

00343



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

BIOLOGÍA DE *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera, Molossidae)
EN LA CUEVA "EL SALITRE", METZTITLÁN, HIDALGO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGÍA ANIMAL).

P R E S E N T A :

JUAN CARLOS LOPEZ VIDAL

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOAQUIN ARROYO CABRALES

MEXICO, D. F.

SEPTIEMBRE, 2004

TESIS CON
SELLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

OFICIO FCIE/DEP/0314/04

ASUNTO: Asignación de Sinodales

DR. JOAQUÍN ARROYO CABRALES

Presente.

Por este conducto me permito comunicarle como Director(a) de Tesis del(a) alumno(a) JUAN CARLOS LÓPEZ VIDAL, quién desarrolló el Trabajo de Tesis titulado "Biología de Tadarida brasiliensis (Chiroptera, Molossidae) en la cueva "El Salitre", Metztlán, Hidalgo". que el Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas en su sesión celebrada el día 26 de abril del año en curso, designo a los siguientes sinodales para dictaminar si el trabajo que ha desarrollado como tesis el(a) alumno(a) antes mencionado tiene los méritos para obtener el grado de MAESTRO(A) EN CIENCIAS (BIOLOGÍA ANIMAL):

PRESIDENTE	M. EN C.	LIVIA SOCORRO LEÓN PANIAGUA
VOCAL	DR.	JOAQUÍN ARROYO CABRALES
SECRETARIO	DR.	RODRIGO ANTONIO MEDELLÍN LEGORRETA
SUPLENTE	DRA.	MARÍA DEL CARMEN URIBE ARANZABAL
SUPLENTE	BIÓL.	OSCAR SÁNCHEZ HERRERA

En espera de su pronta respuesta, aprovecho la ocasión para enviarles un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D. F. 29 de abril del 2004
JEFE DE LA DIVISIÓN

DR. DENÍ CLAUDIA RODRÍGUEZ VARGAS

DCRVASR/igr*



Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Juan Carlos López Vidal

FECHA: 27-Sep-2004

FIRMA: [Signature]

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Consuelo y Hermenegildo, con quienes siempre estaré en deuda.

A mis hijos, Consuelo Psiabini, Nisa Victoria y Juan Carlos, gracias por su paciencia y el apoyo que dieron al desarrollo del presente trabajo.

A Cynthia Elizalde Arellano, por ser el motor de impulso del presente trabajo, pues gracias a su apoyo, tanto en el campo como en el Laboratorio, éste ha sido posible y a sus padres, quienes siempre demostraron gran interés en el trabajo presente.

A Norma Valentín Maldonado, por su gran apoyo.

A Rocío Cruz García y Ricardo Rangel Martínez, quienes apoyaron siempre en el trabajo de campo y cuyos resultados acerca de la reproducción de los murciélagos son una base para el presente trabajo.

A los alumnos de los cursos de Mastozoología, quienes realizaron una parte del trabajo de campo y que no menciono en particular por temor a cometer omisiones.

A Joaquín Arroyo C., Rodrigo Medellín L., Oscar Sánchez H., Livia León P., y Ma. del Carmen Uribe A., director de Tesis y sinodales del trabajo presente por su gran paciencia y por sus valiosas sugerencias.

RECONOCIMIENTOS.

Para la realización de este trabajo se contó con el apoyo de las siguientes Instituciones:

Instituto de Ecología de la UNAM, por medio del proyecto de investigación "Biología de *Tadarida brasiliensis* en la Cueva "El Salitre", Metztlán, Hidalgo", realizado en el Laboratorio de Cordados Terrestres, E. N. C. B. del Instituto Politécnico Nacional, Dicho proyecto constituye una parte del Programa para la conservación de los murciélagos migratorios de México y Norteamérica (PCMM) que se realiza en el Instituto de Ecología, UNAM bajo la dirección del Dr. Rodrigo Antonio Medellín Legorreta y el Laboratorio de Paleozoología del INAH, con el Dr. Joaquin Arroyo Cabrales. El PCMM ha tenido además el apoyo de Bat Conservation International, el U. S. Fish and Wildlife Service, el CONACYT y del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza.

