



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL ANUAL DE *Leptonycteris curasoae* EN LA
CUEVA DEL GUANO, EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA BARRANCA
DE METZTITLÁN, HIDALGO, MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

VICTOR ESCORCIA MALDONADO

DIRECTOR DE TESIS: DR. ALBERTO E. ROJAS MARTÍNEZ

MINERAL DE LA REFORMA, HGO.

FEBRERO 2008.

ORDEN CHIROPTERA

Su figura grotesca, que a los ojos del común de la gente aparece como una extraña mezcla de ratón y ave; la circunstancia de que huyen de la luz y se cobijan con las tinieblas en el interior de antros y cavidades durante el día y se lanzan a la obtención de su alimento en las negruras de la noche, evitando magistralmente cuantos obstáculos se oponen a su paso les ha dado un sitio singular en la imaginación de los hombres de todos los tiempos.

Bernardo Villa, 1967.



Foto. López Aguilar M.



Foto. Soriano Sánchez J.A.

***“La gota abre la piedra, no por su fuerza
sino por su constancia”***

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada a mis padres porque seguramente sin su apoyo esto no se hubiera logrado. Lo único que acierto a decir es gracias por todo el apoyo que me han brindado en el transcurso de mi vida, por las palabras de aliento expresadas en los momentos más difíciles, por el apoyo económico, pero sobre todo por darme la vida, y ahora que hago realidad uno de mis más grandes anhelos quiero agradecer todo el amor, paciencia y comprensión para conmigo, estaré siempre en deuda con ustedes sobre todo contigo mamá, por todo y mucho más..... **¡Muchas gracias!**

AGRADECIMIENTOS

Nunca imagine que una de las partes más difíciles de redactar en la tesis fueran precisamente los agradecimientos, porque hay muchas personas que pusieron su granito de arena ya sea directamente o indirectamente pero en ambos casos contribuyeron a que esto se lograra y puede suceder que se me olvide mencionar a alguien, si esto llegara a suceder les pido una disculpa.

Primeramente tengo que agradecerle a DIOS por darme la bendición más grande (la vida), por la salud, pero sobre todo por permitirme tener a una familia que hace más ligero mi camino.

Agradezco a mi director de tesis Dr. Alberto E. Rojas Martínez, por brindarme la oportunidad de trabajar con los espectaculares y temibles murciélagos, por la confianza y facilidades que existen en su laboratorio que no es muy común encontrarlas en otras partes, por su inagotable paciencia, sus comentarios y sugerencias para mejorar este escrito, pero sobre todo por que siempre conté con libertad para realizar este trabajo y nunca me sentí esclavizado. Sin su apoyo y amistad no hubiera logrado esta tesis. ¡Muchas gracias!.

A mi comité tutorial formado por mi director de tesis Dr. Alberto E. Rojas Martínez, M. en C. Jesús M. Castillo Cerón, Dr. Numa P. Pavón Hernández, Dr. Gerardo Sánchez Rojas, Ing. Rubén Costiglia Garino, M. en C. Miguel Ángel Cabral Perdomo y al M. en C. Ricardo León Rico les agradezco su cooperación, disposición de su tiempo, sugerencias y recomendaciones que contribuyeron para mejorar este trabajo.

También les agradezco a mis compañeros del Laboratorio de Ecología de Poblaciones del CIB-UAEH por todo el apoyo y amistad que me brindaron tanto en el campo como en el laboratorio a los biólogos: Melany Aguilar López, Cristian Cornejo Latorre, Luis Gabriel Juárez Castillo, Sergio Daniel Hernández Flores. Y los futuros biólogos: Paty Milo, Paty Rodríguez del Rosal, Caren Cruz Sánchez, Jorge Iván Ángeles, Josefina Ramos frías (Chepis), Brenda Muñoz Vázquez, Judith Galván Juárez, Jonathan Hernández Cruz y también a la señora Olivia Noguera Cobos por su amistad en el laboratorio.

Al Dr. Gerardo Sánchez Rojas por su amistad, comentarios y sugerencias para hacer un mejor análisis de los datos y por supuesto mejorar la presentación del trabajo.

Merecen un reconocimiento el Ing. Oscar Rubén Costiglia Garino y el Dr. Roberto Ávila Pozos quienes colaboraron con sus conocimientos en matemáticas y por facilitarme algunos programas para el análisis de los datos.

Al biólogo Ulises Iturbe Acosta, por todo su apoyo y consejos durante la carrera.

Al Dr. Arturo Silva Montellano, por ser mi tutor durante la carrera, por su amistad, por sus comentarios que siempre me ayudaron para ser mejor estudiante y mejor persona, por inculcarme el hábito de la lectura, gracias por el libro que me regaló, por invitarme a participar en sus proyectos de cactáceas. ¡Muchas Gracias!

Desde luego debo hacer un reconocimiento a una persona muy especial en mi vida (Nalle) por todo su cariño, solidaridad, por compartir conmigo su tiempo, por sus palabras de aliento cuando más lo necesitaba, por hacer el tiempo más ameno y por ser un estímulo para salir adelante. ¡Muchas gracias chaparrita!

Le doy las gracias a Melany por su amistad, por su confianza, por su valiosa ayuda en el laboratorio y por dedicar un poco de su valioso tiempo para leer mi trabajo y darme sus comentarios para mejorarlo. ¡Muchas gracias amiguita!

A Cristian Cornejo, por su amistad y por leer mi trabajo y proporcionarme ideas y comentarios para darle mejor coherencia a la tesis.

A Isai García por su ayuda en la elaboración del mapa de mi área de estudio, a mis compañeros de generación con los que pase momentos inolvidables tanto buenos como malos, a todos y cada uno de los profesores que me impartieron clase en la licenciatura.

Le agradezco a Héctor Pérez México (Ticher), por su amistad y por permitirme vivir mucho tiempo en su casa, ¡arriba las águilas!, a Jesús Ballato Santos (Caco), por su amistad y por todas las charlas.

Me siento muy agradecido y orgulloso por haber pertenecido a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, porque en esta institución recibí información y formación que marco el rumbo de vida. ¡CON EL ORGULLO DE SER UNIVERSITARIO!

Desde luego, le agradezco a mi familia por todo el apoyo brindado, a mis abuelos, tíos, primos, sobrinos, sobre todo a mi padre y a mi madre, a todos mis hermanos (Lucia, Francisco, Eliseo, Rosa María, José Inés, Martha Liliana, Ángel y Lupita). Quiero agradecer especialmente a mi hermanita Lupita porque siempre me inspira ternura y a mi hermano Ángel que además de ser mi hermano es mi mejor y único amigo, gracias brother por tus consejos y también por tu apoyo económico que varias veces me saco de apuros, tu sabes cuanto te estimo y aunque la distancia nos separe nuestra amistad será inseparable. Pero mi madre merece todo el reconocimiento y admiración por que siempre se esforzó por darme la mejor herencia de la vida (la educación), para ser una persona de bien, gracias mamá te amo con todo el corazón.

Esta investigación se realizó íntegramente con el apoyo de la infraestructura del Laboratorio de Ecología de Poblaciones, del Centro de Investigaciones Biológicas, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, bajo la dirección del Dr. Alberto Enrique Rojas Martínez.

El trabajo de campo se realizó en la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán con el apoyo de las autoridades correspondientes, principalmente a las autoridades civiles de la población de San Pablo Tetlapayac.

Durante el desarrollo de esta tesis recibí una beca de licenciatura por parte del proyecto “Diversidad biológica del estado de Hidalgo”, financiado por FOMIX-HGO-2006-43761. Esta tesis es parte del proyecto denominado “Dispersión de semillas por murciélagos en matorrales crassicaules en el centro de México” clave 52728 financiado por SEP-CONACYT.

INDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. ANTECEDENTES	6
4. JUSTIFICACIÓN	12
5. OBJETIVOS	14
6. ÁREA DE ESTUDIO	15
7. MÉTODO	18
8. RESULTADOS	23
8.1 Tamaño de la población.....	29
8.2 Proporción de sexos.....	30
8.3 Estructura de edades	31
8.4 Condición reproductiva.....	32
9. DISCUSIÓN	33
9.1 Tamaño de la población.....	33
9.2 Proporción de sexos.....	40
9.3 Estructura de edades	41
9.4 Condición reproductiva.....	42
9.5 Importancia para la conservación.....	45
10. CONCLUSIÓN	46
11. LITERATURA CITADA	48
12. ANEXOS	57

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Distribución geográfica de <i>Leptonycteris curasoae</i> en la Republica Mexicana.....	7
FIGURA 2. Localización de la Cueva del Guano en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán en el estado de Hidalgo, México.....	17
FIGURA 3. Se muestra la salida de <i>Leptonycteris curasoae</i> , donde se observa el tamaño y el vientre blanco, características que lo distinguen de las demás especies que se refugian en la Cueva del Guano.....	22
FIGURA 4. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de enero de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 25 min. de la filmación.....	23
FIGURA 5. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de marzo de 2005, se puede observar que la tendencia es irregular, pero con pendiente negativa constante. El número inicial de murciélagos registrado es bajo, debido a que la filmación corresponde a la parte final de la salida de los murciélagos.....	24
FIGURA 6. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de mayo de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 30 min. al inicio de la filmación.....	25
FIGURA 7. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de julio de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 75 min. al inicio de la filmación.....	26
FIGURA 8. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de septiembre de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 50 min. al inicio de la filmación.....	27
FIGURA 9. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de noviembre de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 75 min. al inicio de la filmación.....	28
FIGURA 10. Fluctuación poblacional bimestral de <i>Leptonycteris curasoae</i> registrada en la cueva del Guano durante el año de 2005. Se puede observar que en el mes de julio la colonia está formada por el mayor número de ejemplares.....	29

FIGURA 11. Proporción mensual de sexos de <i>Leptonycteris curasoae</i> en la Cueva del Guano durante el año 2005.....	30
FIGURA 12. Estructuras de edades para <i>Leptonycteris curasoae</i> en la Cueva del Guano durante el año 2005.....	31
FIGURA 13. Condición reproductiva de <i>Leptonycteris curasoae</i> en la Cueva del Guano durante el año 2005.....	32

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Proporción de sexos de <i>Leptonycteris curasoae</i> en la Cueva del Guano.....	57
CUADRO 2. Estructura de edades de <i>Leptonycteris curasoae</i> en la Cueva del Guano.....	57
CUADRO 3. Condición Reproductiva de <i>Leptonycteris curasoae</i> en la Cueva del Guano.....	57

1. RESUMEN

La Cueva del Guano, en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán Hidalgo, México; alberga una colonia de murciélagos de la especie *Leptonycteris curasoae*, considerada amenazada de extinción en México. La especie es ampliamente reconocida por ser polinizadora de un número considerable de plantas. El objetivo del trabajo fue desarrollar un método para estimar el tamaño poblacional de la colonia que se alberga en la cueva del Guano, filmando a los murciélagos al abandonar la cueva. Adicionalmente fue calculada la proporción de sexos, la estructura de edades y la condición reproductiva, para conocer las características poblacionales de esta colonia. Para ello se realizaron seis salidas al campo en los meses de enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre durante el año 2005.

Para filmar la salida de los murciélagos se utilizó una videocámara Handycam Sony (180 x Digital Zoom) con iluminación infrarroja, la cual era encendida cuando los murciélagos empezaban a salir y permanecía filmando durante las siguientes cuatro horas. Para conocer la estructura de edades, la proporción de sexos y la condición reproductiva se capturaron al menos 20 murciélagos en cada ocasión que se filmó; para ello se instaló una red de niebla de seis metros de largo por tres metros de alto a una distancia de siete metros de la entrada de la cueva, abriéndola de las cuatro de la madrugada, hasta el amanecer.

Para determinar el tamaño de la colonia de murciélagos, se realizó un muestreo estratificado simple de la filmación de la salida de los murciélagos, seleccionando quince muestras de dos minutos. En cada muestra se contó el número de murciélagos que abandonaron la cueva y los datos fueron analizados con el programa InstallPrism, el cual ajusta los puntos obtenidos (número de murciélagos vs tiempo), a la función más apropiada que describe la forma de la gráfica.

La salida de los murciélagos se ajustó a una exponencial negativa, por lo que el número de murciélagos se determinó integrando el área bajo la curva con ayuda del mismo programa. En julio se presentó la mayor cantidad de individuos en la cueva con 48,023 y la menor en marzo con 7,304.

Predominaron los machos con más del 50% de los capturados cada mes, sin embargo las diferencias no fueron significativas, los adultos fueron siempre mayoría pero también se registraron subadultos y juveniles en noviembre. En marzo y septiembre las hembras se encontraron sexualmente activas.

El método de conteo de murciélagos por filmación y el análisis de la dinámica de salida de la cueva, demostró ser eficiente y reproducible. *Leptonycteris curasoae* habita todo el año en la cueva, los periodos de abundancia y las condiciones de reproducción observadas sugieren que la especie es residente en esta región. Por la cantidad de individuos registrados, se puede afirmar que este murciélago presenta una población estable en la barranca de Metztitlán, lo que asegura la polinización de un gran número de plantas quiropterófilas en la barranca de Metztitlán (cuatrocientas flores/noche/murciélago), y resalta el papel ecológico clave del murciélago en regiones semiáridas de México.

