durante la segunda noche en temporada de lluvias, en este bordo la mayor actividad se registra casi al final de la sesión.

Los datos de hora de captura en redes (Cuadro 3) indican que los murciélagos no acuden a los bordos de manera aleatoria con respecto al tiempo; la mayoría de las capturas en todas las localidades se presentan en la primera hora después de la puesta del sol, coincidente con el período de mayor actividad. *Lasiurus cinereus* y *Myotis lucifugus* se capturaron sólo durante este periodo; *Eptesicus fuscus* y *M. californicus* se capturaron en la primer y segunda horas, mientras que *M. velifer* se registró durante todo el período de muestreo, aunque fue más frecuente también en la primer hora. La mayoría de las capturas de *M. auriculus* se realizaron en la segunda y tercer horas. *M. volans* se capturó tanto en la primera como en la tercer horas.

En la temporada de secas se capturaron cinco especies diferentes: *Lasiurus cinereus* (2 individuos), *Myotis californicus* (3), *Myotis volans* (6), *Eptesicus fuscus* (7) y *Myotis auriculus* (4); mientras que en la de lluvias se capturaron 4 especies: *Myotis velifer* (45), *Myotis lucifugus* (1), *Myotis auriculus* (1) y *Eptesicus fuscus* (2). Sin embargo, en la temporada de lluvias la especie que domina es *Myotis velifer* con 45 ejemplares contra 4 de las otras especies; en tanto que en la temporada de secas *M. velifer* está ausente de la muestra y las abundancias de las restantes especies son similares.

5.2 Relación Pulsos – *Buzzes* de Caza

La correlación de Pearson entre número de pulsos y de *buzzes* de caza resultó significativa para ambas temporadas (secas: $r = 0.98$, $P \leq 0.05$; lluvias: $r = 0.82$, $P \leq 0.05$), aunque para secas el coeficiente de correlación es un poco mayor que en lluvias (Figuras 19 y 20).

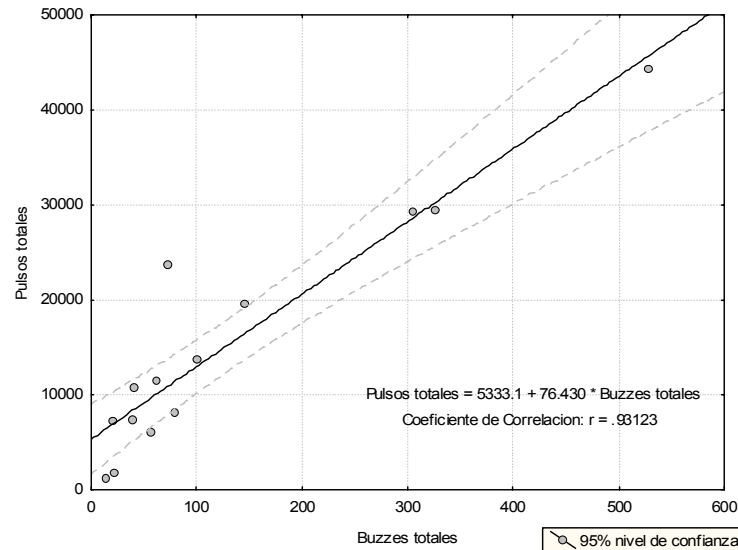


Figura 19 – Correlación de Pearson entre pulsos y *buzzes* de caza registrados por noche en cada sitio en temporada de secas.

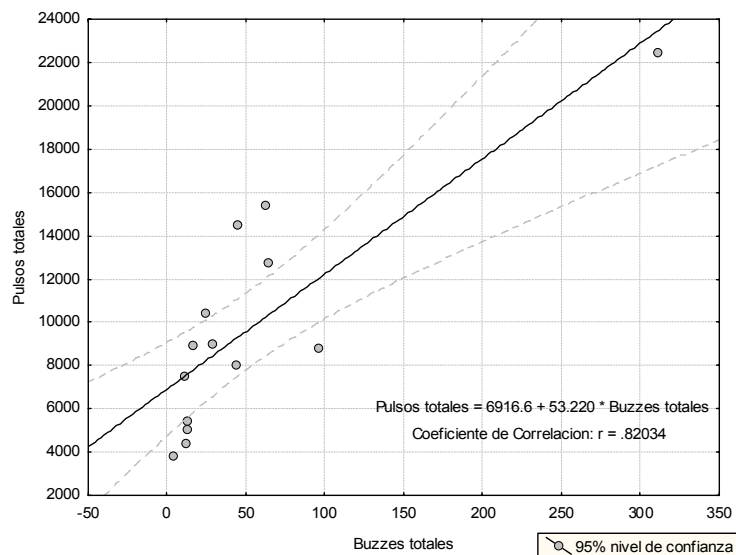


Figura 20 – Correlación de Pearson entre pulsos y *buzzes* de caza registrados por noche en cada sitio en temporada de lluvias.

5.3 Actividad entre sitios y temporadas

Para la temporada de secas, los sitios en donde se registró mayor actividad tanto en número de pulsos (Figura 17) como de *buzzes* (Figura 18) fueron el bordo Tepehuano y el Bordo 2; y el que presentó el número menor fue el Bordo 1. En la temporada de lluvias el sitio que registró el mayor número de pulsos fue el Bordo 2, seguido del bordo La Avena; y el menor número se registró en el bordo Tepehuano. En cuanto al número de *buzzes* para esta temporada, el mayor número se registró en el Bordo 2 y el menor en Tepehuano.

La prueba de Kruskal-Wallis mostró que para la actividad medida como pulsos existe una diferencia significativa entre sitios. La diferencia entre temporada no resulta significativa; sin embargo, la interacción sitios y temporadas es altamente significativa, lo que indica que la temporada influye en las diferencias de actividad entre sitios (Cuadro 4).

Por otro lado, para la actividad medida como *buzzes* de caza resulta significativa tanto la diferencia entre temporadas, entre localidades, así como la interacción entre estos factores (Cuadro 5).

Cuadro 4 – Resultados del ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis de 2 vías para la actividad de murciélagos medida como pulsos.

Fuente de variación	Grados de libertad	F	P
Sitios	6	3.32	0.0300
Temporadas	1	1.86	0.1936
Sitios*Temporadas	6	3.97	0.0157

Cuadro 5 – Resultados del ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis de 2 vías para la actividad de murciélagos medida como *buzzes* de caza.

Fuente de variación	Grados de libertad	F	P
Sitios	6	5.66	0.0036
Temporadas	1	13.91	0.0022
Sitios*Temporadas	6	3.39	0.0281

Dado que la temporada influye en la actividad de murciélagos medida como pulsos y *buzzes* de caza, los datos se separaron por temporada para evaluar la diferencia de medias de actividad entre sitios, mediante la prueba de Tukey DMS. Los resultados de la prueba de Tukey separados por temporada no distingue grupos, sin embargo es notable la diferencia entre las medias (Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6 - Resultados de la prueba de Tukey DMS y medias de actividad de murciélagos, para sitios en la temporada de secas. Medias ordenadas de mayor a menor.

Pulsos			Buzzes		
Sitio	Media	Tukey	Sitio	Media	Tukey
Tepehuano	29357	A	Tepehuano	316.5	A
Bordo 2	27913	A	Bordo 2	295.5	A
Arellano	16583	A	Arellano	123.5	A
Presa Tres Pericos	15479	A	Avena	68.5	A
Chapalita	9084	A	Presa Tres Pericos	47	A
Avena	6996	A	Chapalita	40.5	A
Bordo 1	1473	A	Bordo 1	18.5	A

Cuadro 7 - Resultados de la prueba de Tukey DMS y medias de actividad de murciélagos, para sitios en la temporada de lluvias. Medias ordenadas de mayor a menor.

Pulsos			Buzzes		
Sitio	Media	Tukey	Sitio	Media	Tukey
Bordo 2	15623	A	Bordo 2	203.5	A
Avena	14067	A	Avena	63	A
Presa Tres Pericos	10986	A	Chapalita	28	A
Arellano	9695	A	Presa Tres Pericos	28	A
Bordo 1	7179	A	Arellano	26.5	A
Chapalita	6209	A	Bordo 1	14.5	A
Tepehuano	4457	A	Tepehuano	8.5	A

El nivel de actividad en los bordos a lo largo de cada temporada es similar tanto para número de *buzzes* como de pulsos; aunque para el número de *buzzes* (actividad de forrajeo) este patrón es mas consistente (Figuras 17 y 18).

5.4 Relación con variables ambientales

Los valores de las variables examinadas se presentan en el cuadro 8. El sitio con mayor superficie del espejo de agua fue el Bordo 2, seguido de el bordo Tepehuano y el de menor fue la Presa Tres Pericos en ambas temporadas. Debido a las fechas de los muestreos, la fase lunar medida como porcentaje de iluminación, así como los minutos en que La Luna estuvo observable en el horizonte, tienen valores similares en cada sitio entre temporadas.

De las ocho variables examinadas, área, vegetación acuática, nubosidad, viento y humedad relativa no estuvieron significativamente correlacionadas con la actividad de murciélagos en ninguna temporada. En la temporada de secas las variables temperatura máxima, mínima y promedio, fase lunar y minutos de luz lunar estuvieron significativamente correlacionadas con la actividad de murciélagos medida como el número de pulsos y *buzzes*. En la temporada de lluvias, ninguna correlación fue significativa (Cuadro 9).

Cuadro 9 – Correlación (Spearman) entre variables ambientales y actividad (pulsos, *buzzes*); $\alpha \leq 0.05$, resultados significativos marcados en negritas.

Secas		Variables	Lluvias	
Pulsos	Buzzes		Pulsos	Buzzes
0.3455 $p = 0.2262$	0.4607 $p = 0.0973$	Área	-0.0531 $p = 0.8567$	0.3414 $p = 0.2321$
-0.0716 $p = 0.8077$	-0.2148 $p = 0.4607$	Vegetación acuática	-0.0392 $p = 0.8940$	-0.2944 $p = 0.3067$
0.3621 $p = 0.2031$	0.3714 $p = 0.1910$	Nubosidad	-0.0439 $p = 0.8814$	-0.1597 $p = 0.5854$
0.0794 $p = 0.7872$	0.0635 $p = 0.8291$	Viento	-0.1176 $p = 0.6888$	-0.1164 $p = 0.6916$
0.4718 $p = 0.0884$	0.5887 $p = 0.0267$	Temperatura máxima	0.4000 $p = 0.1564$	0.1615 $p = 0.5812$
0.6791 $p = 0.0075$	0.6835 $p = 0.0070$	Temperatura mínima	-0.1060 $p = 0.7181$	-0.2677 $p = 0.3548$
0.6000 $p = 0.0233$	0.6483 $p = 0.0121$	Temperatura promedio	-0.0593 $p = 0.8403$	-0.2728 $p = 0.3453$
0.1474 $p = 0.6150$	0.1826 $p = 0.5320$	Humedad relativa máxima	0.1367 $p = 0.6411$	-0.0375 $p = 0.8986$
0.0419 $p = 0.8866$	-0.0309 $p = 0.9163$	Humedad relativa mínima	-0.2665 $p = 0.3570$	-0.2866 $p = 0.3203$
0.1452 $p = 0.6203$	0.1914 $p = 0.5121$	Humedad relativa promedio	0.1384 $p = 0.6368$	-0.0660 $p = 0.8226$
0.7174 $p = 0.0038$	0.6203 $p = 0.0179$	Fase lunar	0.2087 $p = 0.4737$	-0.3234 $p = 0.2593$
0.7233 $p = 0.0034$	0.4514 $p = 0.1051$	Minutos de luz lunar	-0.1413 $p = 0.6297$	-0.1427 $p = 0.6264$

VI. DISCUSIÓN

Con la información recabada a través de detectores acústicos no es posible tener estimaciones de densidad, ya que sólo permiten conocer una estimación de la proporción de tiempo que los murciélagos pasan en un sitio (Williams *et al.*, 2006). Los resultados obtenidos sobre actividad de murciélagos deben tomarse con cautela, ya que representan la actividad de la comunidad de murciélagos sin distinguir especies y sin considerar las densidades particulares de las poblaciones de cada especie.

La información acerca de las especies que visitan los bordos se limita la información obtenida mediante la captura con redes de niebla, por lo que es información parcial ya que hay especies cuyos hábitos las hacen difíciles de capturar en red (O'Farrell y Gannon, 1999). Una vez que se analicen los fragmentos de registros acústicos en modo expandido, de cada pista grabada y se identifiquen las especies presentes, esto como parte del proyecto global, se podrán confirmar las tendencias que aquí se proponen.

6.1 Patrones de actividad a lo largo de la noche

El período de mayor actividad de murciélagos fue la primera hora después de la puesta del sol para la mayoría de los sitios, lo cual coincide con lo reportado por varios autores, algunos de los cuales utilizaron información de captura en redes de niebla (Cockrum y Cross, 1964) y otros, más recientes, hicieron uso de detectores acústicos (Kunz, 1973; Erkert, 1982; Hayes, 1997; Milne *et al.*, 2004). Varios de estos trabajos reportan además, otro pico de actividad justo antes del amanecer. Éste probablemente exista en la comunidad de murciélagos estudiada; sin embargo, dado el diseño de este estudio no fue posible registrarlo.

Carothers y Jaksic (1984) hablan de la teoría de diferenciación de nicho en el tiempo, como otra forma de reparto del espacio o de algún recurso por parte de las especies para evitar interacciones antagonistas. Bajo esta teoría, si el recurso fuera el mismo toda la noche y todos los murciélagos comieran aproximadamente lo mismo, este reparto en el tiempo permitiría que todos se alimentaran por lo menos parcialmente.

En general, las capturas en red sugieren que en la temporada de secas podría estar ocurriendo un reparto temporal del nicho en los bordos estudiados: el pico de actividad coincide con la presencia del mayor número de especies y de individuos (Cuadro 3 y Figuras 3 a 16) con *Myotis californicus*, *M. lucifugus* y *Lasiurus cinereus*, quienes llegan en la primera hora (20:15 -21:15). Conforme avanza la noche la diversidad y la abundancia de especies que visita el cuerpo de agua disminuye, *Eptesicus fuscus* llega a la segunda hora (21:15 – 22:15) y *M. volans* y *M. auriculus* hacia la tercera (22:15 – 23:15).

Sin embargo, se sabe que los murciélagos prefieren alimentarse de ciertos grupos de insectos sobre otros, y que las especies de insectos difieren en la hora en que están activos (Jones y Rydell, 1994); entonces podríamos estar ante un uso diferencial del recurso insecto y no ante exclusión competitiva.