Se contó también con apoyo económico de la CEGEPI, del I. P. N. por medio del proyecto de investigación "Biología de *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera, Molossidae) en El Salitre, Metztlán, Hidalgo", .

El autor contó con una Beca parcial de PROMEP-SUPERA (ANUIES), para la terminación de esta tesis.

**BIOLOGÍA DE Tadarida brasiliensis (Chiroptera, Molossidae) EN LA
CUEVA "EL SALITRE", METZTITLÁN, HIDALGO.**

CONTENIDO

Capítulo I. INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES	1
Antecedentes	1
Zona de Estudio	5
Objetivo General	6
Metodología	8
Bibliografía Citada	12
Capítulo II. OBSERVACIONES SOBRE LOS MOVIMIENTOS Y COMPORTAMIENTO DE <u>Tadarida brasiliensis mexicana</u> EN LA CUEVA DEL SALITRE, METZTITLAN, HIDALGO.	15
Introducción	15
Antecedentes	17
Objetivos	20
Metodología	20
Resultados	23
Comportamiento	23
Discusión	25
Conclusiones	29
Bibliografía Citada	30

Capítulo III. ASPECTOS SOBRE LA REPRODUCCION DE Tadarida brasiliensis

<u>mexicana</u> EN LA CUEVA "EL SALITRE", METZTITLÁN, HIDALGO.	33
Introducción	33
Antecedentes	34
Objetivos	37
Hipótesis	37
Metodología	37
Resultados	41
Aparato reproductor masculino	41
Aparato reproductor femenino	43
Reproducción y presencia en el refugio	48
Discusión	50
Estacionalidad	59
Conclusiones	63
Bibliografía Citada	64

Capítulo IV. RELACIONES DE Tadarida brasiliensis mexicana CON OTRAS ESPECIES EN

LA CUEVA EL SALITRE, METZTITLAN, HIDALGO.	69
Introducción	69
Antecedentes	70
Objetivo	74
Hipótesis	74
Metodología	74
Resultados	76
Especies que comparten el refugio con <u>Tadarida brasiliensis</u>	76
Depredadores	77

Ectoparásitos	78
Presas	79
Enfermedades y lesiones	79
Relaciones con el hombre	80
Discusión	81
Conclusiones	85
Bibliografía Citada	86

Capítulo V. VARIACIÓN DEL TAMAÑO POBLACIONAL DE Tadarida brasiliensis EN LA CUEVA "EL SALITRE", METZTITLÁN, HIDALGO.

Introducción	89
Antecedentes	89
Objetivo	90
Hipótesis	94
Metodología	94
Resultados	98
Discusión	103
Conclusiones	108
Bibliografía Citada	109

Capítulo VI. SÍNTESIS Y CONCLUSIONES GENERALES.

112

La presente tesis, ha sido escrita de manera que los capítulos que la constituyen sean eventualmente publicados como artículos separados, después de un proceso de adecuación, por lo que su estructura refleja ese objetivo.

Algunas de las figuras de cada capítulo se repiten en algunos casos, por ejemplo la figura 1 y la figura 2, lo mismo pasa con procedimientos y obviamente con el área de estudio, los cuales en caso de publicación serán modificados de acuerdo a cada caso.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.

ANTECEDENTES.

El murciélago de cola libre o murciélago guanero, Tadarida brasiliensis, pertenece a la Familia Molossidae, es el que forma las congregaciones más grandes conocidas para cualquier especie de mamífero. Se distribuye desde el sur de Canadá y norte de los Estados Unidos de América (EUA) hasta Sudamérica en Argentina y Chile; ocupa prácticamente toda la República Mexicana (Hall, 1981). Wilkins (1989) registra aproximadamente la misma distribución, incluyendo todo México; sin embargo anota que desde Centro América hacia el sur, su distribución no es bien conocida. Tadarida brasiliensis mexicana se distribuye desde la región central y oeste de los EUA, todo México excepto la península de Yucatán, hasta Chiapas y el noroeste de Guatemala (Hall, 1981).