2. INTRODUCCIÓN

Los murciélagos por su actividad ecológica y su abundancia juegan un papel muy importante en los ecosistemas, tanto en la estructura como en la función de los mismos (Villa, 1967).

Se ha calculado que en ambientes tropicales pueden coexistir más de 110 especies de murciélagos, que constituyen entre el 40 y 50% de la fauna local de los mamíferos, por lo que influyen en la riqueza y la diversidad regional (Fleming, 1988; Arita, 1991).

Los murciélagos polinívoros o nectarívoros, como *Leptonycteris curasoae*, son importantes porque sin su participación no habría polinización de algunas plantas de importancia alimenticia, económica y ecológica (Romero-Almaraz *et al.*, 2006). Actualmente se conoce que al menos 450 productos comerciales elaborados con plantas, requieren de los murciélagos para su polinización; tal es el caso de los agaves pulqueros y mezcaleros, diferentes especies de tunas o pitayas y algunas variedades de plátano (Romero-Almaraz *et al.*, 2006).

En ambientes áridos, los murciélagos son polinizadores específicos de muchas especies de cactáceas columnares (Cactaceae; Tribu Pachycereeae y Cereeae), agaves (Agavaceae) y algunas especies de árboles que son dominantes en ambientes tropicales semisecos (Bombacaceae, Bignoniaceae y Convolvulaceae, entre otras; Rojas-Martínez, 1996; Valiente-Banuet *et al.*, 1996).

Sin embargo, a pesar de la importancia, del amplio rango de distribución de *L. curasoae* y de su condición de especie amenazada (NOM-ECOL-059-2002). Hasta ahora se desconoce el tamaño de las poblaciones de murciélagos en la naturaleza, incluidas las colonias ubicadas en el estado de Hidalgo. La falta de esta información hace imposible estimar el impacto ecológico de los murciélagos en la naturaleza y el estado de conservación de las especies. Si bien lo anterior, se debe a la falta de un método confiable para determinar su número en la naturaleza.

Por ejemplo, en la actualidad se discute si *L. curasoae* realiza migraciones latitudinales masivas o mantiene poblaciones residentes en el trópico (Rojas-Martínez *et al.*, 1999). Lo anterior no puede resolverse, hasta que se puedan medir con precisión el número y las fluctuaciones temporales de las poblaciones, en zonas intertropicales como la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán. Conocer el número de estos murciélagos, permitirá determinar la magnitud del impacto favorable que tienen como polinizadores, y proporcionar información adicional que contribuya a resolver la polémica de la migración latitudinal de la especie.

Gran parte de las investigaciones que se han realizado sobre *L. curasoae*, están concentradas en el Suroeste de los Estados Unidos, el Norte de México, la vertiente del Pacífico, el Norte de Sudamérica y recientemente en la región central de México. En el trópico seco de México los estudios se han enfocado principalmente a cuestiones de sistemática, distribución e interacciones. Rojas-Martínez (1996) realizó un estudio poblacional de tres especies de murciélagos nectarívoros considerados como migratorios y su relación con la presencia estacional de los recursos florales en el Valle de Tehuacán y la Cuenca del Balsas (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996), realizaron un análisis comparativo de la quiropterofauna del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla- Oaxaca. Sánchez-Quiroz (2000) relacionó las características del ambiente y el patrón reproductivo de una colonia de *L. curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) en el estado de Puebla y Rojas-Martínez (2001) propuso un patrón de movimientos altitudinales estacionales en tres especies de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: Glossophaginae), en el Valle de Tehuacan Cuicatlán y la Cuenca del Balsas, México. En todos estos trabajos se desconoce el tamaño de las poblaciones estudiadas.

Conocer el tamaño de las poblaciones es importante para determinar el impacto de las especies en su ambiente (Mandujó y Hernández, 1990). Conocer los cambios en la abundancia, la estructura sexual y de edades en la población, además permite predecir el futuro de una especie en condiciones naturales y ante la transformación de su hábitat (Mandujó y Hernández, 1990).

Existen algunos métodos para estimar el tamaño poblacional de las colonias de murciélagos, los más utilizados han sido conteos visuales, conteos electrónicos, métodos fotográficos y videograbaciones (Humphrey, 1971; Kunz y Kurta, 1988; Fleming, 1995; Ceballos *et al.*, 1997; Sánchez-Quiroz, 2000). Sin embargo, todos ellos presentan grados de error importantes y en la mayoría de los casos, la apreciación del observador y las condiciones del lugar donde se realizan las estimaciones, representan factores que generan incertidumbre e impiden que un mismo método se pueda aplicar de manera confiable y comparable en otros sitios (Humphrey, 1971; Kunz y Kurta, 1988).

De lo anterior es posible afirmar, que no existe actualmente, un método que se pueda aplicar ampliamente para el conteo de murciélagos en el mundo.

Los métodos disponibles para el conteo de murciélagos, están limitados por el tamaño y la movilidad de las especies, el número relativo de los individuos presentes, la accesibilidad a los sitios donde se encuentran los murciélagos y la disponibilidad y aplicación de las herramientas disponibles; los factores mencionados y su variabilidad hacen que los resultados obtenidos no sean confiables ni reproducibles, ni comparables (Mitchel-Jones, 1987; Kunz y Kurta, 1988; Sabol y Hudson, 1995).

Para elegir cualquier método de conteo es recomendable tener conocimiento elemental de la biología de las especies de interés. El conocimiento debe incluir los hábitos de descanso, el comportamiento de forrajeo, los movimientos estacionales y la forma en que los factores de

comportamiento pueden afectar la distribución y la abundancia local (Kunz y Kurta, 1988). El conocimiento de los patrones espaciales y temporales en el ambiente, relacionados con una especie, son también importantes para aplicar cualquier método de conteo (Tuttle, 1979) y para elegir los sitios más apropiados.

Contabilizar con precisión y formalidad el número de murciélagos en un refugio, rara vez es posible, excepto para especies que tienen agregaciones relativamente pequeñas, en las cuales es posible identificar a cada individuo, sin embargo, el conteo puede complicarse si presentan coloraciones crípticas. En los métodos actualmente conocidos, para contabilizar especies altamente gregarias, se requiere del esfuerzo coordinado de varias personas o del uso de sofisticados aparatos, sin embargo, la participación de varias personas incrementan el sesgo en el conteo. Adicionalmente algunas especies son altamente susceptibles a la perturbación de sus refugios y los abandonan en respuesta a los disturbios que genera el conteo (Tuttle, 1979), por lo anterior se requieren métodos que no produzcan perturbación en las colonias de murciélagos. Como se puede ver es necesario conocer minimamente los aspectos biológicos y conductuales de los murciélagos de interés, antes de elegir y aplicar cualquier tipo de conteo (Tuttle, 1979).

Diseñar un método confiable y práctico para estimar el tamaño de las poblaciones de murciélagos, es necesario y urgente, particularmente para *L. curasoae*, debido a que es considerada como una especie clave en los ecosistemas en que habita (Fleming, *et al.*, 1993) y porque está catalogada en México como una especie amenazada (NOM-ECOL-059-2002). En este trabajo, se propone un método alternativo, que solventa las deficiencias que tienen los métodos de conteo actuales.

3. ANTECEDENTES

Leptonycteris curasoae es un murciélago perteneciente a la familia Phyllostomidae, subfamilia Glossopahginae, se caracteriza por presentar orejas pequeñas, el rostro alargado y la hoja nasal reducida, lengua larga y extensible con numerosas papilas, su coloración varía de pardo-pálido a pardo grisáceo, la membrana interfemoral es desnuda a simple vista. El tamaño corporal varía de 75 a 85 mm de longitud, el antebrazo va de 47 a 56 mm y su peso aproximado fluctúa entre 15 y 25 g (Villa, 1967; Hall, 1981), pero en el centro de México se han encontrado ejemplares de hasta 31 g (Rojas-Martínez, comunicación personal).

Son organismos gregarios y sus colonias pueden agrupar a miles de individuos (Hayward y Cockrum, 1971). Sus refugios los constituyen cuevas, minas y ocasionalmente construcciones abandonadas, sitios que regularmente comparten con otras especies (Hayward y Cockrum, 1971).

En Norte América, la especie se distribuye desde el Suroeste de los Estados Unidos (Arizona y Nuevo México) hasta el Salvador, por otra parte en Sudamérica habitan en la parte Norte de Colombia y Venezuela. En México se le encuentra en las zonas subtropicales y secas en el desierto sonorense, chihuahuense y por toda la vertiente del Pacífico penetrando hacia la región central por la Cuenca del Balsas (Figura 1). Los gradientes altitudinales que habitan van desde el nivel del mar hasta los 2400 msnm, siendo más común encontrarlos en altitudes menores a los 1700 msnm (Hayward y Cockrum, 1971; Arita, 1991).

Se alimentan principalmente de néctar y polen de plantas tropicales y subtropicales, como bombacáceas (*Pseudobombax*, *Ceiba*), magueyes y especies afines (*Agave* sp, *Mamfreda brachystachya*) y diversas cactáceas columnares (*Carnegiea gigantea*, *Pachycereus pringlei*, *Stenocereus thurberi*). También de frutas de las cactáceas y ocasionalmente de insectos (Gardner, 1997). La información publicada sobre la alimentación de *L. curasoae*, en regiones extratropicales sugiere que el consumo de frutos es raro o accidental (Howel, 1974; Cockrum, 1991). En contraste, se ha revelado que en su distribución tropical el consumo de frutos de

cactáceas columnares es importante en la alimentación de este murciélago, lo cual no había sido considerado anteriormente (Soriano *et al.*, 1991; Fleming y Sosa 1994; Rojas- Martínez, 2001).

Los frutos de las cactáceas pueden complementar los requerimientos alimenticios en periodos de escasez de néctar y polen (Sosa y Soriano, 1993). La mayoría de los frutos que se conocen en la dieta de esta especie son producidos por cactáceas columnares de la tribu Pachycereae (Rojas-Martínez, 2001).

L. curasoae es considerada como amenazada en México (NOM-059-ECOL-2002) y en peligro de extinción en Los Estados Unidos (USFWS; 1986).



Figura 1. Distribución geográfica de *Leptonycteris curasoae* en la Republica Mexicana (Arita y Humphrey, 1988).

TÉCNICAS DE USO COMÚN PARA EL CONTEO DE MURCIÉLAGOS.

a) conteos visuales en refugios.

Esta forma de contar a los murciélagos se aplica cuando los refugios son habitados por colonias pequeñas, compactas y agrupadas, el conteo visual directo puede proveer una estimación confiable del tamaño de la colonia (Tuttle, 1979). En situaciones, donde la probabilidad de perturbación de los adultos es alta, como en los refugios de maternidad, el número de hembras lactantes puede ser estimado contando el número de murciélagos juveniles que aun no vuelan, después de que los adultos salen a comer (Kunz, 1974; Tuttle, 1974). Este método requiere conocimientos del tamaño de la camada y asumir que todas las hembras están criando.

b) conteo vespertino cuando abandonan el refugio

Cuando el acceso directo al interior del área de refugio no es posible, la mejor alternativa es contar a los murciélagos cuando empiezan a salir (Kunz y Anthony, 1996).

Este método es el más efectivo para contar murciélagos que salen de construcciones, cuevas, minas y cavidades de los árboles y puede ser el único método conveniente para censar murciélagos físicamente peligrosos o cuando los refugios son inaccesibles (Kunz y Anthony, 1996).

El número de observadores necesarios para contar manualmente a los murciélagos cuando salen del refugio, depende del tamaño, la configuración y la distribución espacial de las entradas al refugio, así como del número de murciélagos (Kunz y Anthony, 1996). Idealmente este método se debería aplicar repetidamente para establecer la variación entre los muestreos y determinar en el número de murciélagos presentes (Kunz y Anthony, 1996).

c) Conteo generando disturbios.

Típicamente este método requiere de una o más personas para entrar al área del refugio, para hacer que los murciélagos salgan a volar durante el día, mientras otros cuentan a los quirópteros. Asumiendo que todos los murciélagos toman vuelo, los observadores pueden contar directamente, fotografiar o videografiar. Sin embargo la calidad del conteo con este método depende de varios factores, incluyendo la sensibilidad de los murciélagos al tipo de disturbio, a la forma en la que salen los murciélagos, a la posición de los observadores o fotógrafos respecto al vuelo de los murciélagos, la cantidad de luz a la hora en que salen, además de la habilidad para discriminar entre murciélagos de diferentes especies. Lo anterior debe ser considerado para no subestimar o sobreestimar la población (Racey, 1979).

Los conteos cuando se perturban las colonias de murciélagos pueden ser valiosos en algunas situaciones (Racey, 1979), pero en general no son recomendables porque pueden incrementar la mortalidad, especialmente de los murciélagos jóvenes.

d) Estimación basada en el marcaje y recaptura.

El método puede ser usado sólo si se cumplen los siguientes supuestos:
Que la población contada sea cerrada. Es considerada cerrada cuando la natalidad, mortalidad, la emigración y la inmigración no existen durante el periodo de conteo. Una colonia puede ser considerada cerrada sólo durante breves periodos de tiempo, en la parte final de la gestación y cuando empieza la lactancia, cuando las hembras muestran fuerte fidelidad a los sitios de refugio y antes de que los juveniles emprendan el vuelo.