Por otra parte, Jones (1965) y Kurta y Baker (1990) mencionan que *M. auriculus* y *E. fuscus* tienen mayor actividad a partir de la segunda hora después de la puesta del sol; *M. californicus* está activo poco después de la puesta del sol (Simpson, 1993), *M. volans* tiene su mayor actividad 3 a 4 horas después de la puesta del sol (Warner y Czaplewski, 1984) y *L. cinereus* tiene picos de actividad que varían en distintas áreas geográficas; pero en general se dan después de la primera hora (Shump y Shump, 1982). Entonces, es posible que el patrón observado corresponda a los picos de actividad de cada especie de manera independiente, y que no haya partición alguna.

En la temporada de lluvias *Myotis velifer* domina en todos los bordos, y la aparición de otras especies en los mismos es rara. Las diferencias en composición y abundancia de especies que visitan los bordos entre temporadas, pueden deberse a que en temporada de secas, el agua y los insectos asociados, estarían limitados principalmente a los bordos, por lo que algunas especies de murciélagos, que en otra temporada no los visitarían, en la temporada de secas se verían obligadas a hacerlo, ya sea para beber, o en busca de alimento. Esto explicaría la mayor diversidad y homogeneidad de las especies durante la temporada de secas que se reporta en este estudio. En la temporada de lluvias, cuando tanto el agua como los insectos son abundantes en el área, y no están restringidos a los bordos, se observaron

solamente a dos especies de murciélagos: *M. velifer* y ocasionalmente *M. lucifugus*, ambos forrajeadores de superficie del agua. El hecho de que no se haya colectado un solo ejemplar de *M. velifer* en la temporada de secas, sugiere que esta especie podría estar migrando localmente en busca de sitios con mayor disponibilidad de agua donde sería mas probable encontrar alimento (Fitch *et al.*, 1981).

A diferencia de los demás, el Bordo 2 presentó actividad continua durante todo el periodo de grabación, las dos noches y las dos temporadas; esto puede deberse a varias razones: primero que dicho bordo presentó la mayor superficie de agua, casi el doble de el que le sigue en tamaño; además, es el de mayor antigüedad, ya que se trata de una laguna natural que rara vez se secaba y que actualmente no lo hace debido al levantamiento de una barrera de tierra (bordo) que permite retener el agua todo el año. Debido a estas características, es posible que sea el que lleva más tiempo siendo visitado por los murciélagos, aunado a que éstos son fieles a los sitios de forrajeo (Hill y Smith, 1988; Ransome, 1990), es de esperar que en este bordo se concentre un número considerable de murciélagos. Asimismo, la mayor superficie y la mayor antigüedad de este cuerpo de agua, podrían estar favoreciendo la presencia de una mayor abundancia y diversidad de insectos; asegurando así, la disponibilidad de alimento para los murciélagos insectívoros; lo que explica también la mayor cantidad de visitantes, sobre todo en temporada de secas.

En la temporada de lluvias el inicio de la actividad de los murciélagos en los bordos se adelanta 10 minutos en comparación con la temporada de secas, particularmente en los días nublados. Jones y Rydell (1994) presentan evidencia de que la hora de salida de los refugios está en función de las especializaciones de la dieta y las estrategias de forrajeo, es decir, se activan en función del periodo de actividad de sus presas, el cual varía en el tiempo para cada grupo de insectos. Por otra parte, se cree que el riesgo de depredación también afecta la hora de emergencia de los murciélagos, que evitan volar cuando hay luz (Speakman, 1991). La disminución de la cantidad de luz por el efecto de la nubosidad pudiera dar lugar a que los murciélagos emerjan de sus refugios poco antes de la hora de la puesta del sol.

6.2 Relación Pulsos – *Buzzes*

Como se ha mencionado, los *buzzes* de caza proveen información acerca de la actividad de forrajeo de los murciélagos (Fenton, 1988). La correlación significativa entre los pulsos y *buzzes* de caza encontrada en ambas temporadas, sugiere que los sitios no son usados solamente de paso y para beber agua, sino que son lugares donde los murciélagos acuden a alimentarse de insectos (sitios de forrajeo). El coeficiente de correlación es mayor en la temporada seca, lo cual es consistente con la hipótesis de que los insectos se concentran en los bordos, resultando en una mayor actividad de forrajeo (*buzzes*) de murciélagos. Thomas (1988) reporta grandes abundancias de insectos pequeños y medianos en hábitats riparios y encuentra una alta correlación con secuencias de caza (*buzzes*) emitidas por murciélagos.

6.3 Diferencias entre sitios y temporadas

La diferencia entre temporadas resultó significativa sólo para la actividad medida como *buzzes*; lo que nuevamente sugiere que el uso de los cuerpos de agua por los murciélagos es principalmente con fines de alimentación. En la mayoría de los bordos se registró significativamente menos actividad en temporada de lluvias que en temporada seca (Figuras 17 y 18). Dado que en secas los bordos son prácticamente las únicas fuentes de agua superficial en esa zona y los insectos se concentran ahí, es de esperarse que sean visitados por un mayor número de especies que acuden a éstos a alimentarse y beber agua. En cambio, en temporada de lluvias, el agua y los insectos son abundantes fuera de los bordos, por lo que a excepción de los murciélagos que se alimentan en superficies acuáticas (*Myotis velifer* y *M. lucifugus*) el resto tienen otras opciones, por lo que no visitan con tanta frecuencia los bordos.

La interacción de los factores temporada y sitio fue significativa para pulsos y *buzzes*, lo cual es asimismo consistente con la hipótesis de que el uso que los murciélagos dan a los bordos difiere en función de la disponibilidad de agua.

El Bordo 1 fue el sitio con menor actividad en temporada de secas y el segundo menor en temporada de lluvias; este aguaje presenta algunas características que podrían ser desfavorables para la presencia de murciélagos.

Durante el muestreo se observó que en general hay poca actividad de insectos, lo cual no pareció estar relacionado con bajas temperaturas (Cuadro 8). Se apreció también que no presenta herbáceas en la orilla, es aparentemente más profundo que los demás, y comparado con ellos, es de reciente construcción. Lo anterior sugiere que la densidad de insectos es baja por lo que pudiera no ser muy atractivo para los murciélagos.

Excluyendo el Bordo 1, en la temporada de secas la actividad es aproximadamente proporcional al tamaño del espejo de agua; sin embargo, la correlación no resultó significativa debido a que éste (Bordo 1) actúa como observación aberrante (“outlier”); lo cual, dado el tamaño pequeño de la muestra, (solo 7 bordos) produce el resultado observado. Un mayor tamaño del bordo implica un espejo de agua grande y por lo tanto espacios abiertos y mayor heterogeneidad ambiental; esto aunado a la cercanía de vegetación arbórea permite la presencia de murciélagos con diversos tipos de hábitos de forrajeo. Así, se tienen tanto murciélagos de superficies acuáticas, cómo de sustrato y aéreos (Cuadros 2 y 3). Esto explica que el Bordo 2 y el bordo Tepehuano tengan los niveles más altos de actividad. De manera similar, Seidman y Zabel (2001) encontraron una mayor actividad en arroyos de mayor tamaño en el noroeste de California, EUA.

Los bordos que siguen en actividad son el bordo Arellano y la Presa Tres Pericos, ambos con espejos de agua muy reducidos (860 y 123 m², respectivamente). Estos bordos se localizan cerca de asentamientos humanos, en áreas mas o menos abiertas y en un corredor que desemboca en el Arroyo Pericos, el cual llega al Arroyo Nana Juana (INEGI, 1972) que es una de las cañadas más grandes de la reserva. Estas características pueden significar una mayor disponibilidad de recursos (alimento, refugio). Fenton (1997) propone que la disponibilidad de refugios y la abundancia de presas son los dos factores principales que determinan la selección de hábitat por los murciélagos. Las especies capturadas durante la temporada de secas en el bordo Arellano son insectívoros aéreos de bosque (*Myotis volans* y *M. californicus*), así como insectívoros de sustrato (*M. auriculus*). En la Presa Tres Pericos se capturaron tanto insectívoros de espacios

abiertos (*Lasiurus cinereus*), como aéreos de bosques y claros (*Eptesicus fuscus*, *Myotis volans*, *M. californicus*), e insectívoros de sustrato (*M. auriculus*).

Los bordos La Avena y Chapalita son similares en tamaño (Cuadro 3), están cercanos entre sí, la vegetación aledaña es similar (bosque mas denso que en los otros bordos) y son relativamente antiguos (por lo menos 30 años). Estos sitios presentan una actividad similar, baja (Cuadro 8) y son visitados principalmente por murciélagos que forrajea en bosque: *Myotis volans*, insectívoro aéreo de bosque y *M. auriculus*, insectívoro de sustrato, en el bordo La Avena; y *M. volans* y *Eptesicus fuscus*, insectívoro de sustrato, en el bordo Chapalita.

Durante la temporada de lluvias la correlación de actividad y tamaño del espejo de agua no fue significativa; sin embargo, fue proporcional al tamaño de los bordos, al menos para 5 de ellos, excepto el Bordo 1 y el bordo Tepehuano. Si se toma en cuenta que en la temporada de lluvias la comunidad de murciélagos que visita los bordos parece estar dominada por *M. velifer*, especie que forrajea en superficies acuáticas; entonces, el nivel de actividad estaría dado por los sitios que prefiere esta especie. El bordo Tepehuano es utilizado de manera regular por la población indígena que desde hace algunos años habita en el área de la reserva para lavar ropa. Durante la sesión de muestreo se observó una alta concentración de detergente que pudiera haber provocado una baja disponibilidad de insectos acuáticos de superficie y por consiguiente una baja actividad de *M. velifer* y otros murciélagos insectívoros de superficies acuáticas (Cuadro 2).

6.4 Relación con variables ambientales

Las variables: vegetación acuática, nubosidad, viento y humedad relativa, no tuvieron relación significativa con la actividad de murciélagos. La variable viento no resultó significativa posiblemente porque éste no fue lo suficientemente intenso durante el muestreo como para afectar la sensación térmica y/o la actividad de insectos y por consiguiente la actividad de murciélagos. Varios trabajos previos no encuentran relación significativa de actividad con humedad relativa, viento y nubosidad (Glendell y Vaughan, 2002; Wickramasinghe *et al.*, 2003). Al parecer no hay trabajos previos que manejen la vegetación acuática como una variable, sin

embargo se consideró en este trabajo ya que pudiera tener efecto en la densidad de insectos presentes; aunque esta variable no resultó tener relación significativa con la actividad de murciélagos, es posible que tenga un efecto en conjunto con el resto de las características de los bordos que explique las diferencias de actividad entre ellos.

En cambio las variables temperatura, fase lunar y minutos de luz lunar presentaron una relación positiva y significativa con la actividad, aunque sólo en temporada de secas. La relación positiva de actividad de murciélagos con temperatura ha sido registrada previamente para otros sitios. Erickson y West (2002) reportan para una zona templada al norte de Estados Unidos que la temperatura parece ser el factor limitante de actividad.

Asimismo, O'Donnell (2000) encuentra que la temperatura es el factor que mejor explica la actividad de murciélagos en un sitio al sur de Nueva Zelanda. Vaughan *et al.* (1997) también encuentran una correlación positiva con actividad en el suroeste de Inglaterra. Hayes (1997) describe una relación no lineal entre la temperatura y actividad; sin embargo, agrega que al correlacionar la actividad únicamente con las noches en las que las temperaturas mínimas estaban debajo de los 4°C, encontró correlación positiva; es decir, la actividad bajaba dramáticamente cuando la temperatura estaba por debajo de los 4°C. Rydell *et al.* (1996) reportan que temperaturas por debajo de los 10°C afectan negativamente la actividad de insectos, y con ello también disminuye la actividad de murciélagos.

En la RB La Michilía la relación de actividad con temperatura no es lineal, la gráfica de temperatura media contra pulsos totales, sugiere que a pocos cambios en temperatura se dan cambios grandes en la actividad de murciélagos (Figura 21).

En la temporada de lluvias el efecto de la temperatura no fue significativo, probablemente debido a que no se registraron temperaturas muy bajas lo que puede deberse al efecto de amortiguamiento de la humedad relativa del aire (min 55%, max 85%). La temperatura mínima reportada para la temporada de lluvias fue de 9°C en el bordo Chapalita, mientras que en la temporada de secas fue de 2°C en el mismo sitio.

Los resultados muestran una relación significativa y positiva del porcentaje de iluminación lunar y los minutos de luna presente con la actividad de murciélagos. El efecto de la fase lunar ha sido evaluado con respecto a la actividad de varias especies de animales; sin embargo, aún existe controversia, y en muchos casos, los resultados no muestran ningún efecto.

Algunos autores reportan que varias especies de mamíferos, aves e insectos nocturnos disminuyen su actividad durante las noches de luna llena (Williams, 1936; Williams y Singh, 1951; Horning y Trillmich, 1999; Brigham *et al.*, 1999). Mientras que otros encuentran que al parecer algunos grupos o especies de insectos aumentan su actividad en noches de mayor iluminación lunar. Por ejemplo: especies de Lepidoptera (Danthanarayana y Gu, 2000), Culicidae, Diptera (Bindlingmayer, 1964), Plecoptera, Homoptera y otros insectos acuáticos (Brack y Laval, 1985).

Para los murciélagos esta “fobia lunar” aparentemente se presenta principalmente en especies frugívoras (Morrison, 1978; Usman *et al.*, 1980; Fleming, 1988) y hematófagas (Turner, 1975). La evidencia en lo que respecta a especies insectívoras es menos clara, algunos autores concluyen que al parecer, los murciélagos modifican sus hábitos de forrajeo en presencia de luna evitando espacios abiertos (Reith, 1982; Hecker y Brigham, 1999); en cambio otros reportan una relación significativa y positiva (Erickson y West, 2002); y otros más, no encuentran influencia significativa (Waiping y Fenton, 1988; Negraeff y Brigham, 1995; Karlsson *et al.*, 2002).

Lo encontrado en la RB La Michilía coincide con lo reportado por Erickson y West (2002), quienes argumentan que la luz lunar influye en la distribución y actividad de algunos insectos, lo cual incrementa las oportunidades de forrajeo para los murciélagos, resultando en un aumento de los niveles de actividad en un sitio en particular.

La relación positiva de actividad de murciélagos, encontrada en la temporada de secas en la RB La Michilía, con el porcentaje de iluminación lunar y con los minutos de luna, pudiera estar relacionada con el aumento en la actividad de algunos insectos que son consumidos por los murciélagos que visitan los bordos. Sin embargo, hasta ahora con la información recabada en este proyecto no es posible

tener conclusiones determinantes. Para ello sería muy útil estudiar los contenidos estomacales de las especies de murciélagos de la RB La Michilía y, describir que especies de insectos se encuentran en los bordos.

VII. CONCLUSIONES

El nivel de actividad de murciélagos no fue homogéneo durante las sesiones de grabación, en todos los bordos se aprecia un período de mayor actividad en la primera hora después de la puesta del sol. Sólo el Bordo 2 presentó actividad continua a lo largo de la sesión en ambas temporadas, posiblemente debida a su mayor superficie de espejo de agua y antigüedad.