Los murciélagos guaneros son insectívoros, consumen gran cantidad de presas por noche y por individuo, se ha estimado que un millón de ellos comen cerca de 10 toneladas de insectos (Kunz y Whitaker, 1983; McCracken, 1996; Whitaker et al., 1996). Basado en el hecho de que estos animales forman congregaciones muy grandes por su elevado número de individuos en una población (Constantine, 1967; McCracken, 1987), se comprenderá que esta especie es muy importante desde el punto de vista ecológico y económico en cuanto al control de poblaciones entomológicas que pueden constituir plagas. Desgraciadamente, muchas poblaciones de quirópteros, entre ellos T. b. mexicana han sido intensamente afectadas en los últimos tiempos por la influencia humana, como lo registran Cagle (1950) y Mc Cracken (1987), lo mismo mencionan pobladores de Metztitlán, Hidalgo, que realizan la extracción de guano de la cueva El Salitre (comunicación personal, 1997. 1999).

Cagle (1950) estudió una colonia de T. mexicana en la Cueva Ney en Texas, proporcionando datos sobre reproducción, incremento de tamaño de los juveniles. datos ecológicos del refugio y épocas de estancia de los ejemplares en el mismo. Constantine (1967), trabajando en la caverna Carlsbad, New México, marcó ejemplares de la especie que nos ocupa y obtuvo datos sobre su biología general, tamaño de la población, movimientos relacionados con el clima, sus patrones de actividad anual y mortalidad asociada con la rabia.

Acerca de la reproducción, el crecimiento y desarrollo de los ejemplares de T. b. mexicana, se tienen datos, en su gran mayoría, obtenidos de las poblaciones en los Estados Unidos de América (EUA). Davis et al. (1962) y Constantine (1967) mencionan que la época de cópula se registra en los meses de invierno, de febrero a marzo, la lactancia en junio y julio, y los nacimientos en algún periodo

intermedio. Además, Constantine (1967) indica que los datos para la especie en México eran en ese tiempo muy escasos.

Spennath y Laval (1974) encontraron para una población de Texas, en febrero, marzo y abril a las hembras no preñadas, hembras preñadas hasta mayo y lactantes en julio. Kunz y Robson (1995) mencionan que la reproducción de T. b. mexicana se lleva a cabo en EUA, donde ocurren los nacimientos, migrando después a México. Krutzsch *et al.* (2002) registran la misma Observación, pero anotan que los ejemplares que habitan al sur del paralelo 26 de latitud norte probablemente tengan un comportamiento diferente.

Baer y Holguin (1971) mantuvieron en Nuevo México, EUA, una colonia de murciélagos guaneros en cautiverio, encontrando que en marzo se segregaron en dos grupos por sexo, posteriormente detectaron hembras preñadas a principios de junio y nacimientos a finales del mismo mes y principios de julio. La colonia fue mantenida entre 24° y 32° C, con la humedad entre 50 y 70% y el periodo de luz y oscuridad correspondiente al de esa zona.

También para dos colonias de murciélagos guaneros mantenidas en cautiverio en Texas, French y Lollar (1998) registraron que dentro de una caja de madera, especialmente construida, existió delimitación de un territorio por machos de la especie, asociado al uso de vocalizaciones y olores, usando la glándula gular que tiene mayor desarrollo en noviembre. Las hembras formaron congregaciones de maternidad segregadas de los machos, poco antes de los nacimientos. La época de nacimientos ocurrió en abril en una colonia y en los meses de julio y agosto en la otra.

Pagels y Jones (1974) mencionan diversos datos sobre T. b. cynocephala: acerca de la cópula, evidente por tapones vaginales el 25 de marzo; la duración de la gestación cercana a 11 semanas, el comportamiento de juveniles, que se refugian en grupos densos en las zonas mas inaccesibles de los refugios y alejados de los adultos; y sobre su desarrollo ontogenético. Short (1961) registra el desarrollo ontogenético desde fetos *in utero* hasta las 11 o 12 semanas, señalando que aproximadamente a las cinco semanas los juveniles alcanzan la talla de adultos.