Algunos modelos recientes de captura-recaptura no toman en cuenta estas suposiciones, pero otros las asumen e incluyen las siguientes: 1) que no existe diferencia en la mortalidad de los

animales que se marcan y los que no se marcan, 2) que los individuos marcados y los no marcados tienen la misma probabilidad de ser capturados, 3) que las marcas no se pierden, 4) que los individuos marcados se integran con el resto de la población. Sin embargo se ha cuestionado esta técnica cuando se aplica a diferentes especies, porque requieren diferentes tipos de marcaje y captura. Regularmente la falta de recapturas impide que este método sea utilizado con confiabilidad, para estimar el tamaño de las colonias, ya que la baja cantidad de organismos recapturados en poblaciones muy grandes puede sobreestimar la población (Kunz, 1979).

e) Por medio del guano.

Cruz-Romo (2001) estimó el tamaño poblacional de *L. curasoae* por medio de un método indirecto, es decir por medio del excremento depositado en una cueva en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. La estimación consistió en obtener la tasa de defecación diaria promedio por individuo. Con este fin colectó un total de 50 murciélagos, todos fueron capturados después de que regresaron de comer, es decir en la madrugada. Se colocaron grupos de cinco murciélagos en costales y se mantuvieron cautivos durante un día, las heces fueron recolectadas para obtener el peso total en cada costal y dividiéndolo entre los murciélagos que se encontraban en él, fue calculado el promedio del peso diario de las heces por individuo.

Dentro de la cueva fueron seleccionadas zonas donde se encontraban perchados los murciélagos, debajo de ellas se instalaron charolas con el fin de captar las excretas. Con los datos obtenidos, se calculó el número de individuos presentes por unidad de área dentro de la cueva.

La desventaja de este método es que no se puede conocer exactamente cuántos murciélagos se pueden encontrar en una determinada unidad de área, por unidad de tiempo, porque en los techos de las cuevas existen muchas irregularidades en el relieve.

f) Concentración o parche.

En la Cuenca del Balsas Téllez-Zenteno (2001), estimó el tamaño poblacional mediante la técnica de concentración o parche. Para ello ubicó a la colonia y eligió aleatoriamente varias zonas correspondientes a un metro cuadrado, delimitando los cuadros visualmente y al tanteo (el número de sitios dependió del tamaño de la colonia). Se contaron los murciélagos que se encontraron en cada uno de los metros cuadrados elegidos.

Posteriormente, a partir de los conteos, se obtuvo el número de murciélagos por metro cuadrado. Así al extrapolar este valor al área total ocupada por la colonia de murciélagos, se obtuvo una estimación poblacional para cada cueva. En una cueva utilizó un método diferente, debido a la disposición y tamaño de la colonia, por lo que filmó toda la salida de los murciélagos en la entrada de la cueva y posteriormente contó el número de murciélagos que salieron durante toda la grabación.

En la cueva localizada en Jolalpán al Suroeste del Estado de Puebla Sánchez-Quiroz (2000), estimó el tamaño poblacional, ubicando la disposición que guardan la mayoría de los organismos en el interior del refugio, se cuadrículó el área del techo en donde se perchan los murciélagos, seleccionando cinco cuadrantes de 5 x 5 metros al azar. Con el fin de facilitar el conteo y la observación de los individuos, en los vértices de cada cuadrante se colocó una estaca de color amarillo. Al término de cada conteo se sacó un promedio del número de organismos contados por cuadrante y se extrapoló para toda el área. Los datos recabados de esta manera se compararon con exposiciones fotográficas tomadas de la colonia. Los conteos y las fotografías se realizaron una a dos horas antes del ocaso.

4. JUSTIFICACIÓN

La República Mexicana cuenta aproximadamente con un 60% de su territorio cubierto por zonas áridas y semiáridas (Rzedowski, 1978). En Hidalgo, aproximadamente el 40% de su territorio está constituido por zonas que presentan algún grado de aridez. Sin embargo las zonas áridas han recibido poca atención para su estudio ecológico, porque tradicionalmente se ha considerado que las interacciones mutualistas planta-murciélago son irrelevantes, para explicar los procesos y patrones que se presentan en la dinámica de tales ecosistemas, restringiendo la mayoría de las investigaciones a ambientes tropicales húmedos (Heithaus, 1982; González-Galindo, 1998). *Leptonycteris curasoae* ha sido incluido entre las especies consideradas amenazadas en México y en general en todo su rango de distribución (NOM-059-ECOL-2002). Los criterios que llevaron a tomar estas decisiones han sido muy subjetivos debido a que están fundamentadas en observaciones cualitativas, que sugieren la disminución de las poblaciones en los territorios que estacionalmente ocupan los murciélagos en los Estados Unidos (Hoyt *et al.*, 1994).

La decisión tomada para considerar a *L. curasoae*, como amenazada ha sido seriamente cuestionada por varios autores (Cockrum y Petryszyn, 1991). Ante la falta de información que se tiene sobre el estado de conservación de las especies, en general, se requieren estudios enfocados a definir el tamaño actual de las poblaciones consideradas en algún grado de conservación especial, para el territorio mexicano.

A pesar de estos antecedentes, en Hidalgo no existen estudios que documenten las interacciones entre plantas y murciélagos de la especie *L. curasoae*, la cantidad de murciélagos presentes por colonia y mucho menos de las fluctuaciones temporales, lo anterior en parte, porque no existen métodos estandarizados para estimar la cantidad de organismos presentes en los refugios, o en las áreas de forrajeo. Lo anterior se debe a que los métodos disponibles, hasta la

fecha, para contar a los murciélagos son muy imprecisas y difícilmente se pueden aplicar en diferentes sitios de trabajo. Por tal motivo, resulta importante disponer de un método para estimar el tamaño poblacional de los murciélagos que permita medir la fluctuación poblacional, así como estudiar la dinámica poblacional anual de los murciélagos nectarívoros en las zonas áridas y semiáridas de México y particularmente en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM), con el propósito de tener una visión integral de la conservación de los ecosistemas en esta Reserva de la Biosfera.

5. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

* Estimar el tamaño y la fluctuación poblacional bimestral durante el año 2005 de *Leptonycteris curasoae* en la Cueva del Guano en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztititlán Hidalgo, México: mediante la filmación de la salida de los murciélagos del refugio.

OBJETIVOS PARTICULARES

* Estimar el tamaño poblacional de *L. curasoae* en la Cueva del Guano en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztititlán Hidalgo, México.

* Proponer un método para determinar el tamaño de la población de *L. curasoae* en la Cueva del Guano basado en la videograbación de la salida de los murciélagos.

* Cuantificar la proporción de sexos de la colonia de *L. curasoae*.

* Conocer la estructura de edades de la colonia de *L. curasoae*.

* Conocer la condición reproductiva de la colonia de *L. curasoae*.

* Interpretar poblacional y ecológicamente los resultados obtenidos.

6. ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán (RBBM) se encuentra situada en la zona central del Estado de Hidalgo, entre los 20° 14' 14" y 20° 45' 26" N y 98° 23' 00" y 98° 57' 08" W, con una elevación que va desde los 1000 hasta los 2000 msnm, con una extensión de 96042.94 hectáreas, comprende el 4.6% de la superficie total del estado de Hidalgo y es considerada como una de las más importantes del país. Incluye ocho municipios: Acatlán, Atotonilco el Grande, Eloxochitlán, Huasca de Ocampo, Metepec, Metztitlán, San Agustín Metzquititlán y Zacualtipán (Programa de manejo de la RBBM, 2003).

Fisiográficamente la Reserva de la Biosfera está ubicada en la provincia de la Sierra Madre Oriental, específicamente en la subprovincia del Carso Huasteco. En general la zona presenta una topografía accidentada, con pendientes escarpadas y pronunciadas. Los diferentes tipos de suelos presentes en esta zona tienen alto contenido de carbonatos, derivados de las calizas por la acción de la precipitación y la temperatura (Programa de manejo de la RBBM, 2003).

Existen dos tipos de clima principales dentro de la barranca de acuerdo con la clasificación de García (1973), en la zona Norte (donde se encuentra la cueva) y en la norte-centro predomina el clima seco semicalido con régimen de lluvias de verano (BS0hw), en esta región la temperatura media anual es de 18.5°C (la temperatura máxima ocurre en junio 24.7°C y la mínima en enero 8.3°C) la precipitación total anual es de 364.6 mm, con una máxima en junio de 66.3 mm y la mínima en febrero de 3.3. En la parte centro-sur y sur, predomina el clima semiseco templado con lluvias en verano (BS1kw), la temperatura media anual es de 14.8°C (máxima en mayo de 17.3°C y mínima en noviembre de 9.4 °C).

La precipitación total anual es de 543.4 mm, con una máxima en septiembre de 117.4 mm y una mínima en enero de 8.8 mm (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

La flora de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán pertenecen en su mayoría a la provincia florística denominada altiplanicie mexicana (Rzedowski, 1978). Una de sus características notables es la presencia de plantas endémicas, así mismo, predomina la vegetación de matorral submontano y matorral xerófilo. Una pequeña parte de la reserva, cuya altitud es superior a los 2000 msnm, pertenece a la provincia florística Sierra Madre Oriental, donde la vegetación esta conformada principalmente por bosque de pino-encino y bosque de encino (Rzedowski, 1978).

La lista preliminar de especies de plantas comprende 465 taxa pertenecientes a 270 géneros y 83 familias (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2003).

En la reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán existen 28 especies de plantas quiropterófilas que proporcionan alimento a los murciélagos herbívoros (Cornejo-Latorre, 2007).

Esta es una zona de gran diversidad en plantas suculentas y resaltan las agrupaciones de las cactáceas de los géneros: *Opuntia*, *Cephalocereus*, *Isolatocereus*, *Myrtillocactus*, *Ferocactus*, *Echinocactus* y *Mammillaria*, además del matorral espinoso formado por plantas de los géneros *Prosopis*, *Acacia*, *Mimosa* y *Fouqueria*, así como los izotales de *Yucca*, *Agave*, *Hechtia* y *Dasyliirion* (Sánchez- Mejorada, 1978; Rzedowski, 1978).

La fauna de vertebrados en la Reserva de la Biosfera de la barranca de Metztitlán ha sido poco estudiada. Se han descrito 46 especies de reptiles, 17 de anfibios, 215 de aves y 42 especies de mamíferos, 25 de ellas son murciélagos (Arias y Montes, 2002; CONANP, 2003; Juárez-Castillo, 2006).

6.1 La Cueva del Guano

La Cueva del Guano se localiza al noreste de la RBBM, en la comunidad de San Pablo Tetlapaya, municipio de Metztlán (20° 37' 48'' N y 98° 54' 37'' W) al fondo de una cañada por donde corre un río permanente. La cueva cuenta con una sola entrada de forma triangular con aproximadamente 3 m de lado, con un túnel único que tiene una longitud de 30 m que desciende aproximadamente 15 m respecto al nivel de la entrada principal, con una inclinación de 45°, la altura del túnel varía pero por lo general es de 4 m y concluye en una cámara de aproximadamente 15 metros de altura. La cueva continúa, pero no ha sido explorada en su totalidad (Figura 2).

En las cercanías de la cueva se encuentran tierras de cultivo, huertos frutales y vegetación arbórea de origen tropical. Sobre la ladera del cerro donde se encuentra la cueva se desarrolla un bosque tropical caducifolio: con *Isolactocereus dumortieri*, *Pachycereus weberi*, *Prosopis laevigata* y *Bursera moreliensis* (Juárez-Castillo, 2006) como especies dominantes.

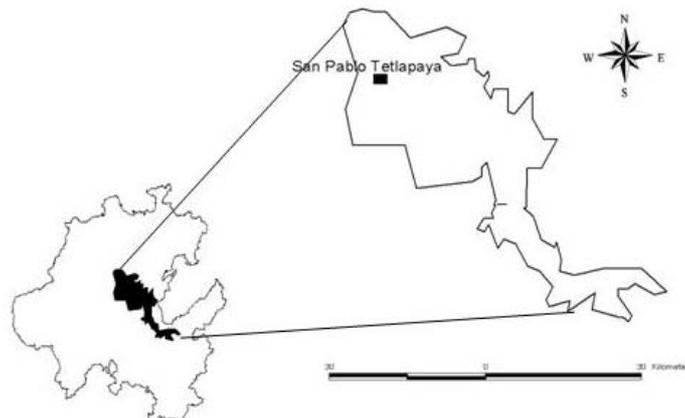


Figura 2. Localización de la Cueva del Guano (San Pablo Tetlapaya) en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán en el estado de Hidalgo, México.

7. MATERIAL Y MÉTODO

7.1 Campo

Con el fin de determinar el tamaño de la colonia de *Leptonycteris curasoae*, que habita en la Cueva del Guano, así como las fluctuaciones poblacionales durante los meses de: enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre de 2005, se utilizó el método de la filmación de la salida de los murciélagos.

Para obtener las filmaciones el equipo de colaboradores del Dr. Alberto Rojas Martínez efectuaron, durante el año 2005, seis visitas a la Cueva del Guano en la RBBM, con una periodicidad aproximadamente de dos meses entre ellas. Para realizar la filmación de la salida de los murciélagos, utilizamos una videocámara Handycam Sony (180 x Digital Zoom, CCD-TRV16 NTSC video 8 xr) con iluminación infrarroja, la cámara fue colocada a cinco metros de la entrada de la cueva para tener un mejor enfoque y captar a la mayoría de los murciélagos cuando salían.