Se encontró relación significativa de la actividad de murciélagos con las variables temperatura (media, mínima y máxima) de cada noche y con la fase lunar (medida como porcentaje de iluminación y como minutos en que estuvo presente La Luna). La relación con la temperatura no es lineal, y probablemente esté dada por la disminución en la actividad de los insectos que constituyen el alimento de los murciélagos. La relación positiva de la actividad de murciélagos con la fase lunar podría estar relacionada con el aumento en la actividad de algunos insectos que son presas de los murciélagos que visitan el bordo. Aunque no se evaluó estadísticamente, cuando no se considera el Bordo 1, en ambas temporadas parece haber una relación positiva de la actividad de los murciélagos con el tamaño del espejo de agua. Otras características de los sitios, como su antigüedad y la disponibilidad de refugios cercanos, son también importantes. En cambio, la presencia de vegetación acuática, la nubosidad, el viento y la humedad relativa no mostraron relación significativa.

Los resultados obtenidos sugieren que los bordos están siendo usados como sitios de forrajeo en ambas temporadas, aunque la actividad observada fue significativamente mayor en temporada de secas. Esta mayor actividad, así como los datos de captura de redes, sugieren que los bordos son prácticamente las únicas fuentes de agua superficial durante la temporada de secas en esa zona, propiciando la concentración de insectos y la consecuente visita de un mayor número de especies de murciélagos. En contraste, durante la temporada de lluvias, la disponibilidad de agua y de insectos fuera del área de los bordos es mayor, por lo que la mayor parte de las especies tendrían otras opciones de forrajeo y alimentación fuera de los cuerpos de agua, quedando en estos solamente las especies que forrajean en la superficie del agua. Esto explica que en la temporada de lluvias la

comunidad de murciélagos en los cuerpos de agua esté dominada por *Myotis velifer* y se presente *M. lucifugus*, ambos insectívoros de superficies acuáticas; mientras que las especies capturadas en secas tienen estrategias de forrajeo variadas (insectívoros aéreos de bosque y claros e insectívoros de espacios abiertos).

En general, se puede concluir que los bordos son usados como sitios de forrajeo en ambas temporadas, y que en la época de secas adquieren mayor relevancia ya que acuden a éstos un mayor número de especies. Por ello, es de suma importancia proponer estrategias de manejo de estos sitios que redunden en la conservación de quirópteros en la reserva.

Los bordos son importantes como sitios de forrajeo para las especies de murciélagos de La Michilía, sobre todo en la época de secas donde el agua es un recurso limitado. En general, los bordos con mayor actividad de murciélagos son aquellos que presentan la mayor superficie del espejo de agua y/o que son más antiguos.

VIII. RECOMENDACIONES

Los resultados que aquí se presentan permiten proponer algunas recomendaciones para el manejo de los bordos en la RB La Michilía.

Se recomienda manejar estos sitios de manera que tengan agua todo el año. Además, el mantenimiento de los bordos existentes es importante, se sugiere evitar que se viertan contaminantes en ellos como aceites o jabones.

La ubicación también es importante, en el caso del establecimiento de nuevos bordos se recomienda aprovechar lagunas que se forman de manera natural y procurar no impactar la vegetación aledaña. Es importante considerar el tamaño de los bordos para mantener la integridad de la comunidad de murciélagos, por lo que se sugiere que cuando se planee construir nuevos bordos se opte por que sean pocos de tamaño considerable, en lugar de muchos de tamaño reducido.

Es preciso diseñar un plan de monitoreo de la comunidad de quirópteros en la RB La Michilía, ya que es necesario conocer la respuesta de éstos ante cambios ambientales que se presenten conforme pase el tiempo; para, en función de ello, proponer nuevas estrategias de manejo.

IX. SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

La presente investigación es una primera aproximación al entendimiento de la importancia que tienen los bordos (aguajes) para la comunidad de murciélagos y a la evaluación de la influencia de las características de los bordos y otros factores ambientales en el uso que les dan los quirópteros a estos sitios. El análisis de la información del segundo año de trabajo permitirá apoyar o no, las conclusiones que hasta ahora se tienen. Asimismo, la información recabada como parte del proyecto general permitirá tener otras aproximaciones al entendimiento de la importancia y uso de los bordos. Una vez que se tengan identificadas las especies con los fragmentos registrados en modo expandido a lo largo de la sesión, se podrá tener mejor idea de las especies que visitan los bordos a lo largo del tiempo.

Este trabajo abre la posibilidad de tratar de responder a otras interrogantes que podrían ser abordadas en trabajos futuros. Sería importante diseñar una investigación que considere el estudio de la comunidad de insectos que visita los bordos y evaluar las características de los bordos que permiten su establecimiento. Esto último se podría complementar con el estudio de la dieta de los murciélagos en la reserva, para de esta manera tendrían los elementos que permitirán entender en qué medida la preferencia de sitios y el efecto de las variables ambientales en los murciélagos insectívoros, está dada por la presencia de alimento.

También queda abierta la pregunta respecto a los desplazamientos que realizan los murciélagos entre los bordos, las distancias que se desplazan y la ubicación de posibles. Sería importante estudiar los desplazamientos locales de *Myotis velifer* a lo largo del año con el fin de entender por qué al parecer en la temporada de secas no visita con tanta frecuencia los bordos de la zona estudiada.

X. LITERATURA CITADA

- Acharya, L. y M. B. Fenton. 1992. Echolocation behaviour of vespertilionid bats (*Lasiurus cinereus* and *Lasiurus borealis*) attacking airborne targets including arctiid moths. *Canadian Journal of Zoology*, 70: 1292–1298
- Álvarez, T. y O. J. Polaco. 1984. Estudio de los mamíferos capturados en La Michilía, sureste de Durango, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. México* 28: 99-148
- Arriaga, G., L. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México.
- Barclay, R. M. R., J. H. Fullard y D. S. Jacobs. 1999. Variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*): influence of body size, habitat structure, and geographic location. *Canadian Journal of Zoology*, 77(4): 530–534
- Bell, G. P. 1980. Habitat use and response to patches of prey by desert insectivorous bats. *Canadian Journal of Zoology*, 58:1876-1883.
- Bidlingmayer, W. L. 1964. The effect of moonlight on the flight activity of mosquitoes. *Ecology*, 45(1):87-94.
- Brack, V., Jr. y R. K. LaVal. 1985. Food habits of the indiana bat in Missouri. *Journal of Mammalogy*, 66(2):308-315.
- Broders, H.G. 2003. Another quantitative measure of bat species activity and sampling intensity considerations for the design of ultrasonic monitoring studies. *Acta Chiropterológica*, 5(2): 235-241.
- Carothers, J. H., F. M. Jaksic. 1984. Time as a niche difference: the role of interference competition. *Oikos*, 42(3):403-406.
- Chruszcz, B. J. y R. M. R. Barclay. 2002. Thermoregulation and roost selection by a solitary bat in southeastern Alberta, Canada. *Functional Ecology* 16: 18-26.

- Cockrum, E. L. y S. P. Cross. 1964. Time of bat activity over water holes. *Journal of Mammalogy*, 45(4):635-636.
- Cryan, P. M. y B. O. Wolf. 2003. Sex differences in the thermoregulation and evaporative water loss of a heterothermic bat, *Lasiurus cinereus*, during its spring migration. *The Journal of Experimental Biology* 206: 3381-3390.
- Danthanarayana W. y H. Gu. 2000. Flight periodicities in migrant moths. Libro de resúmenes XXI International Congress of Entomology, Brasil, 20-26 Agosto.
- Erickson, J. L. y S. D. West. 2002. The influence of regional climate and nightly weather conditions on activity patterns of insectivorous bats. *Acta Chiropterologica*, 4(1): 17-24
- Erkert, H. G. 1982. Ecological aspects of bat activity rhythms. En *Ecology of bats* (T. H. Kunz, Ed.), pp. 201-242. Plenum Press, New York.
- Fenton, M. B. 1982. Echolocation, Insect Hearing, and Feeding Ecology of Insectivorous Bats. En: *Ecology of Bats*, (Kunz, T. H. Ed). Plenum Press, New York. 450 pp.
- Fenton, M. B. 1988. Detecting, Recording, and Analyzing Vocalizations of Bats. En *Ecological and behavioural methods for the study of bats*. (Editor: T. H. Kunz) Smithsonian Institution Press, Pp: 77-89.
- Fenton, M. B. 1997. Science and the conservation of bats. *Journal of Mammalogy*, 78: 1-14.
- Fenton, M. B. 2000. Reporting: Essential Information and Analysis. En *Bat Echolocation Research, tools, techniques and analysis*. (Editores: R. M. Brigham, E. K. V. Kalko, G. Jones, S. Parsons, H. J. G. A. Limpens). Bat Conservation International. 167pp.
- 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.
- Fenton, M. B. y R. M. R. Barclay. 1980. *Myotis lucifugus*. *Mammalian species*, 142: 1-8
- Findley, J. S. 1993. *Bats, a community perspective*. Cambridge University Press. 167pp.

- Fitch, J. H., K. A. Shump, Jr. y A. U. Shump. 1981. *Myotis velifer*. Mammalian species, 149:1-5.
- Fleming, T. H. 1988. The short-tailed fruit bat. A study in plant-animal interactions. Chicago. IL: University of Chicago Press. 359 pp.
- Fullard, J. H. Y J. W. Dawson. 1997. The echolocation calls of the spotted bat *Euderma maculatum* are relatively inaudible to moths. The Journal of Experimental Biology, 200:129-137
- Furlonger, C. L., H. J. Dewar, y M. B. Fenton. 1987. Habitat use by foraging insectivorous bats. Canadian Journal of Zoology, 65:284-288
- Gannon, W. L., M. J. O'Farell, C. Corben y E. J. Bedrick. 2004. Call Character Lexicon and Analysis of Field Recorded Bat Echolocation Calls. En Echolocation in Bats and Dolphins, (Editores: Thomas, J.A., C.F. Moss y M. Vater) The University of Chicago Press. 604pp.
- Glendell, M. y N. Vaughan. 2002. Foraging activity of bats in historic landscape parks in relation to habitat composition and park management. Animal Conservation, 5:309-316.
- González-Elizondo, S., M. González-Elizondo y A. Cortes-Ortiz. 1993. Vegetación de la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango, México., Acta Botánica Mexicana 22:1-104.
- Gore, J. A. y J. A. Hovis. 1992. The southeastern bat: Another cave-roosting species in peril. *Bats*, 10, 10-12.
- Griffin, D. R. 1958. Listening in the Dark, the acoustic orientation of bats and men. Dover Publications, Inc., New York, xxvi + 413pp.
- Grindal, S. D., J. L. Morissette y R. M. Brigham. 1999. Concentration of bat activity in riparian habitats over an elevational gradient. Canadian Journal of Zoology, 77:972-977.
- Halfetter, G. 1978. Las Reservas de la biosfera en el estado de Durango: una nueva política de conservación y estudio de los recursos bióticos. En Reservas de la

- biosfera en el estado de Durango. *Editado por* Halffter, G. Xalapa, Veracruz, Instituto de Ecología, A. C. Publ. 4: Pp. 17-43.
- Harvey, M. J. 1980. Status of the endangered bats, *Myotis sodalis*, *M. grisescens* and *Plecotus townsendii ingens*, in the southern Ozarks. Pp. 221-223. En: Proceedings of Fifth International Bat Research Conference (Editores: D. E. Wilson and A. I. Gardner). Texas Tech Press. Lubbock, USA.
- Hayes, J. P. 1997. Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies. *Journal of Mammalogy*, 78(2): 514-524
- Hecker, K. R. y R. M. Brigham. 1999. Does moonlight change vertical stratification of activity by forest-dwelling insectivorous bats?. *Journal of Mammalogy*, 80(4):1196-1201.
- Hensley, S. y Scout, C. 1995. Ozark big-eared bat, *Plecotus townsendii ingens* (Handley), revised recovery plan. U.S. Fish and Wildlife Service, Region 2, Albuquerque.
- Hernández, H., A. 1995. Los pequeños mamíferos como indicadores de diversidad ambiental en la Reserva de la Biosfera La Michilía, México. Informe técnico. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz.
- Hilton-Taylor, C. 2000. 2000 IUCN red list of threatened specie. IUCN, Glanz, Switzerland.
- Hill, J. E. y J. D. Smith. 1988. Bats, a natural history. University of Texas Press, Austin. 243 pp.
- Horning M. y F. Trillmich. 1999. Lunar cycle in diel prey migrations exert a stronger effect on the diving of juveniles than adult Galapagos fur seals. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B*, 266:1127-1132.
- Humphrey, S. R. 1978. Status, winter habitat, and management of the endangered Indiana bat, *Myotis sodalis*. *Florida Scientist*, 41:65-76.
- Hutson, A. M., S. P. Mickleburgh y P. A. Racey. 2001. Microchiropteran Bats, Global Status Survey and Conservation Action Plan. IUCN. 258 pp.

- INE. 1993. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera La Michilía. SEDESOL. México.
- INE-CONABIO. 1995. Reservas de la Biosfera y otras áreas naturales protegidas de México. 159 pp.
- INEGI. 1972. Carta topográfica 1:50,000, San Juan de Michis (F13B33).
- Jones, C. 1965. Ecological distribution and activity periods of bats of the Mogollon mountains area of New Mexico and adjacent Arizona. *Tulane studies in zoology*, 12(4):93-100.
- Jones, G. y J. Rydell. 1994. Foraging strategy and predation risk as factors influencing emergence time in echolocating bats. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences*, Vol. 346(1318): 445-455.
- Karlsson, B. L., J. Eklöf y J. Rydell. 2002. No lunar phobia in swarming insectivorous bats (family Vespertilionidae). *Journal of Zoology, London*, 256:437-477.
- Kunz, T. H. 1973. Resource utilization: Temporal and spatial components of bat activity in central Iowa. *Journal of Mammalogy*, 54(1):14-32.
- Kunz, T. H., Whitaker Jr., J. O. y Wadanoli, M. D. 1995. Dietary energetics of the insectivorous Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*) during pregnancy and lactation. *Oecologia (Berlin)*, 101:407-415
- Kurta, A. y R. H. Baker. 1990. *Eptesicus fuscus*. *Mammalian species*, 356:1-10.
- Kurta, A., G. P. Bell, K. A. Nagy y T. H. Kunz. 1989. Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology*, 62:804-818.
- López-González, C. 2003. Murciélagos (Chiroptera) del Estado de Durango, México: composición, distribución y estado de conservación. *Vertebrata mexicana*, 13:15-23.
- McCracken, G. F. 1996. Bats Aloft: A study of high-altitude feeding. *Bats*, 14(3):7-10.
- Martínez, E. y M. C. Saldívar. 1978. Unidades de vegetación en la Reserva de la Biosfera La Michilía, Durango. *En Reservas de la biosfera en el estado de Durango. Editado por Halffter, G. Xalapa, Veracruz, Instituto de Ecología, A. C. Publ. 4: Pp. 133-181.*

- Maury, M. E. 1993. "La Michilía. Encuestas". En A. Gómez-Rompa y R. Dirzo *et al.* (comps). Proyecto de evaluación de áreas naturales protegidas de México. SEDESOL, México.
- Medellín, R.A., H.T. Arita y O. Sánchez. 1997. Identificación de los Murciélagos de México, Clave de campo. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. Publicaciones especiales Núm. 2. México, DF. 83pp.
- Miller, B.W. 2001. A method for determining relative activity of free flying bats using a new activity index for acoustic monitoring. *Acta Chiropterologica*, 3(1): 93-105
- Milne, D. J., M. Armstrong, A. Fisher, T. Flores y C. R. Pavey. 2004. A comparison of three survey methods for collecting bat echolocation calls and species-accumulation rates from nightly Anabat recordings. *Wildlife Research*, 31:57-63.
- Mohr, C. E. 1972. The status of threatened species of cave-dwelling bats. *National Speleological Society Bulletin*, 34:33-47.
- Morrison, D. W. 1978. Lunar phobia in a Neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera Phyllostomidae). *Animal Behavior*, 26:852-855.
- Mikhida, M., J. Orprecio y M. B. Fenton. 2004. Echolocation calls of *Myotis lucifugus* and *M. leibii* (Vespertilionidae) flying inside a room and outside. *Acta Chiropterologica*, 6(1):91-97.
- Negraeff, O. E. y R. M. Brigham. 1995. The influence of moonlight on the activity of little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 60(6):330-336.
- Ochoa, J., M.J. O'Farrell y B.W. Miller. 2000. Contribution of acoustic methods to the study of insectivorous bat diversity in protected areas from northern Venezuela. *Acta Chiropterológica*, 2(2):171-183
- O'Donnell, C. F. J. 2000. Influence of season, habitat, temperature, and invertebrate availability on nocturnal activity of the New Zealand long-tailed bat (*Chalinolobus tuberculatus*). *New Zealand Journal of Zoology*, 27:207-221.