McCracken *et al.* (1994) y McCracken y Gassel (1997) han estudiado la estructura genética de poblaciones tanto migratorias como no migratorias de T. b. mexicana del norte de México y de los EUA, encontraron que las poblaciones de maternidad de T. b. mexicana, y de T. b. cynocephala, están compuestas de individuos reproductores genéticamente diferenciados y que las poblaciones de verano y las de invierno no mostraron evidencia de estar en unidades geográficas distintas; consideran que puede haber flujo genético entre T. b. cynocephala y T. b. mexicana en la Florida y que no es posible determinar la validez de cynocephala como especie distinta.

McCracken (1984), Gelfand y McCracken (1986) y Gustin y McCracken (1987) han realizado estudios sobre comportamiento y encontraron que hay reconocimiento reciproco de crías y madres a través de olores y de llamadas.

A grandes rasgos, se conocen los requerimientos nutricionales de los adultos tanto en cautiverio como en la naturaleza. Se sabe por medio del análisis de la acumulación de nitrógeno y minerales y su concentración en la leche, que el nivel de calcio es el que determina la cantidad de leche necesaria para cubrir los requerimientos de los juveniles (Studier y Kunz, 1995). Black (1974) analiza las preferencias de consumo de palomillas y de escarabajos por murciélagos insectívoros del norte del Continente Americano, entre ellos Myotis lucifugus, M. volans y M. californicus, que son de tamaño parecido a T. brasiliensis, mencionando que esos dos grupos de insectos constituyen la mayor parte de la dieta de esos murciélagos.

Freeman (1981) relaciona el tamaño del cráneo, el desarrollo de las crestas del mismo, el tamaño y robustez de los dientes y el grosor de las mandíbulas, con el tipo de insectos de los que se alimentan varios murciélagos insectívoros, menciona órdenes y algunas familias de insectos consumidos por T. brasiliensis, que son muy parecidas a las que registra Ross (1961, 1967). Los porcentajes para una serie de ejemplares examinados, entre los que se incluyen algunos procedentes de México, son: Lepidoptera, Familia Nepticulidae (Palomillas) 34%; Hymenoptera, Familia Formicidae (Camponotus) 26.2%; Coleoptera, Familia Scarabeidae y Chrysomelidae 16.8%; Homoptera, Familia Cycadellidae 15%; Hemiptera, Familia Corixidae 6.4%; Neuroptera, Familia Myrmeleontidae (Hesperoleon) 1.6%; como puede verse, el porcentaje mayor corresponde a lepidópteros.

Los murciélagos guaneros han sido mantenidos en cautiverio alimentados con gusanos de la harina (Constantine, 1952; French y Lollar, 1998). Sobre la dieta, Kunz (1973), Kunz y Whitaker (1983) y Whitaker et al. (1996) analizan las preferencias de alimentación de murciélagos insectívoros en general y de T. brasiliensis en particular, determinando su alto consumo de lepidópteros.

Respecto a las técnicas usadas para la determinación de la dieta, Kunz y Whitaker (1983) realizaron una comparación sobre la confiabilidad de los métodos de análisis de excretas contra análisis de contenido gástrico, obteniendo que ambos son confiables. Whitaker et al. (1996) determinan los insectos consumidos por T. brasiliensis en los dos periodos diarios de forrajeo, encontrando que en el segundo los lepidópteros ocupan el mayor porcentaje.

Los individuos de T. brasiliensis inician su periodo de actividad diaria en el crepúsculo y la mayor parte de la misma es nocturna, tienen vuelo recto y rápido, poco maniobrable, forrajean alto en el aire muy lejos de la vegetación (McCracken, 1996). En su morfología, presentan adaptaciones alares y esqueléticas al vuelo rápido y recto, al tiempo que han retenido características para una buena locomoción terrestre (Ross, 1961, 1967; Vaughan, 1966), por medio de la cual son capaces de levantar el vuelo desde el piso, a diferencia de la mayoría de murciélagos y moverse fácilmente entre grietas y huecos de las paredes y techos de sus refugios.

Kunz (1982) menciona que en climas muy fríos los murciélagos enfrentan problemas debidos a las bajas temperaturas, las cuales a su vez afectan la disponibilidad de alimento, que en el caso de

T. brasiliensis son los insectos voladores. Las dos soluciones que los quirópteros han dado a esos problemas, consisten en la hibernación o en la migración.