Debido a que la cueva es habitada también por cinco especies de murciélagos insectívoros, y a que este tipo de animales son los primeros en abandonar la cueva, antes de iniciar la filmación, se permitió que la mayor parte de estos murciélagos desalojaran la cueva.

Para asegurar lo anterior, se tomaron fotografías digitales con ayuda de una cámara Cyber-shot con enfoque nocturno (SONY; 7x optical zoom, 8.0 Mega píxel, DSC-F828) para identificar al momento, a las especies de murciélagos que estaban saliendo. Cuando aparecieron murciélagos de la especie *L. curasoae* en tres fotografías consecutivas, se inició la filmación, se anotó la hora de inicio y se mantuvo filmando continuamente por un tiempo de cuatro horas, que cubre la mayor parte del tiempo que tardan en salir del refugio los murciélagos.

Lo anterior asegura que el grueso de las especies de murciélagos insectívoros hubieran abandonando la cueva. Adicionalmente en la filmación es posible identificar a la especie *Leptonycteris curasoae* porque es la de mayor tamaño y su vientre se observa de color blanco (Figura 3).

Con la finalidad de estimar la estructura de la población de *L. curasoae* en la cueva se instaló una red de niebla negra de seis metros de largo por tres de alto, a siete metros de la salida de la cueva. La red fue abierta aproximadamente a las cuatro de la madrugada cuando los murciélagos regresaban de comer y permaneció abierta hasta el amanecer.

Los murciélagos capturados fueron depositados vivos dentro de costales de tela, para posteriormente revisarlos, determinar, el sexo, la edad relativa, la condición reproductora y el peso de cada uno de los ejemplares. La edad fue asignada de acuerdo con las siguientes consideraciones: juveniles cuando presentaban epífisis cartilaginosa en las articulaciones de las falanges del tercer dedo de las alas, esto se observó poniendo a contra luz las falanges del tercer dedo de las alas. Fueron considerados subadultos cuando la osificación de las falanges estaba completa, (pero con el pelaje corto y el peso menor a 25 g) y adultos cuando presentaban pelaje largo y peso mayor a 25 g.

Para determinar la condición reproductora de los ejemplares se aplicó el siguiente criterio: hembras reproductoras; aquellas en las que se percibió la presencia de fetos por la palpación del vientre y que presentaban glándulas mamarias desarrolladas, o bien que se encontraban lactantes y hembras no reproductoras; aquellas que no presentaron evidencias de gestación ni tenían glándulas mamarias visibles. En el caso de los machos, con una regla se midió el diámetro de los testículos y se consideró que los individuos con testículos no visibles se encontraban en una etapa no reproductiva. Los que presentaban testículos escrotados inferiores a tres mm de diámetro fueron considerados infértiles y los ejemplares que presentaron testículos mayores a 3 mm de diámetro fueron considerados fértiles.

Los murciélagos fueron puestos en libertad una vez que les fue colocado un collar, con un código de colores que los identifica individualmente.

7.2 Laboratorio

Digitalización de la información.

Para determinar el número de murciélagos en cada filmación, se procedió a digitalizar las filmaciones. Para conocer el comportamiento y las características de la salida de los murciélagos de la cueva, se realizó el conteo total de los murciélagos durante la filmación del mes de septiembre. Al graficar el conteo de murciélagos contra el tiempo, se observó que la salida de los murciélagos se ajusta a una curva exponencial negativa, por lo tanto, no fue uniforme y fue más intensa al principio. Debido a lo anterior las cuatro horas de filmación se dividieron en tres fragmentos iguales de 80 min, para realizar un muestreo estratificado simple, en el que se eligieron al azar cinco muestras de dos minutos por cada fragmento (quince en total), utilizando una tabla de números aleatorios para seleccionar las muestras de dos minutos, y contar los murciélagos que salieron en ese tiempo.

Para realizar los conteos en la muestras de dos minutos seleccionadas, fue aplicado el siguiente procedimiento:

Cada muestra seleccionada, fue digitalizada y reproducida en la computadora por medio del programa IMAGENMIXER, que permite editar la filmación. Posteriormente con todas las muestras grabadas, se procedió a contar a los murciélagos utilizando el programa JASCK SOFTWARE-ANIMATION SHOP 3, que permite observar en imágenes fijas y cuadro por cuadro la salida de los murciélagos.

Conteo de murciélagos

Para contar a los murciélagos en cada muestra de dos minutos se utilizó un contador manual, que permite obtener el número acumulado de animales observados sin perder la cuenta. Con el número de murciélagos contabilizado cada dos minutos se realizaron gráficas utilizando el programa InstallPrism, el cual ajusta los puntos obtenidos (número de murciélagos vs tiempo) a la función más apropiada que describe la forma de la gráfica, en este caso a una exponencial negativa. Posteriormente permite integrar el área bajo la curva, misma que representa una estimación del número total de murciélagos que abandonaron la cueva durante el tiempo de la filmación. El programa además proporciona el coeficiente de correlación (R^2), intervalo de confiabilidad y los grados de libertad.

Con la finalidad de comparar los resultados obtenido se contó el primer fragmento del mes de septiembre y la cantidad de murciélagos contados, fue comparada con la estimación que proporciona la integración del área bajo la curva, observando una mínima diferencia entre el valor real y el valor estimado (6816 y 6720 respectivamente), representando solo en 1.4 % por lo que se tomó como representativo el calculo que realiza el programa.

Estructura de la población.

Para conocer la proporción de sexos en la colonia de murciélagos de la Cueva del Guano, se contó la totalidad de individuos capturados en la red en cada mes y se calculó el porcentaje correspondiente para cada sexo, lo mismo se hizo para la estructura de edades y la condición reproductiva, considerando tres categorías de edad (juveniles, subadultos y adultos) y cuatro categorías reproductivas (♀ gestantes e inactivas y ♂ fértiles e infértiles), la información obtenida fue representada gráficamente.

Para determinar si las diferencias en la proporción de sexos observadas eran significativas, se aplicaron pruebas de X^2 , para poner a prueba la hipótesis nula de que la proporción de sexos es uno a uno, en cada periodo de filmación.

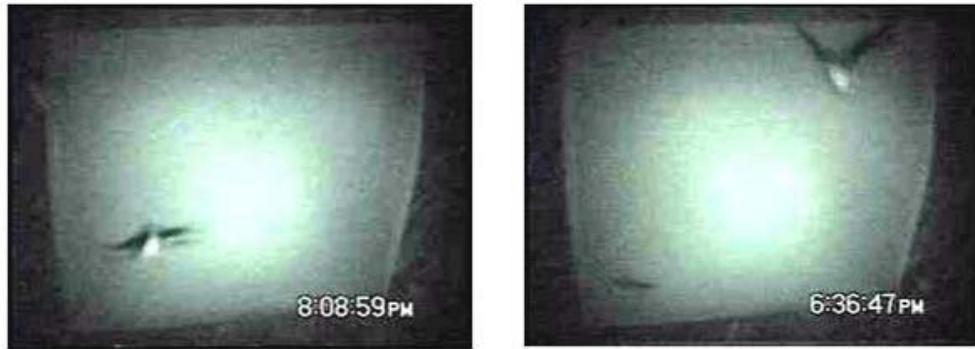


Figura 3. Fotografías tomadas de la filmación de la salida de *Leptonycteris curasoae*, se puede observar el tamaño y el vientre blanco de este murciélago, características que lo distinguen en la filmación de las demás especies que se refugian en la Cueva del Guano.

8. RESULTADOS

Tamaño de la colonia de *Leptonycteris curasoae* en la cueva del Guano.

De las filmaciones realizadas, la que corresponde al mes de marzo, no fue grabada completa, debido a que por un retraso en la llegada hasta la Cueva del Guano, la filmación se inició muy tarde, no obstante, se presenta la gráfica y se utilizan con reserva los datos obtenidos.

A continuación se muestran las gráficas ajustadas y obtenidas con el programa InstallPrism, y que representan la salida de los murciélagos en la Cueva del Guano, durante los meses de enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre de 2005. El área bajo la curva representa el número de murciélagos que abandonaron la cueva en cada ocasión (Figuras 4-9).

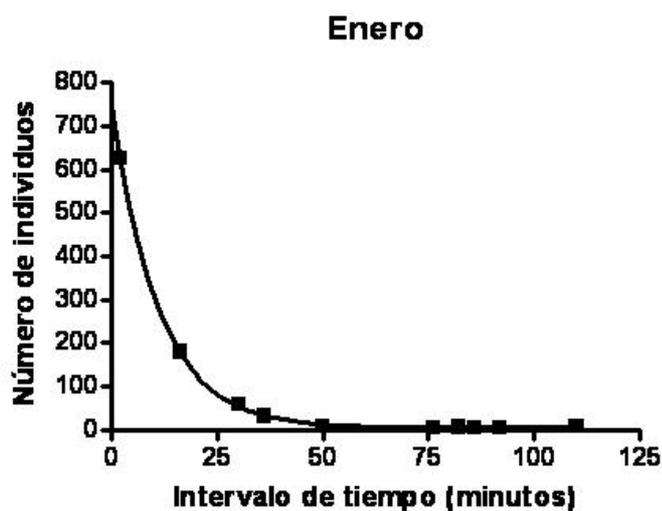


Figura 4. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de enero de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 25 min. de la filmación.

La salida de los murciélagos durante el mes de enero (Figura 4), se ajusta a una curva exponencial negativa que inicia con la salida de 742 murciélagos y en la que prácticamente salen todos los murciélagos antes de 25 minutos, con $R^2 = .9998$ y grados de libertad = 7.

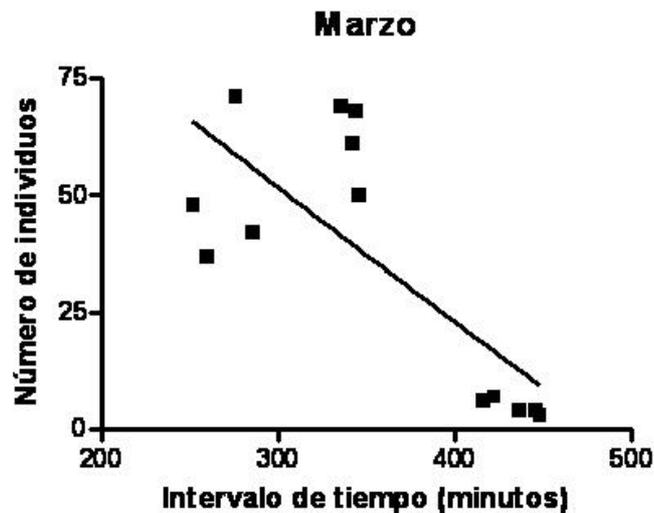


Figura 5. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de marzo de 2005, se puede observar que la tendencia es irregular, pero con pendiente negativa constante. El número inicial de murciélagos registrado es bajo, debido a que la filmación corresponde a la parte final de la salida de los murciélagos.

La salida de los murciélagos durante el mes de marzo (Figura 5), representa una recta con pendiente negativa que inicia con la salida de aproximadamente 75 murciélagos. En esta gráfica es importante señalar que la filmación se realizó con un retraso de tres horas con 40 minutos (200 min), por lo que representa sólo la parte final de la salida de los murciélagos en este mes, con $R^2 = .5700$ y grados de libertad = 10.

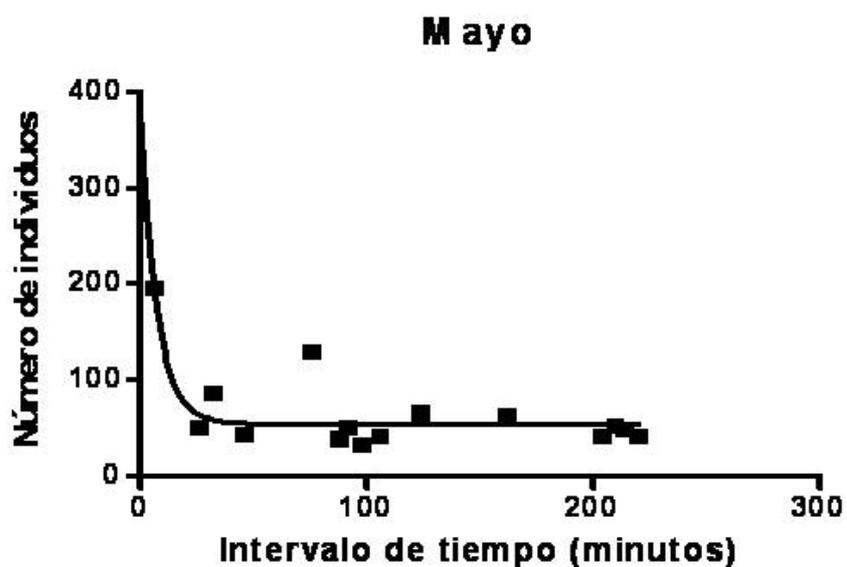


Figura 6. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de mayo de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 30 min. al inicio de la filmación.

La salida de los murciélagos durante el mes de mayo (Figura 6), se ajustó a una curva exponencial negativa, que inicia con la salida de aproximadamente 315 murciélagos y en la que se mantiene la salida de un número constante de murciélagos, después de los primeros 25 min. con $R^2 = .6898$ y grados de libertad = 12.