- O'Farrell, M. J., C. Corben y W. L. Gannon. 2000. Geographic variation in the echolocation calls of the hoary bat (*Lasiurus cinereus*). *Acta Chiropterologica*, 2(2): 185 – 196
- O'Farrell, M. J., B. W. Miller y W. L. Gannon. 1999. Qualitative identification of free-flying bats using the Anabat detector. *Journal of Mammalogy*, 80(1):11-23.
- O'Farrell, M. J., W. L. Gannon. 1999. A comparison of Acoustic versus Capture Techniques for the Inventory of Bats. *Journal of Mammalogy*, 80(1): 24-30
- Parsons, S., A., M. Boonman y M. K. Obrist. 2000. Advantages and disadvantages of techniques for transforming and analyzing chiropteran echolocation calls. *Journal of Mammalogy*, 81(4):927-938.
- Patterson, B. D., M. R. Willig, y R. D. Stevens. 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. En: *Bat Ecology* (T. H. Kunz y M. B. Fenton, Eds.), The University of Chicago Press, 779 pp.
- Pettersson Elektronik, AB. 2001. Bat Sound Pro – Programa de análisis de sonido, versión 3.31a.
- Rabinowitz, A. y M. D. Tuttle. 1980. Status of summer colonies of the endangered gray bat in Kentucky. *Journal of Wildlife Management*, 44:955-960.
- Racey, P.A. y A. C. Entwistle. 2003. Conservation Ecology of Bats. Pp. 680-722, en *Ecology of bats* (Kunz, T.H. y Fenton M.B., eds.). The University of Chicago Press. Chicago and London. 779pp.
- Ransome, R. D., 1990. The Natural History of hibernating bats. Ed. Christopher Helm London. 282 pp.
- Reith, C.C. 1982. Insectivorous bats fly in shadows to avoid moonlight. *Journal of Mammalogy*, 63: 685-688
- Rogers, D. S., M. C. Belk, M. W. González y B. L. Coleman. 2006. Patterns of habitat use by bats along a riparian corridor in northern Utah. *The Southwestern Naturalist*, 51(1):52-58.

- Russo, D. y G. Jones. 2003. Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography*, 26: 197-209.
- Rydell, J., A. Entwistle, P. A. Racey. 1996. Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. *Oikos*, 76(2):243-252.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. México, D. F., Editorial LIMUSA. 432 pp.
- SAS Institute Inc. 1995. The SAS system for Windows, SAS/STAT User's Guide. Release 6.11. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Schnitzler H. U. y E. K. V. Kalko. 2001. Echolocation by Insect-Eating Bats. *BioScience*, 51(7): 557-569
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. Reglamento LGEEPA en Materia de Áreas Naturales Protegidas. Diario Oficial de la Federación, 30 de noviembre.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección de especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, México, 6 de marzo.
- Seidman, V. M. y C. J. Zabel. 2001. Bat activity along intermittent streams in NorthWestern California. *Journal of Mammalogy* 823: 738-747.
- Sherwin, R.E., W.L. Gannon y S. Haymond. 2000. The efficacy of acoustic techniques to infer differential use of habitat by bats. *Acta Chiropterologica*, 2(2): 145-153
- Shump, K. A. Jr. y A. U. Shump. 1982. *Lasiurus cinereus*. *Mammalian species*, 185:1-5.
- Sidell, 2002. Programa Moonrise (versión de prueba) disponible en <http://moonrise.us/moonrise.html>.
- Simpson, M. R. 1993. *Myotis californicus*. *Mammalian species*, 428:1-4.

- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1981. Biometry. W. H. Freeman and Company, New York. 859 pp.
- Speakman, J. R. 1991. Why do insectivorous bats in Britain not fly in daylight more frequently?. *Functional Ecology*, 5(4):518-524.
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (programa para análisis de datos) version 7. www.statsoft.com
- Stebbing, R. E. 1988. Conservation of European Bats. Christopher Helm, London.
- Thomas, D. W. 1988. The distribution of bats in different ages of Douglas-fir forest. *Journal of Wildlife Management*, 52(4):619-626.
- Thomas, D. L. y E. J. Taylor. 1990. Study designs and tests for comparing resource use and availability. *Journal of Wildlife Management* 52:619-626.
- Thomas, D. W., G. P. Bell y M. B Fenton. 1987. Variation in Echolocation call frequencies recorded from North American vespertilionid Bats: A cautionary note. *Journal of Mammalogy*, 68(4):842-847.
- Turner, D. C. 1975. The vampire bat. A field study in behavior and ecology. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Tuttle, M. D. 1979. Status, causes of decline, and management of endangered gray bats. *Journal of Wildlife Management*. 43:1-17.
- Tuttle, M. D., 1997. Prefacio en Identificación de los Murciélagos de México, Clave de campo (Medellín et al.), . Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. Publicaciones especiales Núm. 2. México, DF.
- Usman, K., R. Habersetzer, R. Subbaraj, G. Gopalkrishnaswamy y K. Paramandam. 1980. Behaviour of bats during a lunar eclipse. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 7:79-80.
- Vaughan, N., G. Jones y S. Harris. 1997. Habitat use by bats (Chiroptera) assessed by means of a broad-band acoustic method. *Journal of Applied Ecology*, 34:716-730.
- Waiping, W. y M. B. Fenton. 1988. Nonselective mating in little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Journal of Mammalogy*, 69:641-645.
- Warner, R. M. y N. J. Czaplewski. 1984. *Myotis volans*. *Mammalian species*, 224: 1-4

- Wickramasinghe, L. P., S. Harris, G. Jones y N. Vaughan. 2003. Journal of Applied Ecology, 40:984-993.
- Williams, J. A., M. J. O'Farrell y B. R. Riddle. 2006. Habitat use by bats in a riparian corridor of the Mojave desert in southern Nevada. Journal of Mammalogy, 87(6):1145-1153.
- Williams, C. B. 1936. The influence of Moonlight on the activity of certain nocturnal insects, particularly of the Family Noctuidae, as indicated by a light trap. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Biological Sciences, 226(537): 357-389.
- Williams, C. B. y B. P. Singh. 1951. Effect of moonlight on insect activity. Nature, 167:853.
- Woodsworth, G. C., G. P. Bell y M. B. Fenton. 1981. Observations of the echolocation, feeding behaviour, and habitat use of *Euderma maculatum* (Chiroptera: Vespertilionidae) in southcentral British Columbia. Canadian Journal of Zoology, 59:1099-1102.
- Zar, J. H. 1996. Biostatistical Analysis. 3^{ra} edición. Prentice Hall, EUA. 662 pp.

ANEXO I - FIGURAS

Figura 3 - Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el bordo de la Avena, en temporada de secas (6 y 7 de Abril, líneas color gris) y lluvias (3 y 4 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

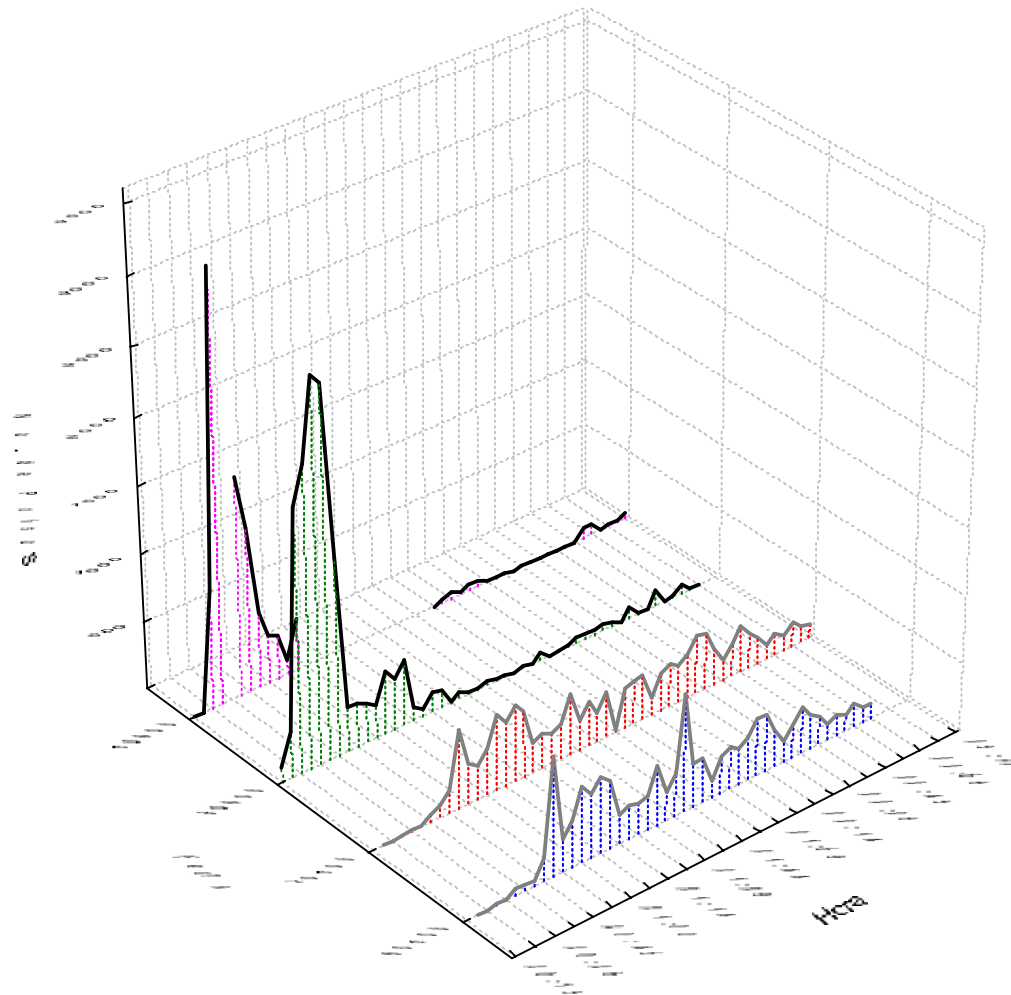


Figura 4 - Número de *buzzes* de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el bordo de la Avena, en temporada de secas (6 y 7 de Abril, líneas color gris) y lluvias (3 y 4 de Septiembre, color negro) durante 2005.

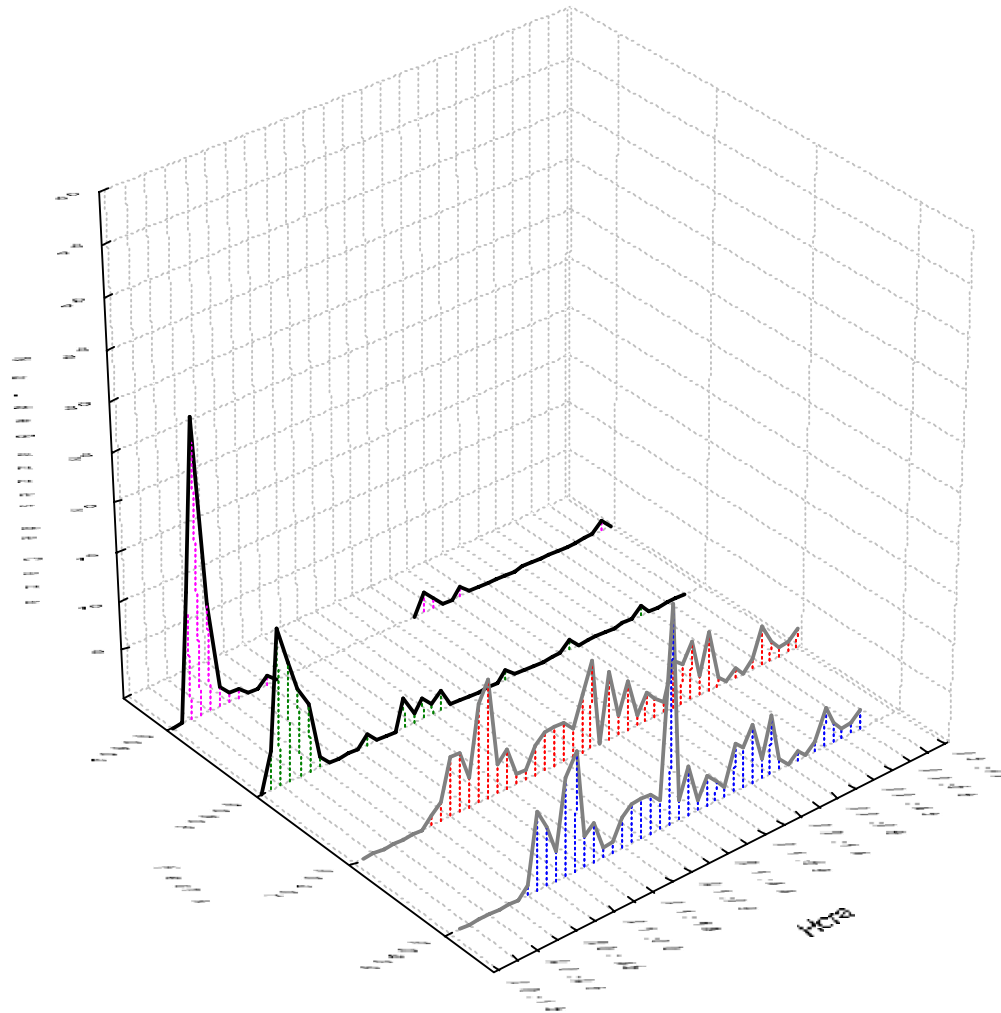


Figura 5 - Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el Bordo 1, en temporada de secas (9 y 10 de Abril, líneas color gris) y lluvias (5 y 6 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