Respecto a movimientos de la especie, Cockrum (1969) considera cuatro grupos del murciélago guanero en el sur de los EUA, dos que migran largas distancias hacia el sur hasta México, uno que realiza migraciones en distancias cortas y uno que es residente todo el año. Posteriormente McCracken y Gassel (1997) mencionan que existen tres posibles rutas de migración de los murciélagos de cola libre, y que van desde el sur de EUA hasta el centro de México. Estudiando una población residente en Texas, Sprenath y Laval (1974), determinaron mediante el bandado de ejemplares, que parte de los individuos presentan periodos diferenciados de migración, debidos a sexo y edad, mientras otros permanecen durante el invierno.

Basados en datos de individuos obtenidos de un estudio de campo y que después se mantuvieron en cautiverio en Texas, French y Lollar (1998) proponen que la mayoría de los murciélagos que hibernan son machos, también observaron que los tamaños de las poblaciones que estudiaron en libertad, fluctúan en octubre y para diciembre la mayoría de los individuos se han ido.

Cagle (1950) menciona requerimientos generales del hábitat en una cueva de Texas, donde registró variación de temperatura de 23.2°C a 34.2°C y la temperatura en la roca bajo la masa de juveniles de 38°C. Howell (1920) y Twente (1955) revisan las características de los refugios diurnos de murciélagos insectívoros que comparten las cuevas con T. brasiliensis, aunque prácticamente no mencionan datos para esta especie.

En cuanto a las relaciones interespecificas, se sabe que T. brasiliensis comparte sus refugios con otros murciélagos, entre ellos, Eptesicus fuscus, Myotis velifer, Mormoops megalophylla, y Corynorhinus rafinesquii (Wilkins, 1989). Los posibles depredadores, incluyen mamíferos como tlacuaches (Didelphis), zorras (Urocyon), mapaches (Procyon), zorrillos (Mephitis mephitis, Conepatus mesoleucus), linceos (Lynx rufus), gatos y perros domésticos; entre las aves se sabe de búhos, halcones y cuervos, y reptiles como serpientes y culebras, todos los cuales son capaces de capturar a los murciélagos en sus refugios o a la salida de los mismos. Asimismo, las crías pueden ser devoradas cuando caen al suelo, por artrópodos como hormigas, cucarachas y arañas (Wilkins, 1989; Wilson, 1997) y, frecuentemente por escarabajos derméstidos.

Los pocos datos encontrados para la cueva "El Salitre", indican que T. b. mexicana ha sido considerada como una especie migratoria que utiliza la cueva como refugio temporal. Álvarez y Polaco (1980) registran la presencia de individuos en ese refugio en junio y su ausencia en septiembre.

Como se desprende de todo lo anterior, a pesar de contar con información sobre T. b. mexicana en los EUA, poco o nada se sabe acerca de las poblaciones de México, principalmente aquellas del centro y sur del país. en aspectos como su ecología general y aún menos se cuenta con estudios que integren la información acerca de la biología de la especie en esa región.

ZONA DE ESTUDIO.

El área de estudio está enclavada en la Provincia Biótica Sierra Madre Oriental (Álvarez y La Chica, 1974) y dentro de la subprovincia del Carso Huasteco (Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo – Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, 1992), abarca la Cueva El Salitre y la región aledaña, dentro de la Cañada de Metztlán, Hidalgo. El fondo de la cañada, llamado "La Vega" por los lugareños, soporta una vegetación de tipo tropical subperennifolio; en las laderas de la barranca y afuera de ella, existe mezquital, matorral desértico rosetófilo con fisonomía de subinermes y crasirosulifolio, además del crasicaule (INEGI, 1992); en las partes más altas, bosque de pino o encino-pino, ocupando el extremo noroeste (Álvarez y Polaco, 1980).