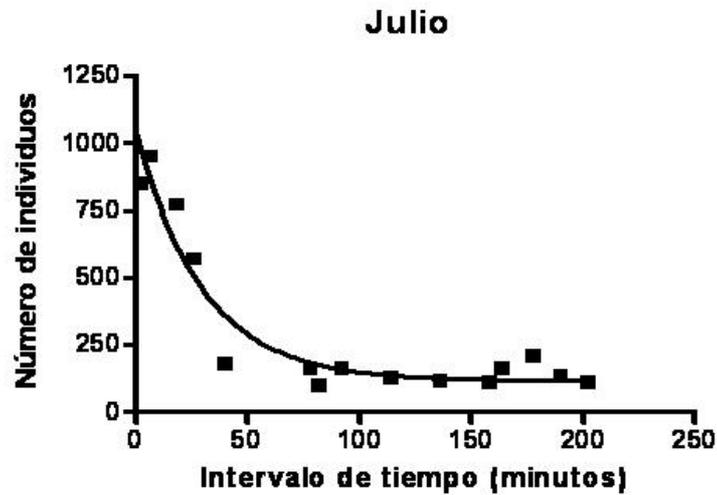


Figura 7. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de julio de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 75 min. al inicio de la filmación.

La salida de los murciélagos durante el mes de julio (Figura 7), se ajustó a una curva exponencial negativa que inicia con la salida de aproximadamente 922 murciélagos y en la que se mantiene la salida de un número constante de murciélagos, después de los primeros 100 min. con $R^2 = .9241$ y grados de libertad = 12.

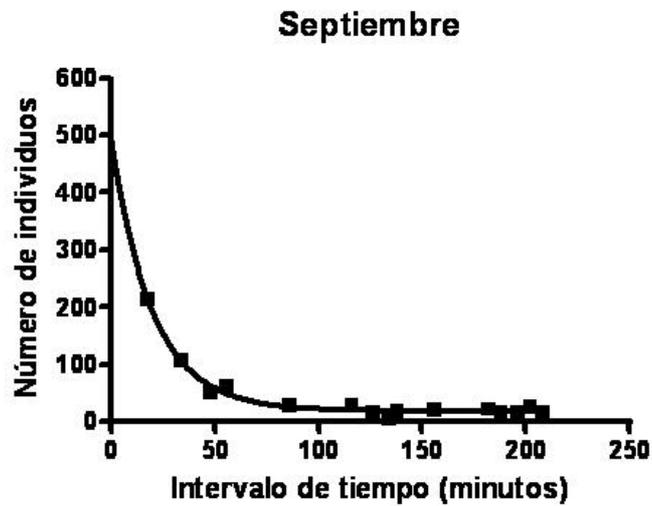


Figura 8. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de septiembre de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 50 min. al inicio de la filmación.

La salida de los murciélagos durante el mes de septiembre (Figura 8), se ajustó a una curva exponencial negativa que inicia con la salida de aproximadamente 470 murciélagos, donde la mayoría de los murciélagos abandonan la cueva durante los primeros 50 min. con $R^2 = .9825$ y grados de libertad = 12.

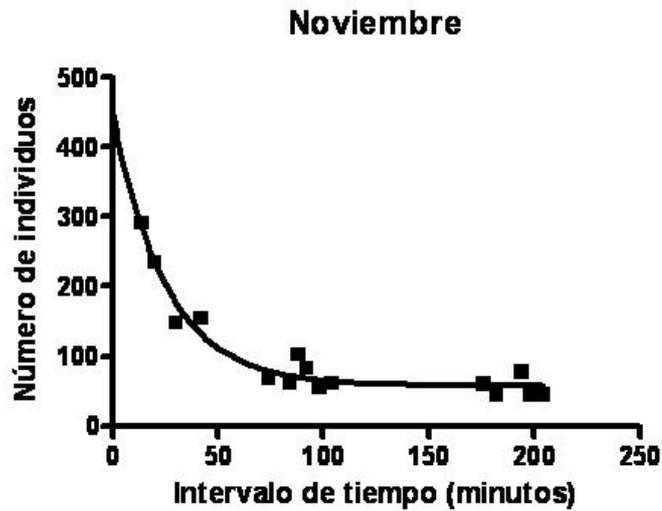


Figura 9. Curva ajustada de la salida de los murciélagos durante el mes de noviembre de 2005, se puede observar que la mayor intensidad de la salida de los murciélagos ocurre en los primeros 75 min. al inicio de la filmación.

La salida de los murciélagos durante el mes de noviembre (Figura 9), se ajustó a una curva exponencial negativa que inicia con la salida de aproximadamente 450 murciélagos y en la que la mayoría de ellos abandonan la cueva en los primeros 75 min. Después de lo cual se mantiene la salida de un número constante de murciélagos con $R^2 = .9488$ y grados de libertad = 12.

8.1 Tamaño de la población

A lo largo del año, el número de murciélagos de la especie *L. curasoae* contabilizados en la Cueva del Guano presentó fluctuaciones importantes (figura 10). En el mes de julio se observó el mayor número de murciélagos (48,023 individuos), seguido por el mes de noviembre (16,989 individuos) y mayo (14,355 individuos), mientras que en el resto de los meses la cantidad de murciélagos fue menor y relativamente constante. El número total de murciélagos en el mes de marzo es desconocido, pero seguramente es mayor al presentado.

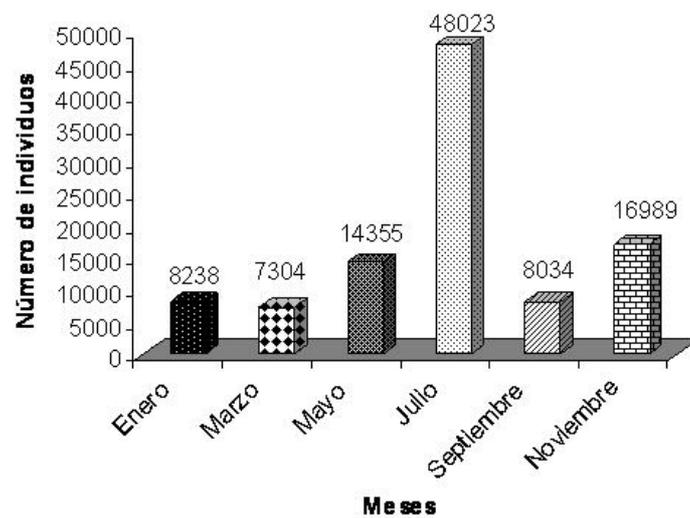


Figura 10. Fluctuación poblacional bimestral de *Leptonycteris curasoae* registrada en la cueva del Guano durante el año de 2005. Se puede observar que en el mes de julio la colonia está formada por el mayor número de ejemplares.

Estructura de la población

Durante la filmación del mes de enero, no se capturó ningún murciélago en la red, por lo tanto no fue posible determinar la proporción de sexos, la estructura de edades ni la condición reproductiva de la colonia en el la cueva del Guano durante este mes.

8.2 Proporción de sexos

La proporción de sexos (hembras: machos) en la población de *L. curasoae* que habita la Cueva del Guano (figura 11 y cuadro1), se encontró representada durante la mayor parte del año por una mayor proporción de machos: marzo 1:2.8, mayo 1:1.3 , julio 1:1.3, septiembre 1:0.83, noviembre 1:1.3 .

La prueba de Chi cuadrada aplicada para la proporción de sexos no resulto significativa en ninguno de los meses muestreados ($p < 0.05$, $gl = 1$).

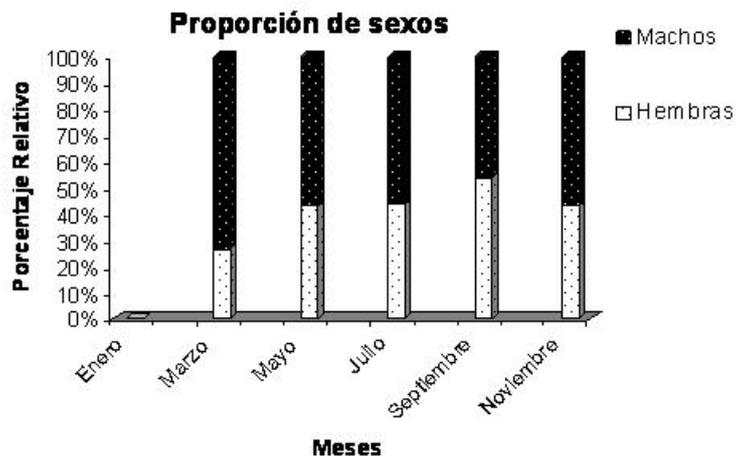


Figura 11. Proporción mensual de sexos de *Leptonycteris curasoae* en la Cueva del Guano durante el año 2005.

8.3 Estructura de edades

El comportamiento poblacional en la Cueva del Guano, pone de manifiesto que de las tres categorías consideradas (juveniles, subadultos y adultos), los individuos que habitan la cueva a lo largo del año son adultos que representan más del 50% de la colonia (figura 12). Los subadultos se encontraron presentes en todos los meses, pero en menor cantidad en noviembre con sólo 14%. Mientras que la presencia de juveniles sólo se hizo evidente en el mes de noviembre con un 7%, (cuadro 2).

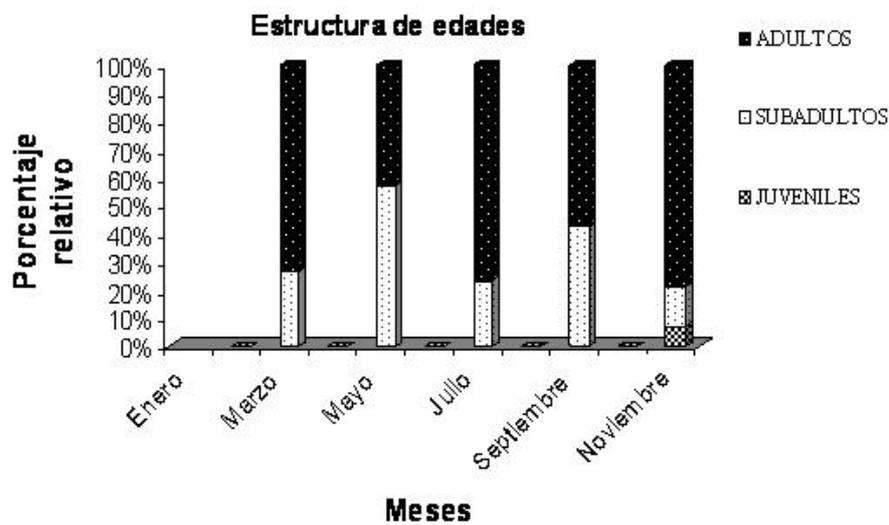


Figura 12. Estructuras de edades para *Leptonycteris curasoae* en la Cueva del Guano durante el año 2005.

8.4 Condición reproductiva

La condición reproductiva de *L. curasoae* en la cueva del Guano (figura 13), mostró que los meses en que los machos se encuentran fértiles fueron marzo y mayo (40% y 32% respectivamente) seguidos por julio (7%) y septiembre (4%). En el mes de noviembre no se presentó ningún macho con evidencia reproductiva.

Para las hembras se observa que presentan un periodo reproductivo en septiembre con un porcentaje de 35%, mientras que en mayo y noviembre las hembras capturadas no presentaron indicios de gestación, en los meses de marzo y julio se observaron indicios de actividad reproductiva 6.7% y 10% (figura 13 y cuadro 3).

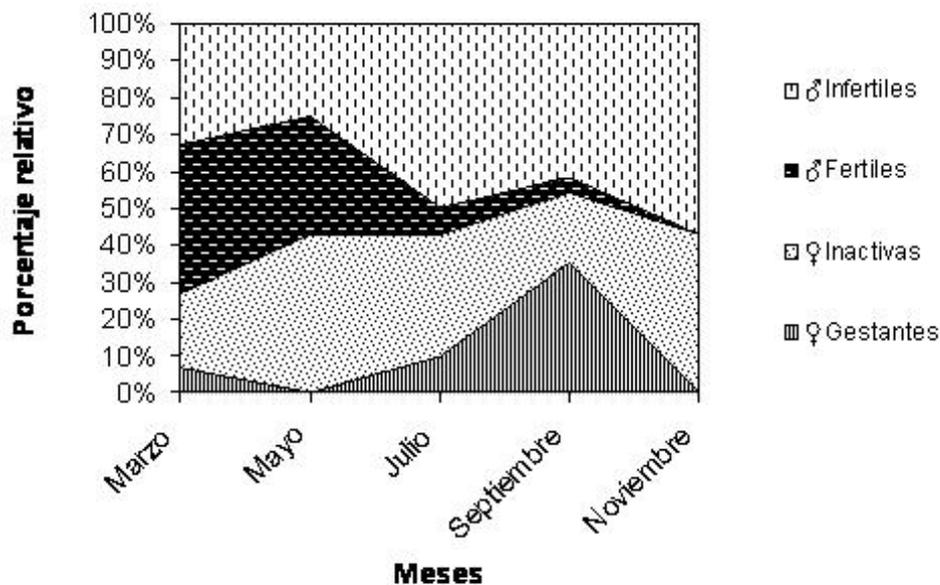


Figura 13. Condición reproductiva de *Leptonycteris curasoae* en la Cueva del Guano durante el año 2005.