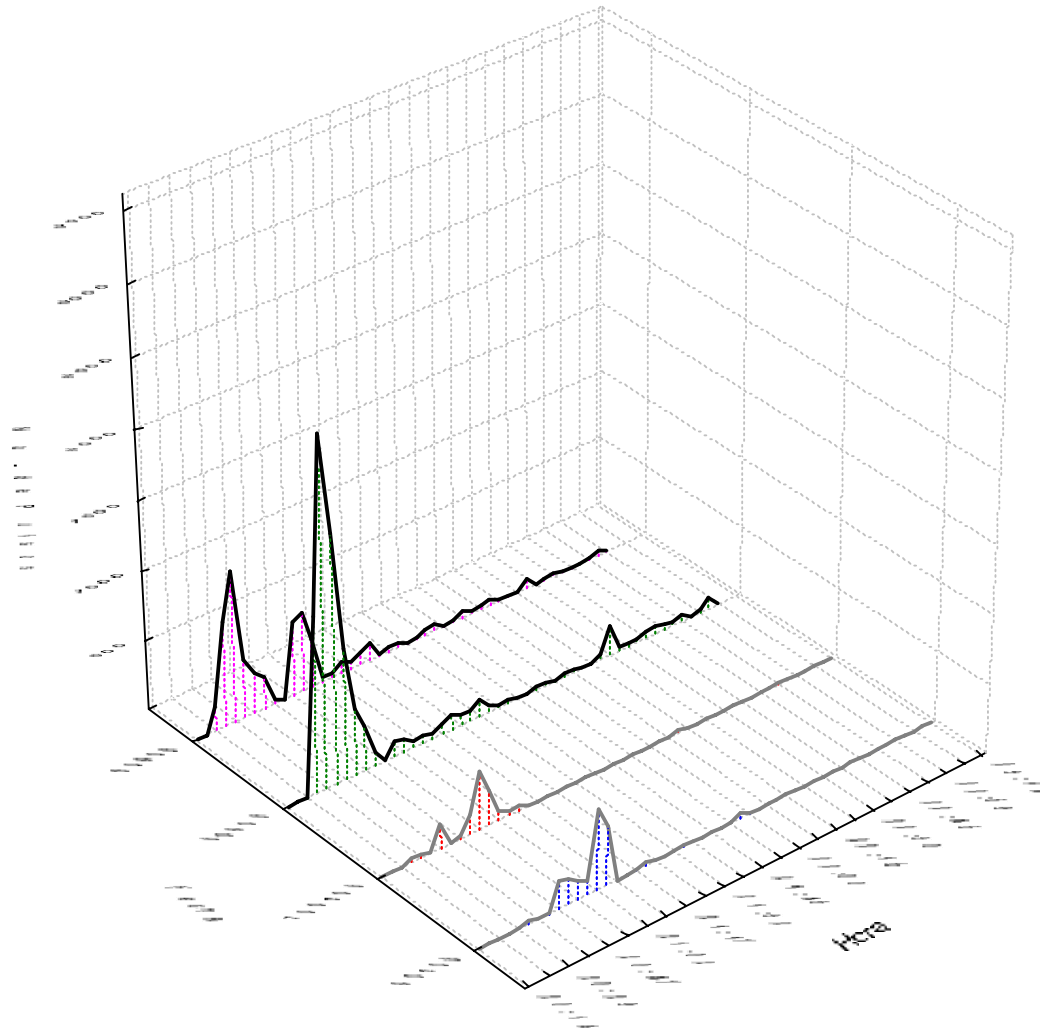


Figura 6 - Número de *buzzes* de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el Bordo 1, en temporada de secas (9 y 10 de Abril, líneas color gris) y lluvias (5 y 6 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

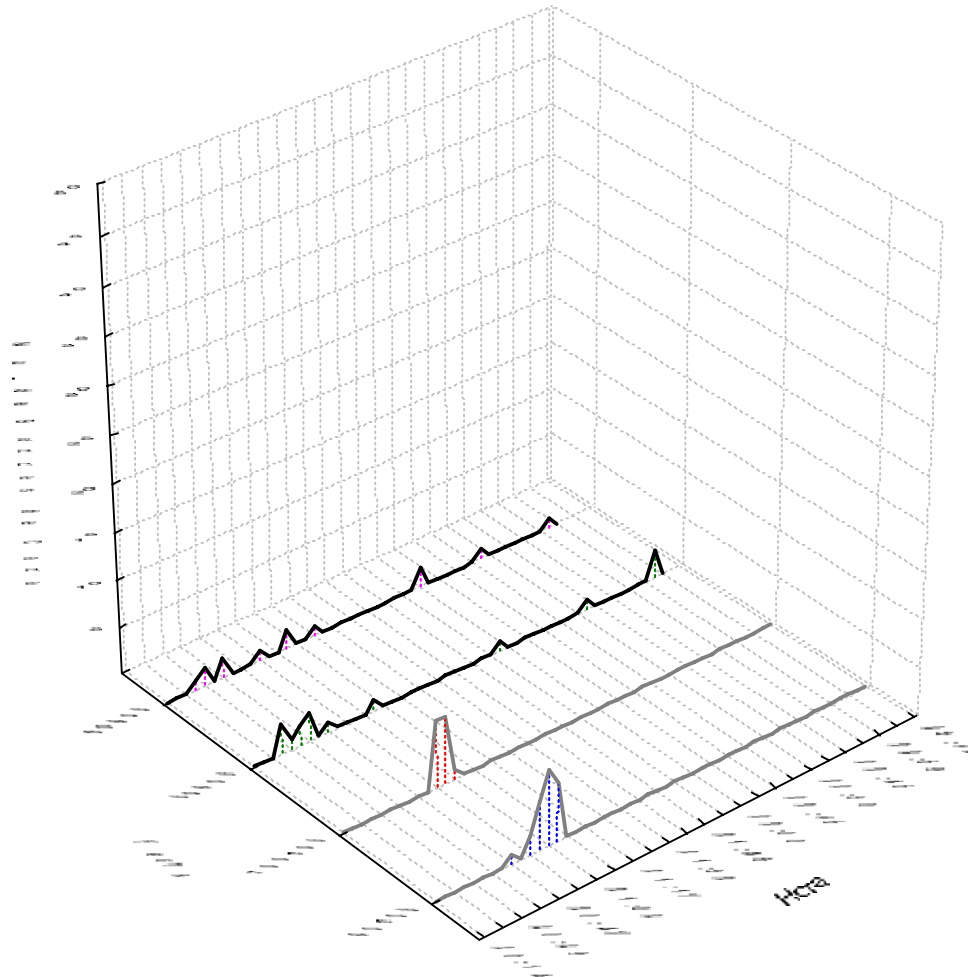


Figura 7 - Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el bordo Chapalita, en temporada de secas (11 y 12 de Abril, líneas color gris) y lluvias (7 y 8 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

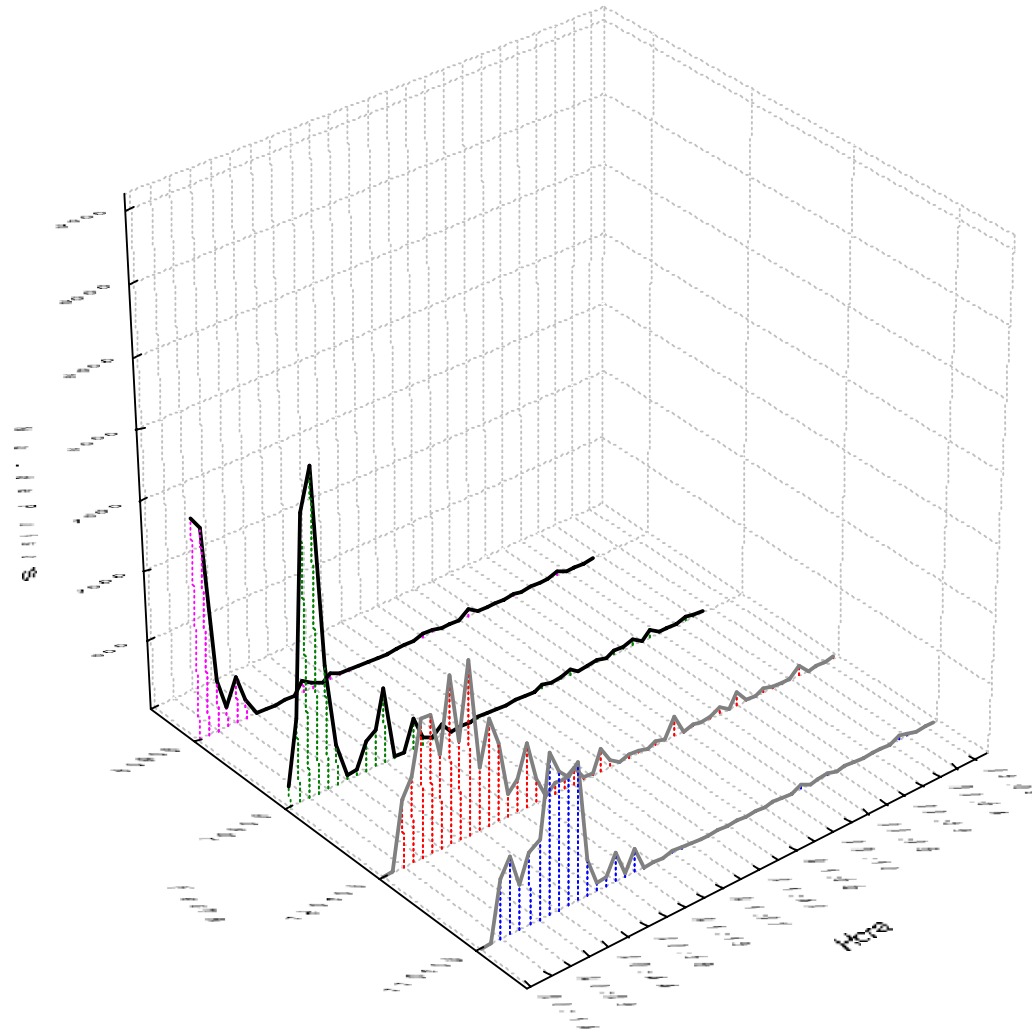


Figura 8 - Número de *buzzes* de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el bordo Chapalita, en temporada de secas (11 y 12 de Abril, líneas color gris) y lluvias (7 y 8 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

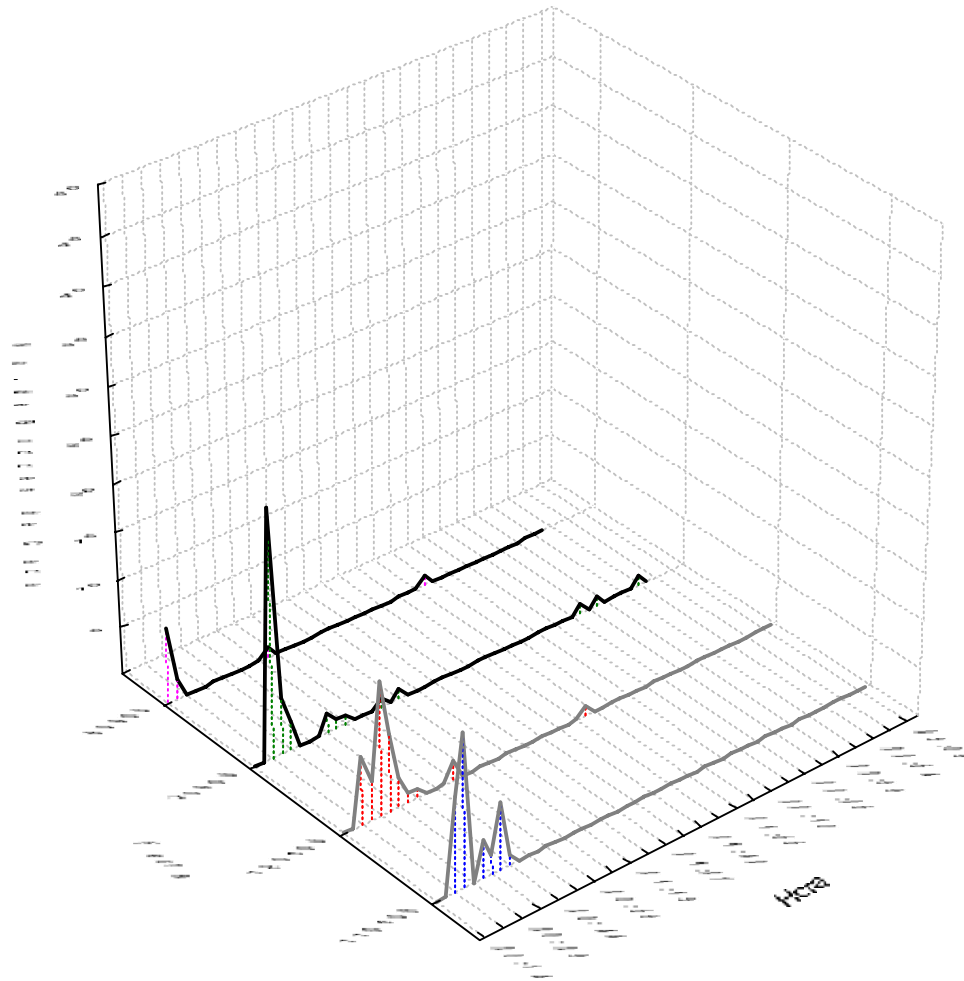


Figura 9 - Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el Bordo 2, en temporada de secas (13 y 14 de Abril, líneas color gris) y lluvias (9 y 10 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