La climatología de la zona corresponde a los climas secos y semisecos de la Sierra Madre y Eje Neovolcánico; en la cañada, el clima es seco semicálido con lluvias en verano, BS₁kw, la temperatura media anual es de 18.5°C, con 24.7°C de máxima en junio, y la mínima en enero con 8.3°C, la precipitación total anual es de 364.6 mm; con máxima en junio, 66.3 mm y la mínima en febrero con 3.3 mm (INEGI, 1992). El tipo de vegetación del fondo de la cañada corresponde a un clima más húmedo, lo que se explica por la influencia del río, que proporciona las características de humedad relativa mayor en esa área durante todo el año.

Las rocas presentes en la zona son sedimentarias: en la porción cercana a la cueva, Caliza-Lutita del Mesozoico (Cretácico Inferior), mientras que en la cueva la litología está compuesta por Conglomerados del Cenozoico (Terciario Inferior). El área se encuentra dentro de la Cuenca Hidrológica del Río Moctezuma, y el flujo principal lo forma el río Metztlán, que se origina en Puebla y vierte sus aguas en la laguna del mismo nombre (INEGI, 1992).

En la cañada se presentan suelos con alto contenido de carbonatos, entre los que se encuentran las Rendzinas, los Litosoles y los Feozem principalmente; en el fondo de la cañada y de manera primordial en La Vega, se encuentran suelos fértiles y profundos, de textura arenosa, que son utilizados con fines agrícolas de manera continua y en algunos casos mecanizada (INEGI, 1992). Se cultiva calabaza, maíz, nuez, en menor escala plátano y otros frutales; en la zona se han desarrollado asentamientos humanos, algunos fundados en tiempos precolombinos, como el poblado de Metztlán, la mayor parte de ellos han tenido crecimiento poblacional moderado.

Por sus características, se considera que la cañada puede funcionar como corredor para diversas especies, principalmente de afinidad neotropical, en movimientos hacia el norte o sur y afectar su distribución. así, se ha registrado otro molóside, Eumops perotis californicus en la zona (Álvarez y Polaco, 1980), cuyo registro previo más cercano era en Acatita, Coahuila, aunque recientemente se le conoce de varios estados en el centro del país (Polaco et al., 1992). Lo mismo sucede con Dasyopus

novemcinctus, que se ha colectado en el lugar. Cabe esperar que también T. b. mexicana siga esta cañada como parte de su ruta de migración.

La cueva "El Salitre", cuyas coordenadas son aproximadamente 20° 34' 24" lat. N, 98° 44' 36" long. W (**figura 1**) se encuentra cerca del poblado de Metztlán, cabecera del municipio homónimo. Está situada sobre una ladera de cerro, al este del poblado El Salitre. Al refugio se llega siguiendo una pequeña cañada orientada al norte, que soporta vegetación de matorral xerófilo subinermes, con substrato rocoso en un 90 %. La cueva tiene orientación este: su entrada mide aproximadamente 33 metros de ancho por seis a ocho de alto en su parte media, la cual es más alta que las laterales.

El túnel principal es alargado, mide cerca de 100 metros de longitud, tiene inclinación cercana a los 60 grados ascendiendo de la entrada hacia el fondo, en éste, hay una sola cámara principal cuya parte más profunda tiene el techo con un hueco en forma de domo y altura de aproximadamente 30 metros. Llamada "La Olla" por los lugareños, es ahí donde se refugia el mayor número de murciélagos (**figura 2**), hay varios túneles secundarios de poca altura bajo el piso del primero.

La mayor parte del conocimiento sobre la biología del murciélago guanero ha sido obtenido a partir de poblaciones con distribución en el norte de México, o en EUA. Para el presente estudio se consideró primordial aportar datos relativos a poblaciones de nuestro país. Así, considerando: a) Que la población de T. brasiliensis que se refugia en Metztlán parece realizar movimientos migratorios en sentido norte – sur; b) Que la cañada de Metztlán funciona como un posible corredor para los movimientos de la especie; c) Que la cueva "El Salitre" posiblemente es un importante refugio en el movimiento de la población; y d) Que según los datos de la bibliografía, los individuos de la especie se reproducen en los EUA posteriormente viajan a México durante el invierno; se plantearon los siguientes objetivos con la finalidad de investigar los aspectos mencionados:

OBJETIVO GENERAL.