9. DISCUSIÓN

9.1 Tamaño de la población

El método empleado para estimar el tamaño poblacional de *L. curasoae* en la colonia que habita la Cueva del Guano, en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, resultó apropiado y representa una alternativa efectiva para estimar con mayor precisión el número de individuos presentes en colonias de murciélagos cavernófilos, con la ventaja adicional de que es práctico, reproducible y confiable. Los métodos conocidos hasta ahora, presentan varios inconvenientes que se reflejan en subestimaciones o sobrestimaciones, de la cantidad de murciélagos en colonias muy grandes. En particular, aquellos métodos, en los que la interpretación personal no es reproducible, tal es el caso del conteo por observación directa a la salida de los murciélagos de los refugios, donde la precisión del conteo depende de la habilidad de las personas que los están realizando, y porque en determinadas circunstancias no es posible contar todo el grueso de los murciélagos que salen (Kunz y Anthony, 1996). Otros métodos como el de perturbar las colonias de murciélagos (Racey, 1979), están en la misma circunstancia, con el agravante de que estos métodos son muy agresivos y podría ahuyentar a las colonias de murciélagos estudiadas. En el caso de los conteos en el interior de los refugios, donde se estima al tanteo, el número de murciélagos por metro cuadrado, definitivamente no son reproducibles ni comparables (Ceballos *et al.*, 1997), lo mismo ocurre con aquellos en los que sólo se estima el porcentaje de ocupación de las cuevas (Stoner *et al.*, 2003).

Otros métodos, en los cuales se contabiliza, mediante fotografías o filmación, el número de murciélagos perchados en parches, o por metro cuadrado (Sánchez-Quiroz, 2000 y Villalpando, 2006), tienen el inconveniente de que las irregularidades que presentan los techos de las cuevas, propician que se subestime la población, porque la complejidad de la estructura de las cavernas difícilmente puede ser estimada en metros cuadrados y porque la densidad de

murciélagos por unidad de área es variable. Para el caso de la estimación indirecta del tamaño de la colonia por acumulación de guano (Cruz-Romo, 2001), sólo puede ser aplicado en cavernas donde se pueda llegar hasta las colonias de murciélagos, pero tienen la misma problemática que los anteriores con relación a las irregularidades de los techos de las cuevas y cuando los refugios son ocupados por más de una especie.

Los métodos de marcaje-recaptura (Kunz y Anthony, 1996), que están bien probados en pequeños mamíferos no voladores, presentan el inconveniente de las bajas recapturas que se obtienen con los murciélagos, lo cual resulta en sobreestimaciones del tamaño de las poblaciones.

El método utilizado en este trabajo, permitió tener una estimación confiable, repetible y verificable de la cantidad de murciélagos que se albergan en la cueva del Guano. Filmar la salida de los murciélagos, parece ser la mejor opción para estimar el tamaño de las colonias, porque en las cuevas se concentran los murciélagos que habitan en la región y porque los murciélagos que ocupan las cuevas, tienen que salir obligadamente cada día, lo cual permite filmar casi a la totalidad de los murciélagos que la utilizan, sin necesidad de entrar al refugio, ni de perturbar a la colonia. Este procedimiento además evita los inconvenientes de las irregularidades del relieve y de la inaccesibilidad de algunas cuevas. La única restricción que tiene el método, consiste en que sólo puede ser aplicado en refugios que tengan una sola salida. En el caso particular de *L. curasoe*, además permite diferenciar a la especie en la filmación.

Determinar el patrón que sigue el fenómeno de abandonar el refugio, permitió generar curvas que se ajustan bien a la función exponencial negativa, con lo cual resulta posible estimar el número de animales integrando el área bajo la curva. Las muestras aleatorias estratificadas, fueron suficientes para representar las curvas de salida, lo que sugiere también que las quince muestras de dos minutos, tomadas de la filmación, fueron suficientes para estimar el número de

murciélagos que abandonan el refugio, lo cual simplifica el procedimiento de conteo en este método, sin perder precisión.

Las filmaciones realizadas en la Cueva del Guano, mostraron la presencia continua del murciélago *L. curasoae* durante todo el año, con fluctuaciones importantes en el número, composición de edades, sexos y condición reproductiva.

Lo anterior coincide con lo observado en algunas colonias tropicales de *L. curasoae* que habitan todo el año en refugios del estado de Puebla (Sánchez-Quiroz *et al.*, 1996; Téllez-Zenteno, 2001), Guerrero (Quiroz *et al.*, 1986), Jalisco (Ceballos *et al.*, 1997; Stoner *et al.*, 2003) y Oaxaca (Rojas-Martínez, 1999, 2002) y en refugios extratropicales como los que se encuentran en el Sur de Baja California y en Sonora, (Fleming *et al.*, 1993).

En lo que respecta al tamaño poblacional, la menor cantidad registrada de murciélagos en el refugio, fue de 7,304 en el mes de Marzo y la mayor cantidad se presentó en julio con 48,023 organismos. En otros estados del Centro de México también se han documentado poblaciones numerosas, entre las que se pueden mencionar a las grutas de Xoxafi en Lagunillas, Hidalgo en mayo de 2001 con 17,000 individuos (Villalpando, 2006). En algunos trabajos no se menciona la temporada de mayor abundancia, y sólo reportan el número total de organismos. En Xochimancas, Ticomán, Morelos, en mayo de 2001 se reportan 50,000 individuos (Villalpando, 2006); en el estado de Puebla 10,000 individuos (Téllez-Zenteno, 2001). En el caso de la Cueva el Salitre en Juxtlahuaca, Guerrero varios investigadores, han estimado la presencia de hasta 150,000 individuos (Quiroz *et al.*, 1986 y Álvarez *et al.*, 1999), por otra parte Sánchez-Quiroz (2000) en Jojalpan, Puebla, contabilizó 23,500 individuos presentes de febrero a julio de 1993 que a partir de agosto disminuyó a 17,000 organismos. En la Cueva del Obispo, en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, fueron contabilizados 14,635 individuos (Cruz-Romo, 2001).

Fuera del Centro de México también se han registrado colonias numerosas en estados como Chiapas, Sonora y Baja California (Ceballos *et al.*, 1993; Martínez-Coronel, 1996).

La mayor abundancia encontrada en julio en la Barranca de Metztitlán coincide con el fenograma de los recursos quiropterófilos planteado por (Cornejo-Latorre, 2007), quien encontró que la abundancia de *L. curasoae*, en las zonas de forrajeo, fue mayor en la estación de primavera-verano, directamente favorecida por la cantidad de recursos florales quiropterófilos, que les proporcionan alimento.

Lo anterior permite sugerir, que la fluctuación numérica observada a lo largo del año en la Cueva del Guano, corresponde bien con eventos biológicos relacionados con la disponibilidad de recursos alimenticios para los murciélagos y por tanto no es un artificio del método utilizado. En la Barranca, ha sido posible documentar que *L. curasoae* alterna estacionalmente los lugares de forrajeo; entre el bosque tropical caducifolio y el matorral crasicale, siempre a favor de lugares donde exista mayor abundancia de recursos alimenticios para cubrir sus necesidades nutricionales, de sobrevivencia y de reproducción (Fleming, 1998). Lo anterior también apoya la propuesta de que *L. curasoae* se alimenta de recursos con floración explosiva, por lo que realiza movimientos poblacionales hacia lugares donde la concentración de alimento por unidad de área es alta (Rojas-Martínez, 2001).

Según (Crockrunm, 1991; Fleming *et al*; 1993 y Wilson, 1979), la presencia de murciélagos de la especie *L. curasoae*, ocurre de forma estacional en el trópico de México, los autores mencionados sostienen la hipótesis de que la especie se ve obligada a migrar, debido a que las floraciones estacionalmente se agotan (primavera-verano) en las regiones tropicales.

Para explicar la migración de *L. curasoae* (Gentry, 1982 y Fleming, 1993) han propuesto la existencia de un “corredor de néctar” que se establece estacionalmente en la costa del Pacífico mexicano, formado por la floración secuencial de agaves y cactáceas columnares, que permitiría el traslado de los murciélagos desde el trópico de México hacia el Suroeste de los Estados Unidos, en primavera alimentándose de cactáceas columnares y de regreso en el otoño, alimentándose de agaves.

Según esta idea las poblaciones de *L. curasoae* que habitan en el trópico de México sólo estarían presentes en otoño e invierno. Sin embargo, esta idea no puede aplicarse a la Cueva del Guano, donde todos los meses del año habita la especie y con un número elevado de murciélagos. Adicionalmente, la mayor abundancia de murciélagos ocurrió en el mes de julio con 48,023 individuos, cuando la hipótesis de migración predice la ausencia de la especie en la región intertropical de México y la mayor abundancia en el Norte. La presencia continua de *L. curasoae*, sólo puede explicarse debido a que en la Barranca de Metztitlán, existe alimento disponible todo el año, mismo que ha sido documentado por (Cornejo-Latorre, 2007). Lo anterior demuestra que la hipótesis del agotamiento de recursos alimenticios, que se sugiere que ocurre en el trópico mexicano, durante la primavera y el verano, no tiene sustento en la barranca de Metztitlán, y coincide con los resultados de otras investigaciones. (Rojas-Martínez., 1996; Herrera., 1997; Villalpando y Álvarez., 1998 y Rojas-Martínez., 1999).

Por otra parte, existen colonias tropicales en México, que muestran una ocupación estacional de los refugios. Por ejemplo en la Cueva de Xoxafi, en el estado de Hidalgo, alberga una colonia de *L. curasoae* muy numerosa (al menos de 30,000 individuos), cuya presencia es altamente estacional. En Xoxafi, Álvarez y González (1970), estudiaron los hábitos alimenticios, durante los seis meses en que están presentes los murciélagos.

Consideraron que la especie es migratoria, porque los murciélagos abandonaron la cueva desde septiembre hasta febrero-abril del año siguiente. La presencia marcadamente estacional de *L. curasoae* en localidades donde se esperaría que fuera residente, puede explicarse según la hipótesis de los movimientos altitudinales, que propone cambios de localidades en la misma latitud, sin que esto represente necesariamente una migración (Rojas-Martínez, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999).

La fluctuación en el tamaño poblacional puede ser explicada debido al intercambio de organismos entre la zona tropical de su distribución, favorecido por los recursos alimenticios proporcionados en diferentes regiones de esta parte del país. Villalpando (2006), en Xoxafi en mayo 2001 contó 17,142 organismos y para junio el número disminuyó de manera drástica hasta 6,171. Este cambio numérico curiosamente coincide con la temporada de mayor cantidad de murciélagos en la Cueva del Guano, que se encuentra aproximadamente a 50 km de distancia. Algunos movimientos regionales han sido sugeridos por otros autores, con base en la recaptura de algunos murciélagos que habían sido marcados (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996 y Álvarez *et al.*, 1999). Villalpando (2006), recapturó un ejemplar macho adulto marcado el 25 de marzo de 1997 en las Grutas de Xoxafi, Hidalgo, en la Cueva El Salitre, Morelos, localizada a 160 km, de las grutas el 29 de mayo de 2001. Además, una hembra adulta gestante marcada en la Cueva El Salitre, Ticomán, Morelos el 24 septiembre del 1997, fue recapturada en las Grutas de Juxtlahuaca, Guerrero el 6 de marzo de 1999. Un macho adulto marcado en las Grutas de Juxtlahuaca, Guerrero el 6 de marzo de 1999, fue recapturado en las Grutas de Xoxafi, Hidalgo el 2 de agosto de 1999. Ciertamente existe una tasa baja de recapturas, lo anterior podría deberse a que la población es muy grande, o bien a que las áreas de alimentación son muy amplias, o bien a que las marcas son nocivas para los murciélagos y por lo tanto la probabilidad de recapturar un individuo es muy baja.

Las recapturas mencionadas anteriormente presentan evidencia del flujo de murciélagos entre cuevas localizadas en el Centro de México (en los estados de Hidalgo, Morelos, Guerrero y Oaxaca), todos ubicados dentro de la franja intertropical donde los murciélagos pueden ser residentes (Rojas-Martínez, 1999).

La importancia de las interacciones que mantiene *L. curasoae*, con algunas plantas como las cactáceas que poliniza y dispersa, muestran una dependencia mutua y refleja la gran especialización de las plantas de las zonas secas intertropicales, como la Barranca de Metztitlán y otras zonas áridas del Centro de México con este grupo de murciélagos.

Conocer el número de murciélagos presentantes en una colonia, permite estimar y especular sobre la capacidad de carga de diferentes sistemas. Se ha estimado que la energía necesaria para que un murciélago de la especie *L. curasoae* realice sus actividades diarias es de aproximadamente 40.2 kJ (Horner *et al.*, 1998), que se adquieren cuando el murciélago ingiere aproximadamente 10 ml de néctar. Considerando que un murciélago adquiere cada vez que visita una flor de cactácea 0.1 ml de néctar en el desierto sonorense, se puede afirmar que para sobrevivir cada día debe visitar en promedio entre 77 y 98 flores, una sola vez para obtener esta energía, o bien, la cuarta parte de estas flores considerando que visite en promedio cuatro veces la misma flor (Horner *et al.*, 1998). De lo anterior se puede inferir la complejidad y la importancia ecológica que tiene esta interacción entre las plantas y los murciélagos polinizadores. Por lo que se deben implementar estrategias que permitan la conservación de estos organismos así como también de las plantas con las que interactúan.