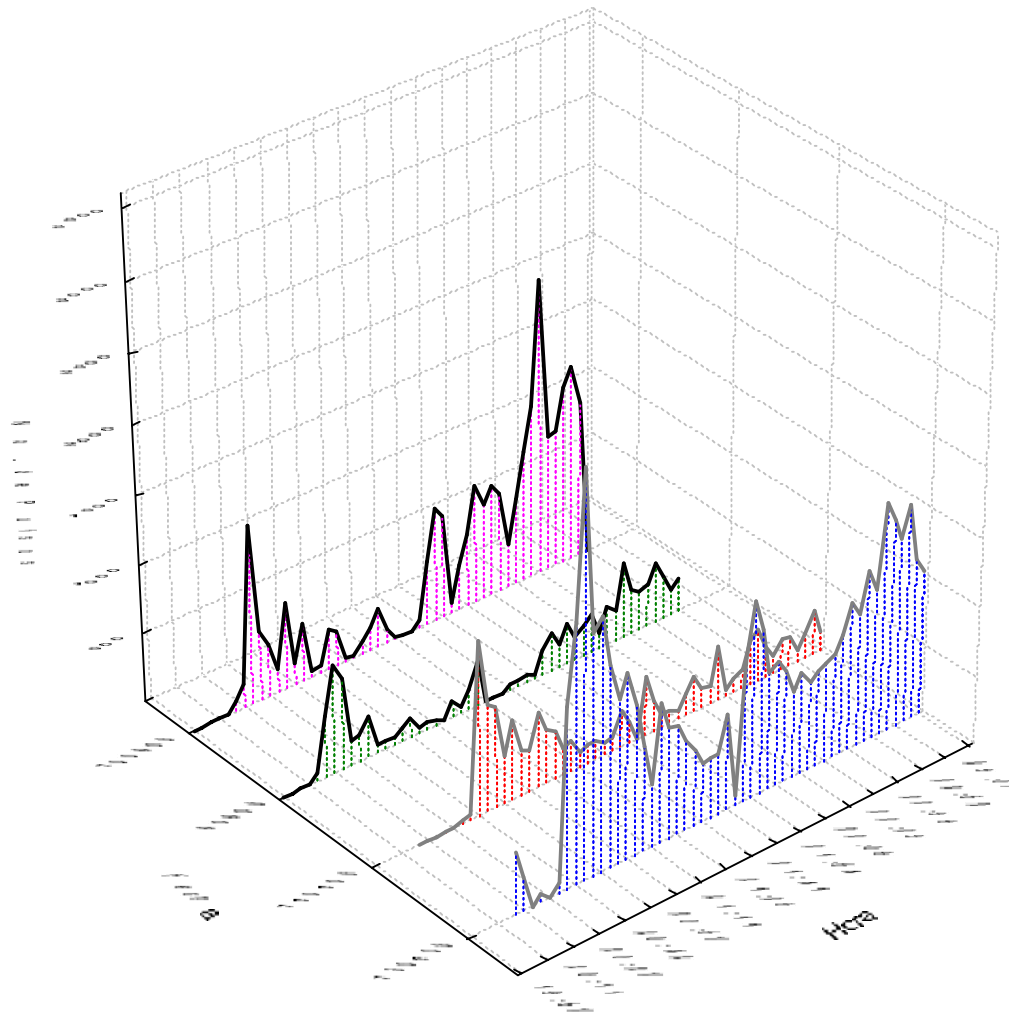


Figura 10 - Número de *buzzes* de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el Bordo 2, en temporada de secas (13 y 14 de Abril, líneas color gris) y lluvias (9 y 10 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

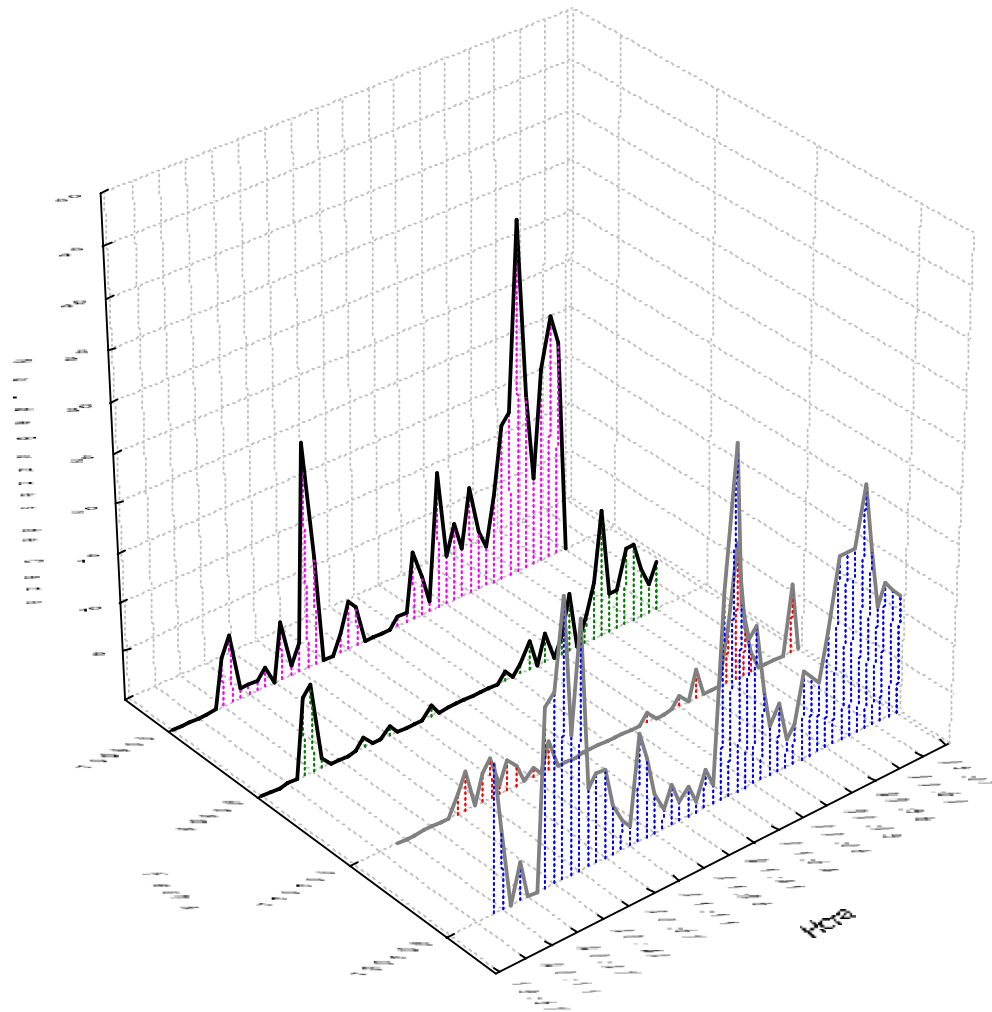


Figura 11 - Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en Presa Tres Pericos, en temporada de secas (15 y 16 de Abril, líneas color gris) y lluvias (11 y 12 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

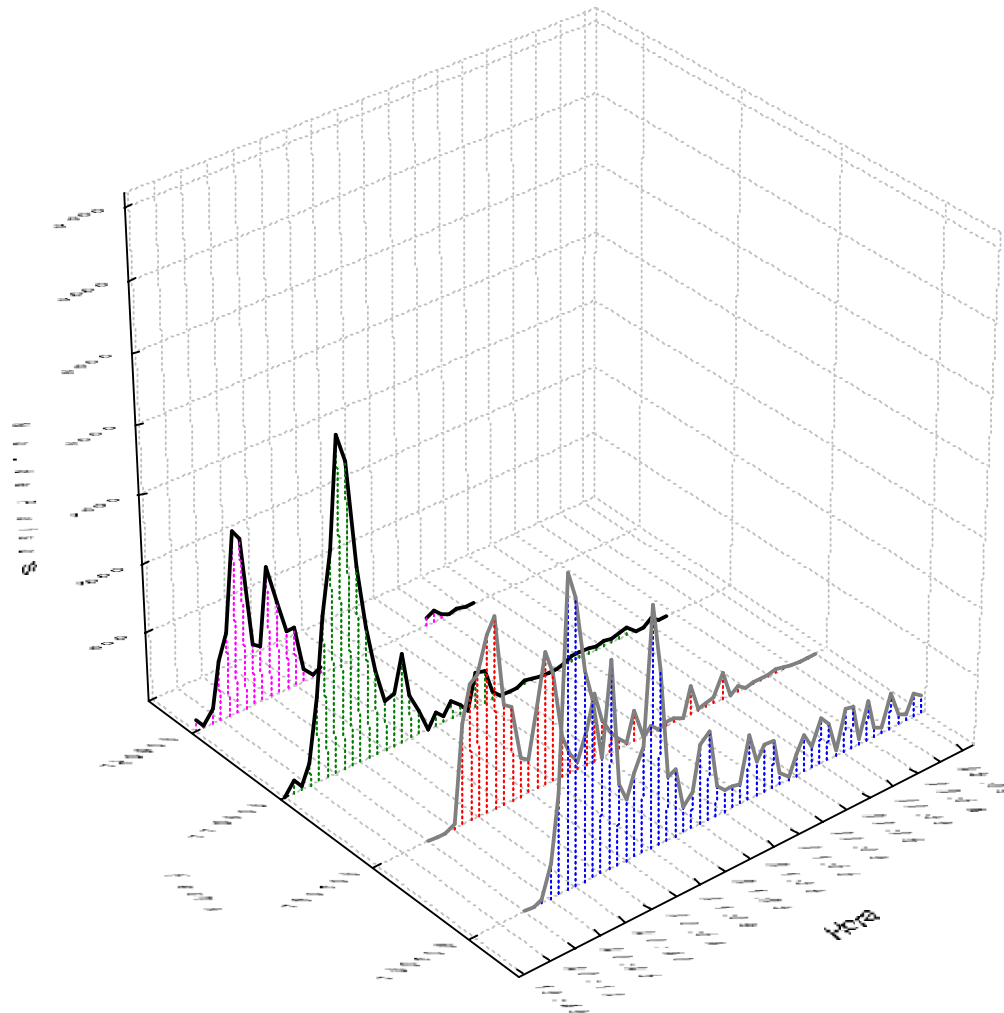


Figura 12 - Número de *buzzes* de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en Presa Tres Pericos, en temporada de secas (15 y 16 de Abril, líneas color gris) y lluvias (11 y 12 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

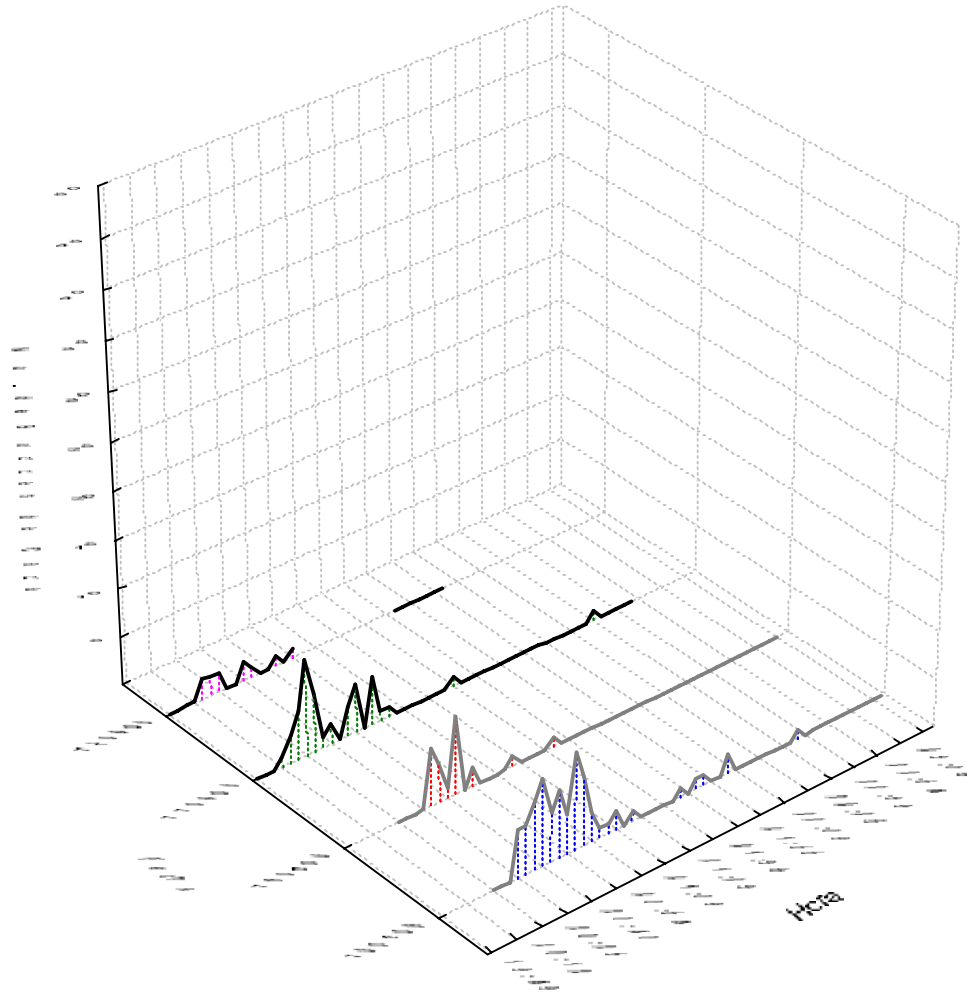


Figura 13 - Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en bordo Tepehuano, en temporada de secas (17 y 18 de Abril, líneas color gris) y lluvias (13 y 14 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

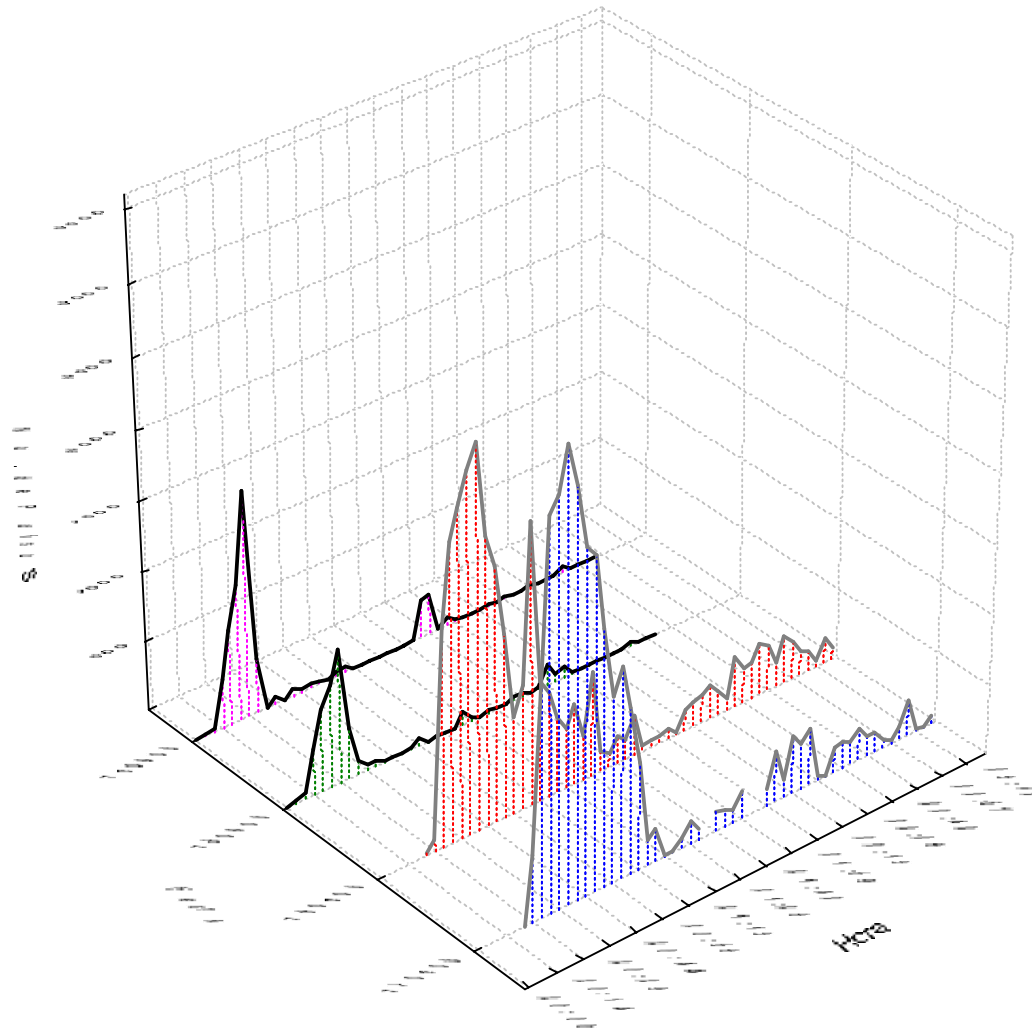


Figura 14 - Número de *buzzes* de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en bordo Tepehuano, en temporada de secas (17 y 18 de Abril, líneas color gris) y lluvias (13 y 14 de Septiembre, líneas color negro) durante 2005.