- Contribuir al conocimiento de la biología del murciélago guanero Tadarida brasiliensis mexicana en la cueva "El Salitre". Metztlán, Hidalgo, México.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- Estimar el tamaño de la población presente en la cueva a lo largo del año, y determinar si existen variaciones en el número poblacional en las diferentes épocas.
- Definir los aspectos reproductivos generales de la población durante su estancia en la cueva: épocas de apareamiento, de preñez y de lactancia.
- Reconocer las temporadas de estancia de la especie en la cueva de Metztlán.

- Determinar si los murciélagos guaneros que usan la cueva realizan desplazamientos periódicos en los que todos la abandonan.
- Analizar la posible relación entre las variaciones de la temperatura y humedad tanto externas como internas así como del disturbio en el medio ambiente interno y externo de la cueva, con la variación en los números de población.
- Realizar inferencias sobre las relaciones de depredación o de otro tipo del murciélago guanero con algunas otras especies de vertebrados y de invertebrados que utilizan la misma cueva.

Las diferentes posibilidades de explicación a los fenómenos observados, y que se plantean a partir de los conocimientos actuales, son las siguientes:

Se sabe por estudios efectuados en la parte norte de la distribución de la especie, que existen tanto poblaciones migratorias como residentes (Cockrum, 1969; Villa-R., 1956; Villa-R. y Cockrum, 1962;), así, se consideraron dos posibilidades: la población estudiada en la cueva "El Salitre" se desplaza abandonando completamente ese refugio, y: al menos una parte de la población estudiada se presenta en la cueva durante todo el año.

En algunos refugios, se ha observado que los murciélagos guaneros tienen dos tipos de comportamientos diferentes al salir a alimentarse, en uno salen poco antes de oscurecer, en grupos bien definidos, formando una columna; y en el otro salen después del ocaso; con poca integridad de grupo. lo que se ha interpretado como dos tipos de salida para una misma población en dos condiciones distintas de hacinamiento en el refugio (Herreid y Davis, 1966). Sin embargo, lo anterior puede interpretarse también en el sentido de que pueda existir más de una población presente en ese sitio y tiempo. Es necesario definir que para los fines de este estudio se consideraron como grupos poblacionales a los conjuntos de ejemplares de T. b. mexicana que comparten un refugio en un tiempo específico, manteniendo características comunes y cohesión de grupo. Las posibilidades a considerar en ese caso son: los ejemplares que se refugian en la cueva constituyen un solo grupo poblacional, y los ejemplares que se refugian en la cueva pertenecen a dos o mas grupos poblacionales diferentes.

Los registros sobre reproducción del murciélago guanero (Krutzschn et al., 2002; Short, 1961; Wilkins, 1989), apuntan al hecho de que las poblaciones llevan a cabo el acoplamiento en el centro de México y los nacimientos se efectúan en la región sur de EUA. Sin embargo, existe la posibilidad de nacimientos en el centro de México; así, dos situaciones alternativas potenciales son, para los murciélagos guaneros que ocupan la cueva El Salitre en Metztitlán: La cópula se lleva a cabo en la región central de México y los nacimientos suceden en la región sur de los EUA; y, tanto la cópula como los nacimientos se llevan a cabo en la región central de México. Otra posibilidad teórica susceptible de análisis consiste en que si T. b. mexicana constituye -como se acepta- una sola subespecie con muy

amplia distribución, la temporalidad del ciclo reproductivo podría ser la misma o tener variaciones muy pequeñas en todo su intervalo de distribución.

Se sabe que las poblaciones de T. b. mexicana han sufrido decrementos en sus poblaciones en los últimos tiempos por diversas causas entre las que se encuentran pesticidas y actividades humanas (McCracken, 1987). En ese sentido, se verificará si las actividades humanas llevadas a cabo en el refugio o zona aledaña tienen efecto sobre el tamaño de la población presente en la cueva.

En algunos trabajos se manifiesta que el murciélago guanero tiene preferencias de microhabitat en los refugios que ocupa (Twente, 1955; Spennath y Laval, 1974) y eso puede influir en el tamaño de la población en un sitio, así, otra posibilidad susceptible de análisis es si las condiciones ambientales dentro de la cueva, en particular la temperatura, la humedad relativa y el relieve interno de "El Salitre" tienen efecto sobre el tamaño de la población que la ocupa.