Estructura de la población

9.2 Proporción de sexos

La proporción de sexos en una población de murciélagos, puede cambiar durante la estación de crianza (Silva-Taboada, 1979). En el Norte de México se ha determinado que *L. curasoae* forma grandes colonias de maternidad, donde los machos están segregados, sin embargo en el trópico de México, lo anterior ha sido poco documentado (Cockrum, 1991; Easterla, 1972; Fleming y Sosa, 1994).

La proporción de sexos de *L. curasoae* en la Cueva del Guano en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, no mostró segregación absoluta de ninguno de los dos sexos, aunque en general en la mayor parte del año predominaron los machos, incluso cuando se capturaron hembras gestantes, las diferencias no fueron significativas. Sólo en septiembre la proporción de hembras (54 %) fue mayor a la de los machos (46%).

La proporción de hembras aumentó en el mes de septiembre, cuando se detectaron hembras gestantes. A pesar de lo anterior, los nacimientos no ocurren en la Cueva del Guano, por lo que las hembras se trasladan hasta cuevas desconocidas que son de maternidad. En la Cueva del Guano, no fueron capturadas hembras lactantes. El estudio realizado por (Rojas-Martínez, 1996) en Tehuacán, en la Cueva del Obispo, muestra los mismos resultados.

Sin embargo (Cruz-Romo, 2001), encontró segregación sexual en la zona del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, él encontró que las hembras sólo estuvieron presentes en la cueva del Obispo, durante los meses de primavera-verano y el resto del año sólo fue habitada por machos. Téllez-Zenteno (2001), también menciona el aumento del número de hembras durante el periodo reproductivo y (Sánchez-Quiroz, 2000), observó que los machos empiezan a abandonar el refugio una vez que ha concluido el periodo de apareamiento (agosto) y entonces se empieza a formar un grupo unisexual constituido por hembras, este grupo unisexual se integra con los machos, cuando

retornan al refugio en enero y a partir de ese mes y hasta agosto la proporción de sexos es de uno a uno.

9.3 Estructura de edades

Orr (1970) señala que muchas especies de murciélagos después de tres o cuatro meses de su nacimiento son superficialmente idénticos a sus progenitores y resulta difícil diferenciarlos, esta situación seguramente ocurre en *L. curasoae* y en la población de murciélagos de la Cueva del Guano. Lo anterior pone en evidencia que la estimación de la proporción de edades puede estar desviada si no se distingue de manera adecuada la edad de los organismos.

Los resultados obtenidos de la estructura de edades en la Cueva del Guano, indican que la población estuvo dominada la mayor parte del año por adultos, seguidos de subadultos y sólo en el mes de noviembre se detectaron juveniles de manera escasa. Estos jóvenes pueden ser los que nacieron de las hembras gestantes observadas en septiembre, probablemente fecundadas por los machos reproductivos observados en mayo. Considerando que la gestación dura cinco meses, los nacimientos se presentarían a finales de septiembre y en octubre (Ceballos *et al.*, 1997).

Un comportamiento similar fue el observado en las Grutas de Xoxafi, Hidalgo, en donde los individuos adultos son el componente dominante de la población (Villalpando, 2006). A diferencia de lo observado en la Cueva del Guano, en la Cueva del Salitre (Morelos), la población estuvo dominada la mayor parte del año por organismos subadultos, mientras que los juveniles fueron escasos (Villalpando, 2006).

Lo anterior puede evidenciar que en el caso de las dos primeras cuevas se trata de cuevas de apareamiento y la tercera sea una cueva de reclutamiento (Sánchez-Casas, 2004).

9.4 Condición reproductiva

Los patrones reproductivos en murciélagos y los factores que los regulan dependen de la estabilidad y de las características ambientales de su entorno (Fleming, 1971 y Wilson, 1979).

Entre los factores físicos que pueden influir están, la precipitación, la humedad, la temperatura, la altitud y la latitud; sin embargo, la precipitación sobresale entre todos estos factores porque influye enormemente en la fenología de las plantas y determina la abundancia de los recursos quiropterófilos (Janzen, 1973).

En este sentido, los murciélagos y pequeños mamíferos en general, han desarrollado diferentes estrategias reproductivas para satisfacer la demanda energética, primordialmente durante la gestación y la lactancia, para asegurar un aporte adecuado de alimento para las crías a partir del destete (Migula, 1969). *L. curasoae* no es la excepción, al igual que otros filostómidos, ha sincronizado dichos eventos a condiciones favorables de disponibilidad y abundancia de alimento, de manera que los procesos de nacimientos ocurran en la temporada de primavera-verano (Cornejo-Latorre, 2007).

La reproducción en el Centro de México se ha considerado como una de las posibles razones por las que los murciélagos de la especie *L. curasoae* deben migrar, sugiriendo que deben viajar hacia el Norte de su distribución para que nazcan sus crías, ante la escasez de alimento en México, necesarios para la crianza (Cockrum, 1991; Easterla, 1972; Fleming y Sosa, 1994).

En la especie se ha considerado que la migración y la reproducción son dos fenómenos que están estrechamente relacionados, debido a que los desplazamientos son parte del ciclo reproductivo de las especies migratorias (Dingle, 1996). Por lo tanto, la presencia de dos eventos reproductivos en el trópico para *L. curasoae* (Rojas-Martínez *et al.*, 1999), sería un argumento de suma importancia para fundamentar la residencia de *L. curasoae* en el trópico de México.

En general se conoce poco sobre la biología reproductiva de *L. curasoae*; algunos autores reportan un patrón reproductivo monoéstrico (Hayward y Cockrum 1971), mientras que otros reportan un patrón bimodal poliéstrico (Sánchez y Romero, 1995; Rojas-Martínez, 1996).

Con los datos obtenidos sobre la condición reproductiva de la colonia de murciélagos en la Cueva del Guano, se observó que existe un periodo de reproducción bien marcado al final del verano para las hembras (septiembre), pero que existen indicios de reproducción en marzo, lo que resulta relevante para el trópico de México. Al inicio de la primavera algunas hembras mostraron indicios de gestación (marzo), en contraste, los machos se encontraron fértiles en todos los meses, excepto en noviembre. De lo anterior se puede inferir que las condiciones de reproducción son viables y que favorecen la reproducción en esta región. Las evidencias de reproducción observadas a principios de la primavera en la Cueva del Guano en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, concuerdan con los periodos reproductivos considerados para ambientes áridos del Norte de México y Sureste de Estados Unidos de Norte América (Cockrum, 1991; Easterla, 1972, Wilson, 1979).

Con esto se confirma que los murciélagos se reproducen en el trópico de México y que los eventos reproductivos se asocian con la mayor disponibilidad de recursos alimenticios. Los datos anteriores confirman que las poblaciones de *L. curasoae* en el Centro de México no requieren de viajar al norte para reproducirse, debido a que existen sitios apropiados en el trópico seco de México para ellos.

Los datos disponibles de estudios anteriores relacionados con la reproducción de *L. curasoae* en latitudes similares no concuerdan con los obtenidos en la Cueva del Guano en la

Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, porque mencionan en su mayoría un periodo reproductivo invernal en las selvas bajas (Quiroz y Zamora, 1986; Sánchez y Romero, 1995). También se menciona en un estudio poblacional llevado a cabo en la Cueva de Xoxafí, que nunca se capturaron hembras lactantes, ni se observaron crías durante el periodo primavera-verano (Villalpando y Álvarez, 1998). En la Cueva del Obispo ubicada en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, tampoco se capturaron hembras lactantes en ese periodo de tiempo (Cruz-Romo, 2001).

Por su parte (Ceballos *et al.*, 1997) mencionan que las hembras de *Leptonycteris curasoae* dan a luz a una sola cría al año y además sugieren que en México existen dos poblaciones reproductivas, una en primavera y otra en invierno. Sugieren que en primavera, las hembras migran al Noroeste de México y Sur de Arizona donde establecen colonias de maternidad, y la segunda, se encuentra en la región Sur de México donde los partos se presentan en diciembre y enero.

Algunos autores también han documentado evidencias de reproducción en esa misma latitud (18° a 21° Norte) en primavera-verano y confirman la existencia de dos periodos reproductivos. De lo anterior se puede afirmar que la especie *L. curasoae* es poliéstrica bimodal (Medellín y López, 1986; Watkins *et al.*, 1972; Rojas-Martínez, 1996 y Rojas-Martínez, 1999; Cruz-Romo, 2001), lo que concuerdan con los datos observados en la Cueva del Guano.

En cuanto al primer evento que transcurre en otoño-invierno, no existe la menor duda que se lleve a cabo por la evidencia de los registros de hembras gestantes, lactantes y organismos juveniles correspondientes a este periodo, que se reportan en otros trabajos (Quiroz *et al.*, 1986; Riechers *et al.*, 1998; Rojas-Martínez *et al.*, 1999). Rojas-Martínez (1999), sustenta la existencia

de un segundo evento reproductivo en el trópico, por la presencia de cuatro juveniles capturados durante la primavera y once hembras gestantes y dos juveniles capturados en verano.

9.5 Importancia para la conservación.

Varios autores han documentado la importancia del mantenimiento de áreas de forrajeo y de los refugios como parte fundamental para las estrategias de conservación del murciélago *L. curasoae* (Arita, 1993 y Fenton y Kunz, 1997). El presente trabajo contribuye con elementos que permiten resaltar la importancia que representa *L. curasoae* para la conservación de los ecosistemas de la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán, porque aporta información integral sobre esta especie de murciélagos en la barranca, consistente en el conocimiento de su abundancia, proporción de sexos, estructura de edades y condición reproductiva. Esta información, complementada con la correspondiente sobre los hábitos alimentarios, y la lista de especies vegetales que establecen interacciones mutualistas con ellos, puede ser utilizada para mejorar las estrategias para conservar la biodiversidad.

La especie probablemente no se encuentra en peligro de extinción como se ha sugerido, sin embargo la protección de *L. curasoae* debe ser considerada como prioritaria por la interacción mutualista que mantiene con las cactáceas columnares, agaves y algunas especies de plantas de la selva baja. Por esta razón, es importante proteger los refugios y las colonias de *L. curasoae*, así como a la vegetación que los sustenta.

10. CONCLUSIÓN

- En términos generales el presente trabajo proporciona un método práctico, reproducible y confiable para estimar el tamaño poblacional de murciélagos que se refugian en cuevas.
- Determinar el patrón que sigue la salida de murciélagos en la cueva, permitió utilizar el modelo exponencial negativo para ajustar una curva a los números obtenidos por el muestreo de la salida de los murciélagos e integrar el área bajo la curva para determinar el número de murciélagos que abandonaron la cueva en cada filmación. Este mismo procedimiento podría ser apropiado para determinar el tamaño de las colonias en otras especies de murciélagos.
- Se pudo observar que en la Cueva del Guano, la proporción de machos y hembras no varían significativamente en la mayor parte del año.
- En la mayoría de los meses muestreados predominaron los adultos, pero es evidente la necesidad de realizar estudios constantes a lo largo de ciclos anuales completos, con el propósito de monitorear los procesos reproductivos y tener información más confiable.
- La colonia de murciélagos de la especie *L. curasoae* en la Cueva del Guano en la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán se comporta como una colonia poliestructura bimodal con dos periodos de apareo (marzo y septiembre).
- También apoya con evidencias, la idea de que en el centro de México existen poblaciones residentes y que por lo tanto los movimientos migratorios latitudinales de gran magnitud, no parecen afectar a las poblaciones que habitan en la barranca de Metztitlán.

- La abundancia de *Leptonycteris curasoae* se puede relacionar con la productividad temporal de flores y de frutos, por lo que su abundancia esta fuertemente regulada por los recursos quiropterófilos presentes en la barranca.

11. LITERATURA CITADA

- Álvarez, T y L. Q. González. 1970. *Análisis polínico del contenido gástrico de murciélagos Glossophaginae de México*. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México; Serie Zoología, 18:137-165.
- Álvarez, T., N. Sánchez-Casas y J. A. Villalpando. 1999. *Registro de los movimientos de Leptonycteris yerbabuena en el centro de México*. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, 45:9-15.
- Arita, H. T. 1991. *Spatial segregation in long-nosed bats, Leptonycteris nivalis y Leptonycteris curasoae, in México*. Journal of Mammalogy, 72(4): 706-714.
- Arita, H.T. 1993. *Conservation biology of the cave bats of Mexico*. Journal of Mammalogy, 74(3): 693-702.
- Arita, H.T. y S.R. Humprey. 1998. *Revisión taxonómica de los murciélagos magueyeros del género Leptonycteris curasoae (Chiroptera: Phyllostomidae)*. Acta Zoológica Mexicana, (n.s), 29:1-60.
- Ceballos, G., T. H. Fleming, C. Chávez y J. Nassar. 1997. *Population Dynamics of Leptonycteris curasoae (Chiroptera: Phyllostomidae) in Jalisco, México*. Journal of Mammalogy, 78(4): 1220-1230.
- Cockrum, E. L. 1991. *Seasonal distribution of Northwestern populations of the long-nosed bats, Leptonycteris sanborni family Phyllostomidae*. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México; Serie Zoología, 62(2): 181-202.
- Cockrum, E. L., y Y. Petryszyn, 1991. *Long nosed bats Leptonycteris: an endangered species in the Southwest?* Occasional Papers The Museum Texas Tech University 142: 1-32.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2003. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, México, D. F.