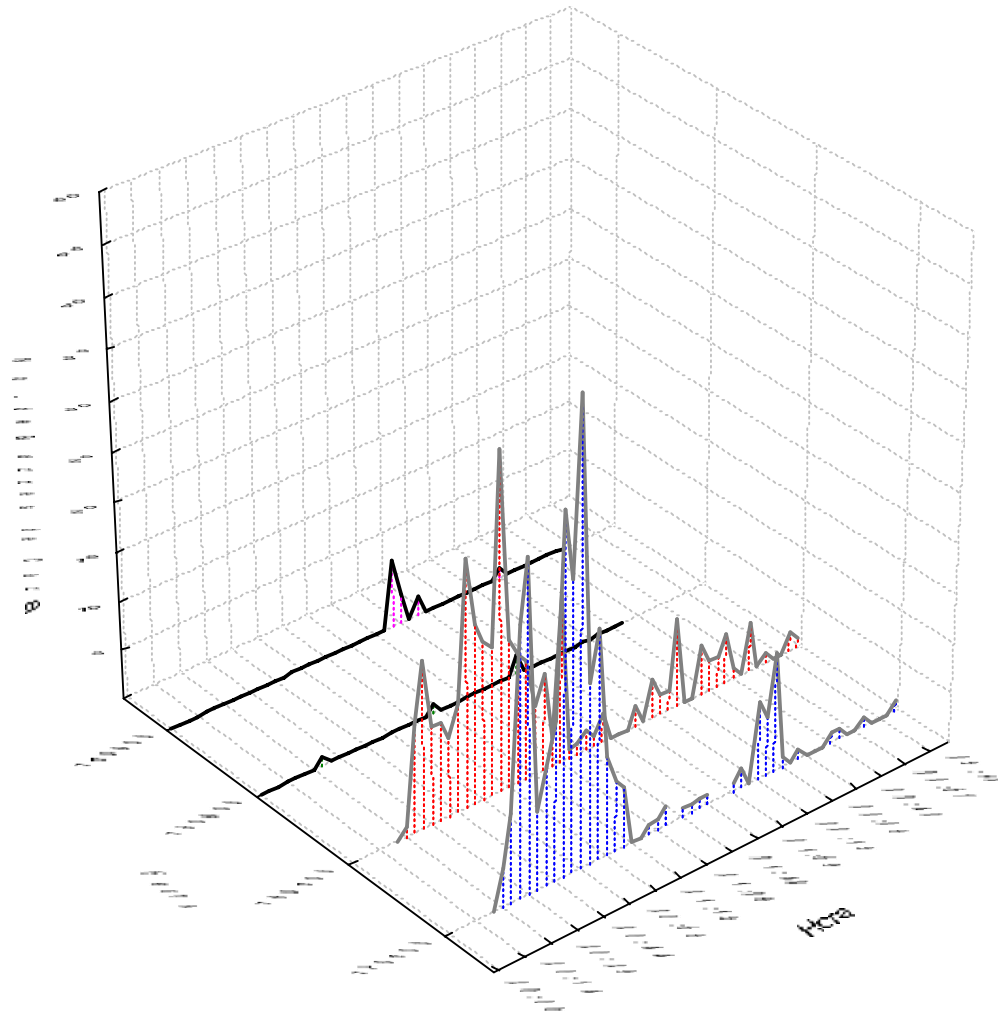


Figura 15 - Número de pulsos detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el bordo Arellano, en temporada de secas (19 y 20 de Abril, color gris) y lluvias (14 y 16 de Septiembre, color negro) durante 2005.

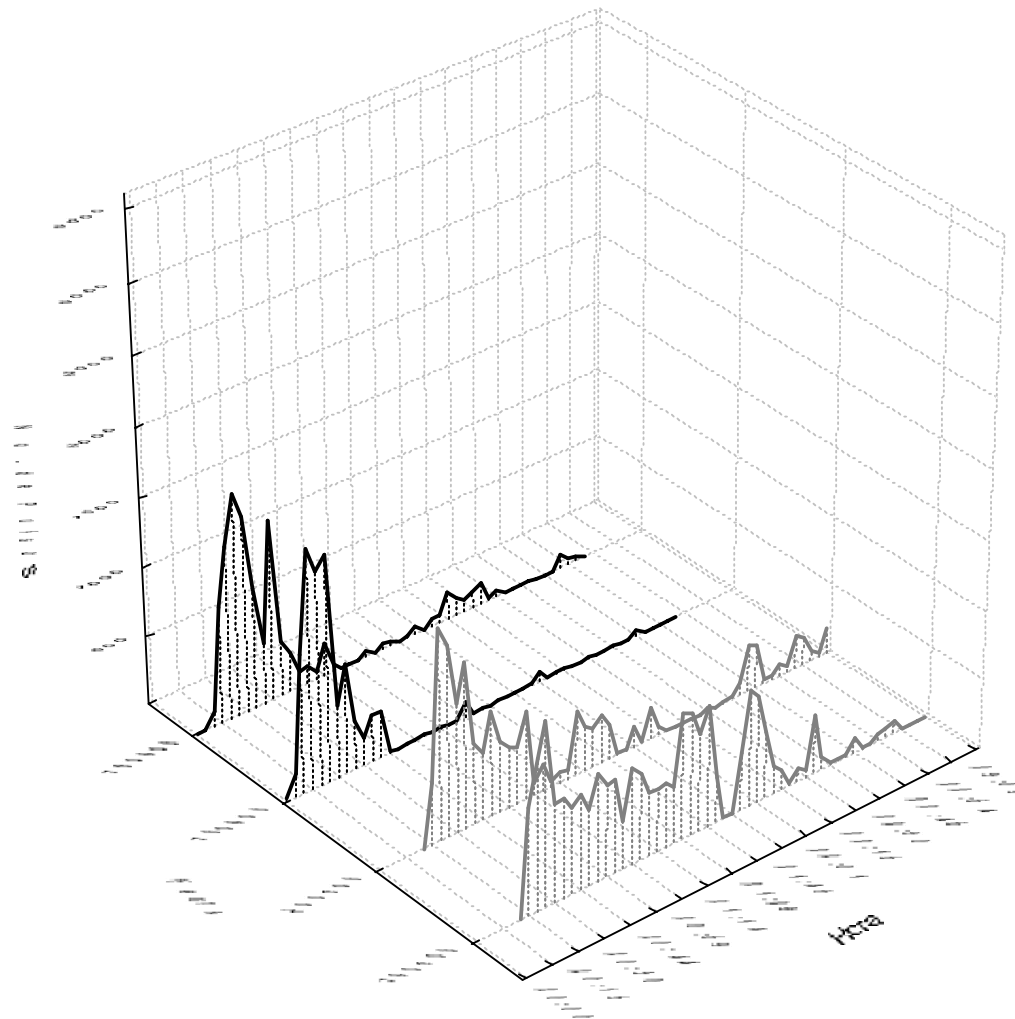


Figura 16 - Número de *buzzes* de caza detectados a lo largo de las 3 horas de grabación en el bordo Arellano, en temporada de secas (19 y 20 de Abril, color gris) y lluvias (14 y 16 de Septiembre, color negro) durante 2005.

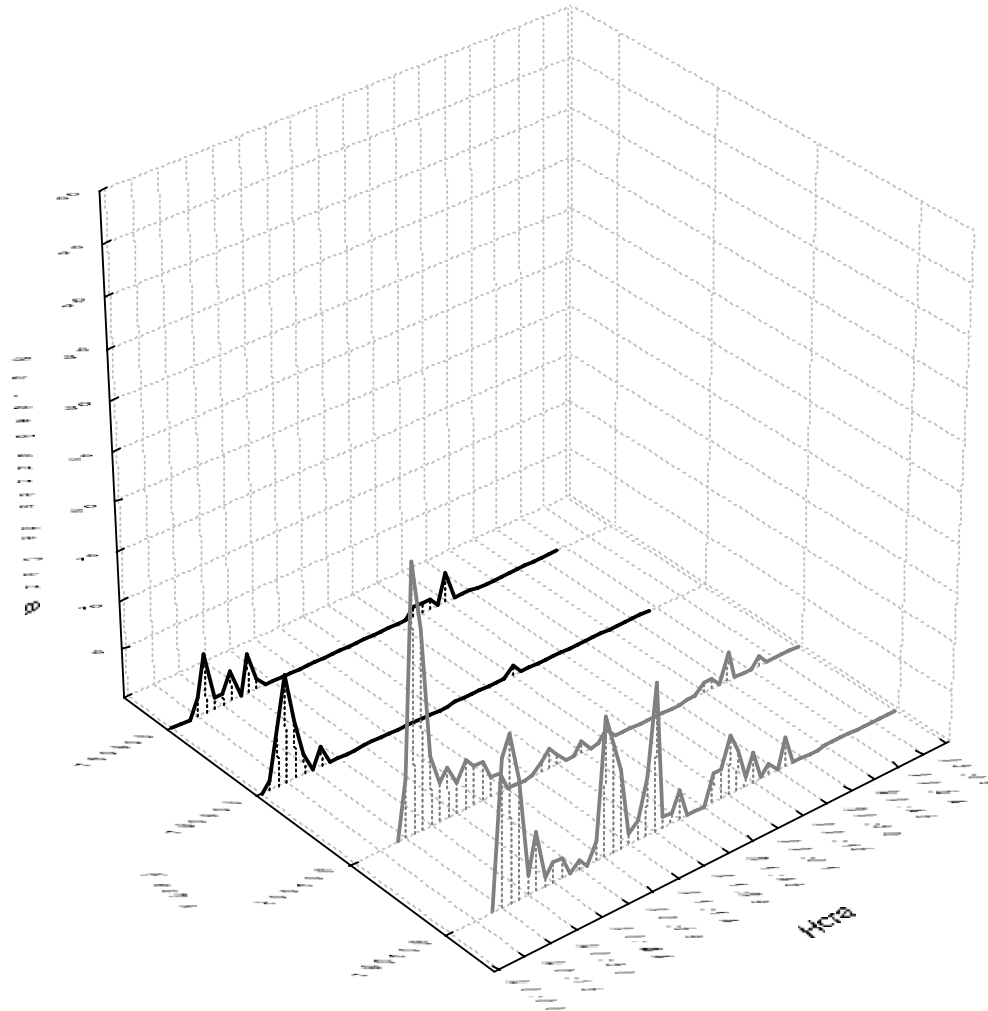


Figura 17 – Promedio del número de pulsos totales detectados en las dos noches de trabajo en cada localidad, en temporada de lluvias y secas.

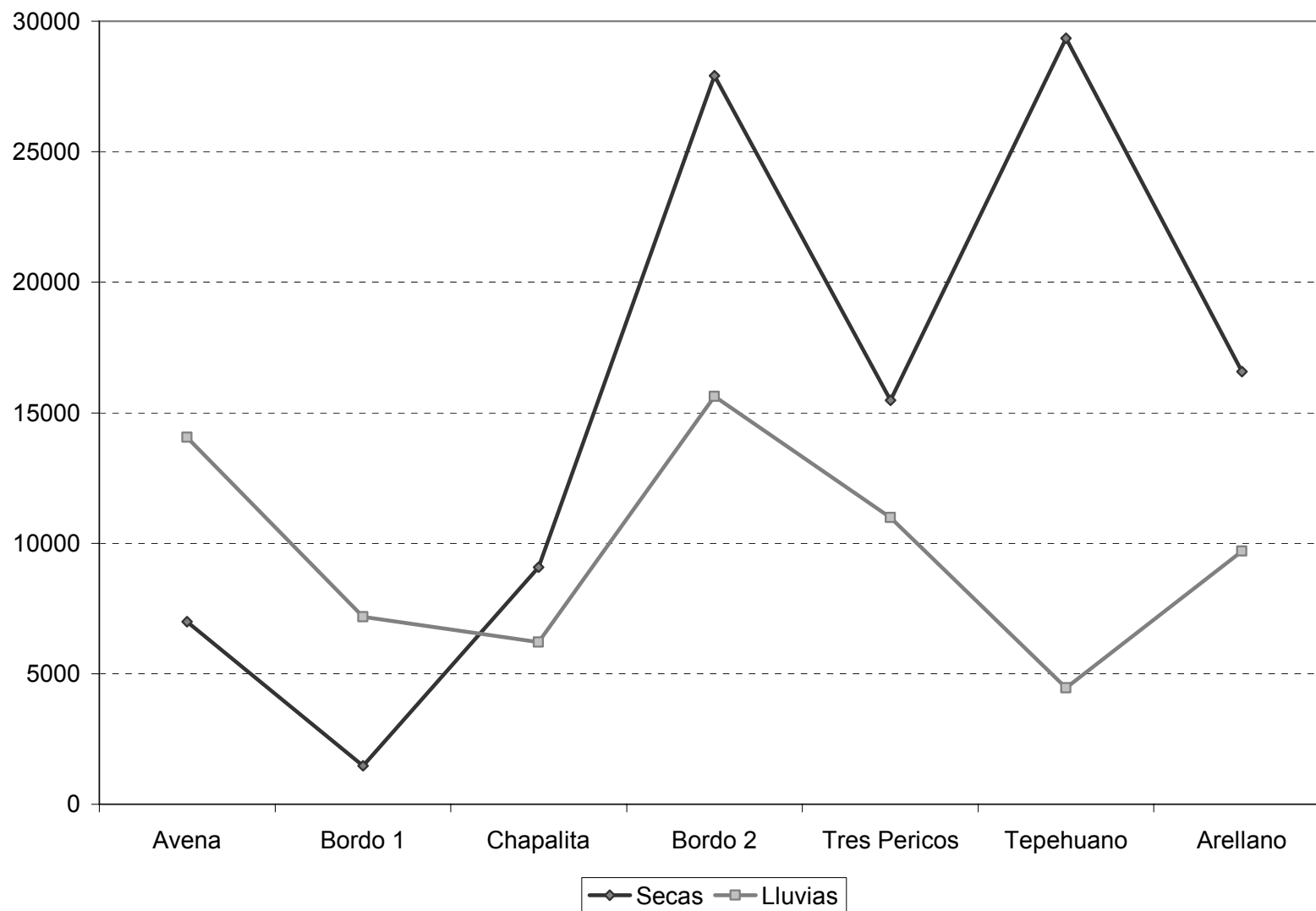


Figura 18 – Promedio del número de *buzzes* de caza totales detectados en las dos noches de trabajo en cada localidad, en temporada de lluvias y secas.

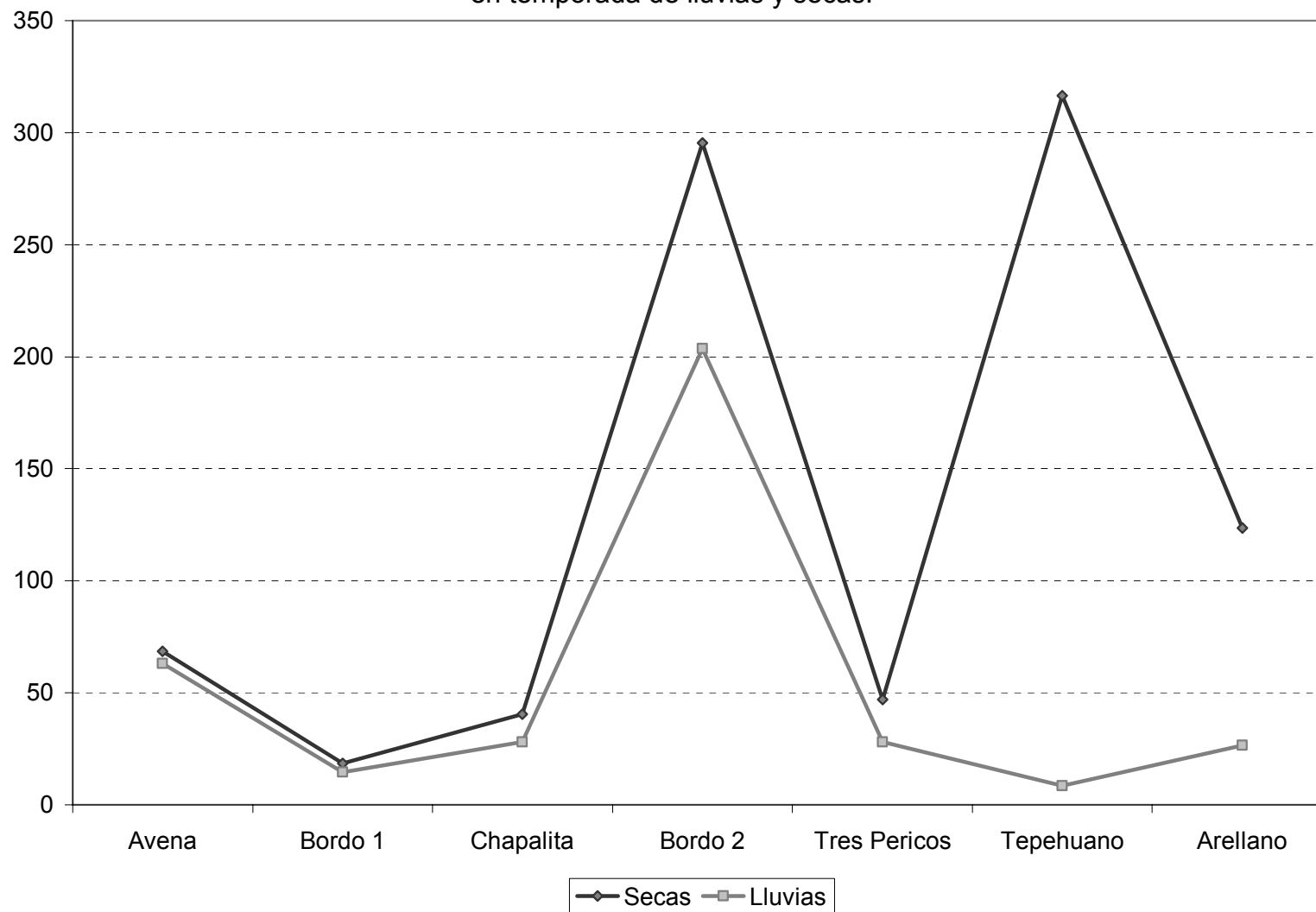
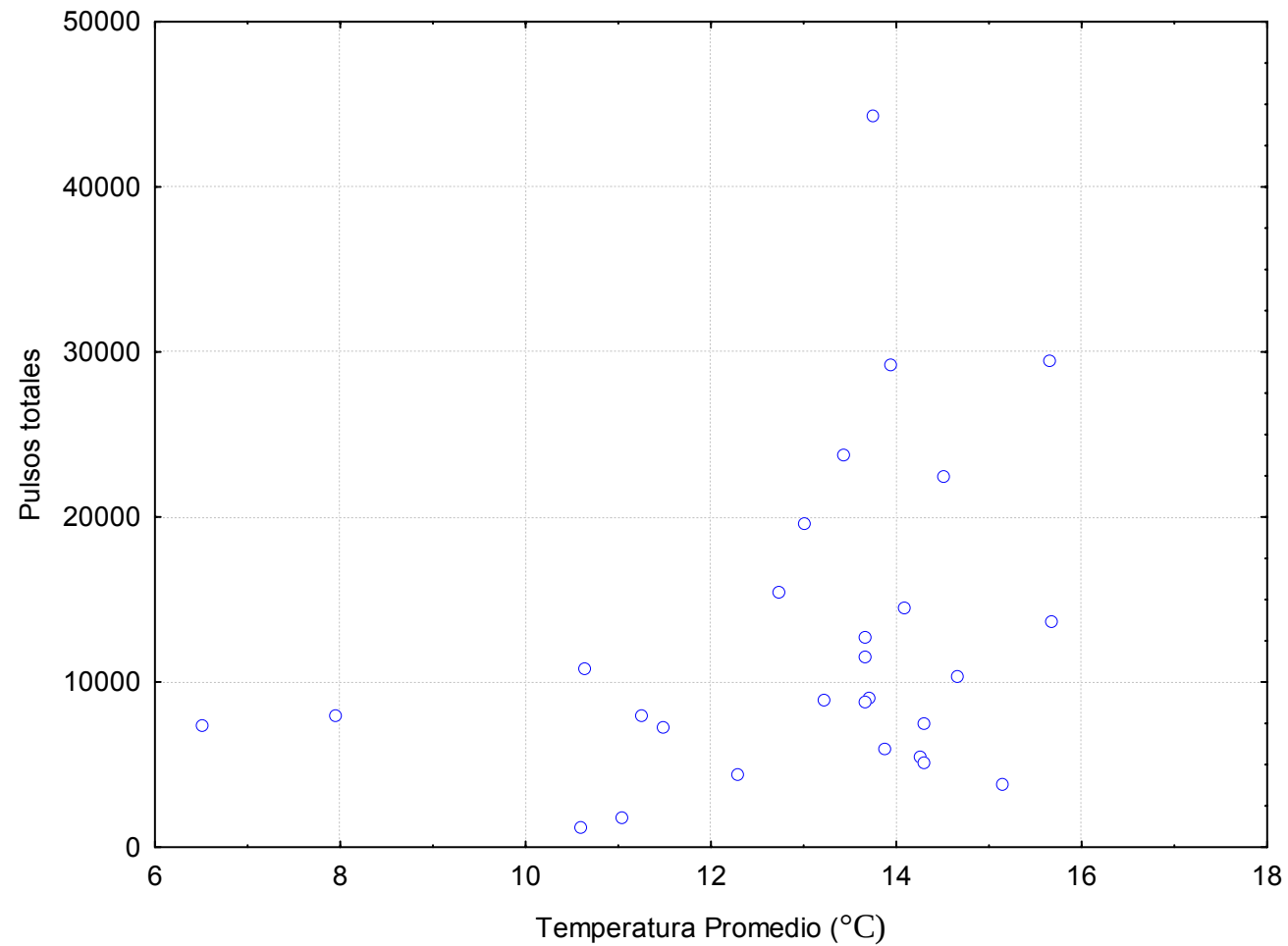


Figura 21 – Relación de temperatura media y pulsos totales, tomando en cuenta las 28 noches muestreadas en ambas temporadas.



ANEXO II - TABLAS

Tabla 3 - Especies capturadas en redes por sitio, temporada y hora en que se capturaron. Entre paréntesis aparece el número de ejemplares capturados de cada especie.

Sitio														Hora
Avena		Bordo 1		Chapalita		Bordo 2		P. 3 Pericos		Tepehua no		Arellano		
Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Secas	Lluvias	Se- cas	Llu- vias	Secas	Lluvias	
<i>M. volans</i> (1)	<i>M. velifer</i> (16) <i>E. fuscus</i> (1)	<i>M. californicus</i> (1)	<i>M. auriculus</i> (1)	<i>M. volans</i> (1) <i>E. fuscus</i> (1) <i>L. cinereus</i> (1)	<i>M. velifer</i> (9)	*	<i>M. velifer</i> (6)	<i>E. fuscus</i> (1) <i>L. cinereus</i> (1) <i>M. californicus</i> (1)	<i>M. lucifugus</i> (1) <i>M. velifer</i> (6)	*	*	<i>M. volans</i> (1)	<i>M. velifer</i> (5) <i>E. fuscus</i> (1)	20:00 – 21:00
*	*	*	<i>M. velifer</i> (1)	*	*	*	*	<i>M. auriculus</i> (1) <i>E. fuscus</i> (5)	<i>M. velifer</i> (1)	*	*	<i>M. californicus</i> (1)	*	21:00 – 22:00
<i>M. volans</i> (1) <i>M. auriculus</i> (2)	*	*	*	*	*	*	*	<i>M. volans</i> (2)	*	*	*	<i>M. auriculus</i> (1)	<i>M. velifer</i> (1)	22:00 – 23:15

*Sin captura de ejemplares

Tabla 8 – Resultados de actividad de murciélagos medida como pulsos y *buzzes* de caza en la temporada de secas (color gris) y la temporada de lluvias (sin color), y valores de las variables ambientales medidas.

SITIO	FECHA	PULSOS TOTALES	BUZZES TOTALES	AREA DEL ESPEJO DE AGUA (m ²)	VEGETACIÓN ACUÁTICA ⁽¹⁾	NUBOSIDAD ⁽²⁾	VIENTO ⁽³⁾	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD RELATIVA (%)			FASE LUNAR (%)	MINUTOS DE LUZ
								MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM		
La Avena	060405	8021	80	2196	1	0	0	15	4.75	7.95	33.5	2.5	23.37	4	0
La Avena	070405	5970	57		1	1	2	18	8.75	13.88	49.5	14.5	31.71	1	0
La Avena	030905	15387	62	8190	1	2	1	17.67	11.5	12.72	88	59.5	82.23	0	0
La Avena	040905	12746	64		1	2	0	16	11.25	13.67	86.5	71	78.75	1	0
Bordo 1	090405	1751	22	1148	2	1	1	14.33	7.75	11.04	27.5	6.5	17	1	8
Bordo 1	100405	1194	15		2	0	3	12.67	8.5	10.59	26	15.5	20.75	1	94
Bordo 1	050905	8941	16	2482	2	1	1	14.67	11.75	13.21	88	76	82	4	71
Bordo 1	060905	5416	13		2	1	1	16.5	12	14.25	80	62	71	9	95
Chapalita	110405	7392	40	2050	1	0	0	11.25	1.75	6.5	54	19.5	36.75	3	103
Chapalita	120405	10776	41		1	0	3	13.75	7.5	10.63	35	7.5	21.25	9	180
Chapalita	070905	8008	44	3274	1	0	0	13.5	9	11.25	77.5	59	68.25	16	121
Chapalita	080905	4410	12		1	3	0	14.33	10.25	12.29	83.5	70.5	77	25	152
Bordo 2	130405	44272	529	12450	1	0	2	16.5	11	13.75	37.5	6.5	22	16	180
Bordo 2	140405	11553	62		1	2	3	15.33	12	13.67	28	14.5	21.25	24	180
Bordo 2	090905	8802	96	19794	1	2	1	15.33	12	13.67	82.5	68.5	75.5	34	180
Bordo 2	100905	22443	311		1	1	1	16	13	14.5	82.5	66	74.25	45	180
P. 3 Pericos	150405	23730	73	123.7	2	1	1	16	9.67	13.42	39	14.5	25.44	43	180
P. 3 Pericos	160405	7228	21		2	1	0	16.25	8	11.48	37	16	26.25	53	180
P. 3 Pericos	110905	14494	45	1006	2	3	1	17.33	13.5	14.09	84.5	68.5	80.40	55	180
P. 3 Pericos	120905	7477	11		2	3	1	15	13.75	14.3	84	76	79.73	66	180

LOCALIDAD	FECHA	PULSOS TOTALES	BUZZES TOTALES	AREA DEL ESPEJO DE AGUA (m ²)	VEGETACIÓN ACUÁTICA ⁽¹⁾	NUBOSIDAD ⁽²⁾	VIENTO ⁽³⁾	TEMPERATURA (°C)			HUMEDAD RELATIVA (%)			FASE LUNAR (%)	MINUTOS DE LUZ
								MAX	MIN	PROM	MAX	MIN	PROM		
Tepehuano	170405	29432	327	8240	2	3	2	17.33	14.67	15.66	26	10	18.69	62	180
Tepehuano	180405	29281	306		2	2	1	16.25	12.67	13.93	40.5	25.5	33.92	71	180
Tepehuano	130905	3845	4	12437	1	2	1	16.25	14.67	15.15	83.5	66.5	77.09	76	180
Tepehuano	140905	5069	13		1	1	2	16	12.67	14.3	85	76.5	80.8	85	180
Arellano	190405	19548	146	860	1	1	1	16	10	13	49	26	37.5	70	180
Arellano	200405	13618	101		1		3	17.33	14	15.67	40	16.5	28.25	79	180
Arellano	150905	8990	29	1997	1	2	0	15.67	11.75	13.71	83	73	78	93	180
Arellano	160905	10400	24		1	1	0	17.33	12	14.67	71.5	54.5	63	98	180

⁽¹⁾ 1 = Presencia, 2 = Ausencia

⁽²⁾ 0 = Nula, 1 = Baja, 2 = Media, 3 = Alta

⁽³⁾ Escala Beaufort