- Cornejo-Latorre, C. 2007. *Fluctuacion de la Abundancia Anual de los Murciélagos Herbívoros en dos Tipos de Vegetación de la Barranca de Metztlán, Hidalgo*. Tesis de Licenciatura. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma de Hidalgo.
- Cruz-Romo, J. L. 2001. *Dinámica Poblacional de una Colonia de *Leptonycteris curasoae*, en una Cueva Situada en la Zona Tropical Semiárida del Valle de Tehuacan-Cuicatlan*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Dingle, H. 1996. *Migration: The Biology of life on the move*. Oxford University Press, New York.
- Easterla, D. A. 1972. Status of *Leptonycteris nivalis* (Phyllostomidae) in Big Bend National Park, Texas. *The Southwestern Naturalist* 17(3): 287-292.
- Fenton, M. B y T. H. Kunz. 1997. Movements and behavior. In R.J. Baker, J. K. Jones, Jr., and D.C. Canter (eds.). *Biology of bats of the New World family Phyllostomidae. Part II. Special publications. The museum Texas Tech University* pp. 351-364.
- Fleming, T.H. 1971. *Artibeus Jamaicensis*: delayed embryonic development in a Neotropical bats. *Science*, 1971:402-404.
- Fleming, T. H. 1988. *The short-tailed fruit bat. A study in plant-animal interactions*. Chicago: University of Chicago Press.

- Fleming, T. H.; Nuñez, R. A. y Sternberg, L. S. 1993. Seasonal changes in the diets of migrant and not- migrant nectarivorous bats as revealed by carbon stable isotope analysis. *Oecologia*, 94: 72-75.
- Fleming, T. H. y V. J. Sosa. 1994. Effects of nectarivorous and frugivorous mammals on reproductive success of plants. *Journal of Mammalogy*.75: 845-851.
- Fleming, T. H. 1995. Pollination and frugivory in Phyllostomid bats of arid regions *Marmosiana*, 1:87-93.
- Fleming, T. H., A. A. Nelson y V. M. Dalton. 1998a. Roosting behavior of the lesser long-nosed bat, *Leptonycteris curasoae*. *Journal of Mammalogy*, 79(1):147-155.
- Gardner, A. L. 1977. *Feeding habitats*. Pp. 293-350, in Biology of bats of the New World family Phyllostomidae. Part II (R. J. Baker, J. K. Jones, Jr; and D. C. Carter, eds.). *Special publications. The museum Texas Tech University*.16:1- 441.
- García, E. 1973. *Modificación al sistema de clasificación climática de Koeppen*. Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Gentry, H. S. 1982. *Agaves of continental North America*. University of Arizona Press, Tucson, 670 pps.
- González-Galindo, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y la regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s.) 73:57-74.
- Hall, E. R. 1981. *The Mammals of North America*. Second ed. John Wiley y Sons, New York.
- Hayward, B. J. y E. L. Cockrum. 1971. The Natural History of the western long nosed bat *Leptonycteris sanborni*. *WRI-SCI (Western New México Univ.)*, 1(2):75-123.

- Heithaus, R. E. 1982. Coevolution between bats and plants. p. 327-367 En: Kunz, T.H. (eds.). *Ecology of Bats*. New Cork. Plenum Press.
- Herrera, L. G. 1997. Evidence of altitudinal movements, of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Central Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 2:117-118.
- Horner, M. A., Fleming, T. H y C. T Sahley. 1998. Foraging behaviour and energetics of a nectar-feeding bat, *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Zoology* 244: 575-586
- Howell, D. J. 1974a. Bats and pollen: Physiological aspects of the syndrome of chiropterophily.com. *Biochimical Physiology* 48: 263-276.
- Hoyt, R. A., Scott, J. S y Hafner, D. J. 1994. Observations of long-nosed bats (*Leptonycteris*) in New Mexico. *The southwestern Naturalist* 39:175-179.
- Humphrey, S. R., 1971, Photographic estimation of population size of the Mexican free-tailed bat, *Tadarida brasiliensis*: *American Midland Naturalist*, vol. 86, p. 220–223.
- Janzen, D. H. 1973. Sweep samples of tropical foliage insects: Effects of season, vegetation types, evaluation, time of day and insularity. *Ecology*, 54:687-708.
- Juárez-Castillo, L. G. 2006. *Comparación del ensamblaje de murciélagos de la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán*. Tesis de licenciatura. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Kunz, T. H., 1974, Feeding ecology of a temperate insectivorous bat (*Myotis velifer*): *Ecology*, vol. 55, p. 693–711.
- Kunz, T. H. y Anthony, E. L. P., 1996, *Variation in the time of nightly emergence behavior in the little brown bat, Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae), in *Genoways*.

- Kunz, T. H., y Kurta, A., 1988, *Capture methods and holding devices*, in Kunz, T.H., ed., Ecological and behavioral methods for the study of bats: Washington, D.C., Smithsonian Institution Press,. 1–30 pps.
- Mandujó, S y G. Hernández. 1990. Análisis de los factores ambientales que influyen sobre el nivel poblacional del venado cola blanca (*Odocoileos virginianus*), en el parque “Desierto de los Leones”. In: J.L Cararillo y F. Rivera (eds.), *Áreas Naturales Protegidas en México y Especies en Peligro de Extinción*. Serie Ecológica, ENEP-1 UNAM, México, D.F. p. 351-364.
- Martínez-Coronel, M., M. Pérez-Gutiérrez y J, Albores-Pérez. 1996. Los murciélagos de la” Cueva Laguitos“, su importancia biológica y social. *Revista ICACH nueva época*. 1(2):10-18.
- Medellín, R. A. y López Forment W. 1986. Las cuevas: Un recurso compartido. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. *Serie Zoológica*, 55(3):1027-1034.
- Migula, P. 1969. Bionergetics of pregnancy and lactation I European common vole. *Acta Theriol*; 14:167-179.
- Mitchell-Jones, A.J., ed., 1987. *The bat worker’s manual: Nature Conservancy Council, Interpretative Services Branch, United Kingdom*, 108 pps.
- NOM-059-ECOL-2002. Que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre, en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección.
- Orr, R. T. 1970. Development: Prenatal and Postnatal. Pp 217-231, *In Biology of Bats*. (W. A. Winsatt, ed.). Academ. Press, New York, 406 pps.

- Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera de la Barranca de Metztitlán, Hidalgo. (2003).
CONANP. México, D.F. 34-68 pps.
- Quiroz, D. L., M. S. Xeltzuantzi, y M. C. Zamora 1986. Análisis polinofago del contenido gastrointestinal de los murciélagos *Glossophaga soricina* y *Leptonycteris yerbabuena* de las grutas de Juxtlahuaca, Guerrero. *Instituto Nacional de Antropología e Historia. Serie Prehistórica*, p. 62.
- Racey, P. A. 1979. Two bats in the Seychelles: *Oryx*, vol. 15, pp. 148–152.
- Riechers, A., M. Martínez- Coronel y S. Gaona. 1998. Hábitos alimenticios de una colonia de maternidad de *Leptonycteris curasoae* de la cueva “Los Laguitos”, Chiapas. *Memorias del IV Congreso Nacional de Mastozoología*, p. 66.
- Rojas Martínez, A. E. (1996). *Estudio poblacional de tres especies de murciélagos nectarívoros considerados como migratorios y su relación con la presencia estacional de los recursos florales en el Valle de Tehuacan y la cuenca del Balsas*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rojas Martínez, A. E; Valiente Banuet, A; Arizmendi, M. del C. Alcántara Eguren, A. y Arita, H. T (1999). Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteis curasoae*) in North America: Does a generalized migration pattern really exist?. *Journal of Biogeography*, 26, 1065-1077.
- Rojas Martínez, A. E y A. Valiente-Banuet. (1996). Análisis comparativo de la Quiroptero fauna del Valle de Tehuacan-Cuicatlán, Puebla- Oaxaca. *Acta Zoologica*.N.S. 67:1-23.
- Rojas Martínez, A. E. (2001). *Determinación de los movimientos altitudinales estacionales de tres especies de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: Glossophaginae), en el valle de Tehuacan y la Cuenca del Balsas, México*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Romero Almaraz, M.L; Aguilar Setien, A y C. Sánchez. (2006). *Murciélagos Benéficos y vampiros*. AGT EDITOR, S.A. México, D.F. 158 pps.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 pps.
- Sabol, B. M. y Hudson, M.K., 1995, Technique using thermal infrared-imaging for estimating populations of gray bats. *Journal of Mammalogy*, 76, 1242–1248.
- Sahley, C. T., M. A. Horner y T. H. Fleming. 1993. Flight speeds and mechanical power outputs of the nectar-feeding bat, *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Mammalogy*, 74(3):594-600.
- Sánchez, H. y A. Romero. 1995. *Murciélagos de Tabasco y Campeche. Una propuesta de conservación*. Instituto de Biología, Univiversidad Nacional Autónoma de México, 193 pps.
- Sánchez-Casas, N. 2004. *Disponibilidad del alimento, dieta y patrón reproductivo de una población residente del murciélago *Leptonycteris yerbabuena* (Phyllostomidae: Glossophaginae), en una selva baja caducifolia en Morelos, México*. Tesis de Maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Sánchez-Mejorada, H. 1978. Manual de campo de las cactáceas y suculentas de la Barranca de Metztitlán. *Sociedad Mexicana de Cactología*, México. D.F.
- Sánchez-Quiroz, A., C. Galindo-Galindo, A. Castro-Campillo y J Ramírez Pulido. 1996. Patrón reproductivo de *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) en una cueva del sudoeste del Estado de Puebla, México. *Memorias del III Congreso Nacional de Mastozoología*, p.53.
- Sánchez, Q. A. 2000. *Características del ambiente y patrón reproductivo de una colonia de *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) en el estado de Puebla, México*.

- Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Silva-Tavoada, G. 1979. *Los murciélagos de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, Cuba. 423 pps.
- Stoner, K. E., K. A. O. Salazar, R. C. R. Fernández, y M. Quesada. 2003. Population dynamics, reproduction, and diet of the Lesser Long-nosed Bat (*Leptonycteris curasoae*) in Jalisco, Mexico: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation* 12: 357-393.
- Soriano, P; Sosa M. y Rosell O. 1991 Hábitos alimenticios de *Glossophaga longirostris* Miller (Chiroptera: Phyllostomidae) en una zona árida de los andes venezolanos. *Revista de Biología Tropical* 39(2):263-268.
- Sosa M. y Soriano J. P. 1993. Solapamiento de la dieta entre *Leptonycteris curasoae* y *Glossophaga longirostris* (Mammalia: Chiroptera). *Revista de Biología Tropical* 41(3):529-532.
- Téllez-Zenteno. J. G. 2001. *Migración de los murciélagos hocicudos (Leptonycteris) en el trópico mexicano*. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tuttle, M. D., 1979, Status, causes of decline, and management of endangered gray bats: *Journal of Wildlife Management*, vol. 43, p. 1-17.
- Valiente-Banuet, A., Ma. Del C Arizmendi., Rojas Martínez, A y L. Domínguez-Canseco. 1996. Ecological relationships between columnar cacti and nectar-feeding bats in México. *Journal of Tropical Ecology* 12:103-119.
- Villa-R, B. 1967. *Los murciélagos de México. Su importancia en la economía y la salubridad. Su clasificación sistemática*. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, xvi 491.

- Villalpando, R. J. 2006. *Dinámica Poblacional de Leptonycteris yervabuena* en el Centro de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villalpando, J. A., y T. Álvarez.1998. Aspectos biológicos de *Leptonycteris yervabuena* (Chiroptera: Phyllostomidae) en el Centro de México. *Memorias del IV Congreso Nacional de Mastozoología*, p. 99.
- Watkins, L. C., J. K. Jones, Jr., y H. H. Genoways. 1972. Bats of Jalisco, Mexico. Special Publications. *The Museum Texas Tech University*, 1-44.
- Wilson, D. E. 1979. Reproductive patterns. Pp.317-318. *In*: R. J. Baker, J. K. Jones, Jr; y D. C. Carter.(eds).*Biology of bats of the New World family Phyllostomydae*, part III. Special Publications .*The Museum, Texas Tech University*, 16:1-441.

12. ANEXOS

Cuadro 1. Proporción de sexos de *Leptonycteris curasoae* en la Cueva del Guano en el año 2005.

Sexo \ Meses	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre	Noviembre
Hembras	0	4	12	13	14	6
Machos	0	11	16	17	12	8

Cuadro 2. Estructura de edades de *Leptonycteris curasoae* en la Cueva del Guano en el año 2005.

Edad \ Meses	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre	Noviembre
Juveniles	0	0	0	0	0	1
Subadultos	0	4	16	7	11	2
Adultos	0	11	12	23	15	11

Cuadro 3. Condición Reproductiva de *Leptonycteris curasoae* en la Cueva del Guano en el año 2005.

Condición \ Meses	Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre	Noviembre
♀ Gestantes	0	1	0	3	9	0
♀ Inactivas	0	3	12	10	5	6
♂ Fértiles	0	6	9	2	1	0
♂ Infértiles	0	5	7	15	11	8