METODOLOGIA

A fin de cumplir los objetivos propuestos e intentando corroborar los anteriores planteamientos, se realizaron durante 1997, 1998, 1999, y en enero del 2000, 29 visitas a la cueva "El Salitre", Metztlán, Hidalgo, con periodicidad de una salida por mes y tratando de cubrir los ciclos anuales, dicha periodicidad se consideró adecuada y al cubrir varios periodos anuales se intentó minimizar posibles errores de muestreo. Las salidas durante 1997 fueron en las fechas: 11 de enero; 22 de febrero; 28 y 29 de marzo; 19 y 20 de abril; 24 y 25 de mayo; 28 y 29 de junio; 26 y 27 de julio; 6 y 7 de septiembre; 4 y 5 de octubre; 1 y 2 de noviembre; 5 y 6 de diciembre. En 1998: 10 y 11 de enero; 14 y 15 de febrero, 14 y 15 de marzo, 18 y 19 de abril, 13 y 14 de junio, 22 y 23 de julio, 29 y 30 de julio, 10 y 11 de octubre, 7 y 8 de noviembre. En 1999: 30 y 31 de enero, 27 y 28 de febrero, 6 y 7 de marzo, 27 y 28 de marzo, 29 y 30 de mayo, 19 y 20 de julio, 14 y 15 de agosto, 11 y 12 de septiembre. La última se llevo a cabo el 29 y 30 de enero de 2000.

En cada viaje se colocaron dos redes, una al lado de la otra, de 15 y de 10 metros (para un total de 25 metros de red por salida), cubriendo la mayor parte de la entrada de la cueva, las que se mantuvieron en posición durante seis horas en promedio cada vez. El inicio de la salida de los murciélagos y su regreso en la mañana siguiente, determinaron la principal actividad de la captura, del crepúsculo al amanecer en horario aproximado de las 19:00-20:00 horas de un día a las 6:00-7:00 horas del día siguiente: en las ocasiones en que el número de murciélagos era muy grande las redes se cerraron para evitar números excesivos de animales capturados.

Para estimar el número de ejemplares presente en la cueva en cada salida, se utilizó un método parecido al descrito por Thomas y LaVal (1988), se hizo un cálculo aproximado del área que cubrían los murciélagos y de la cantidad de ellos por metro cuadrado, considerando la distancia entre los individuos. Se multiplicó el área estimada total cubierta por los murciélagos, por la cantidad de ellos en cada unidad

de área, para obtener el cálculo del tamaño de la población presente. En el cálculo del tamaño del área ocupada por los murciélagos, se presenta un error por subestimación, de magnitud no determinada, pues la zona de percha no es plana sino cóncava y tiene gran número de huecos y grietas.

El método descrito se llevó a cabo siempre antes del proceso de captura, con lo que se buscó evitar un disturbio excesivo que causara error en la estimación, si este existió, se asume que fue relativamente constante. A pesar de que el sitio donde se congregan los murciélagos dificulta la estimación por sus características de altura, presencia de grietas, huecos y que no es plano, se prefirió el error por subestimación y tratar de mantenerlo constante, homogenizando las condiciones en las que se hizo la estimación.

En las primeras salidas del estudio, también se probaron otros métodos, utilizados a la salida de los murciélagos, que fueron: conteos a intervalos de tiempo y con duración predeterminados; conteo de ejemplares durante un periodo determinado y fijo y extrapolación al tiempo total de salida; se probó también el conteo de ejemplares por medio de fotografías del área de la cueva llamada "La Olla". Se seleccionó el método de la estimación del área cubierta sobre los otros, pues la entrada de la cueva es muy amplia, lo que dificulta y hace menos confiable la enumeración, por otro lado, el techo del refugio es muy alto en el sitio de percha de los murciélagos (La Olla), y no fue posible obtener fotografías con la definición adecuada y lo suficientemente claras para estimar la cantidad de los animales presentes. La estimación de la cantidad de murciélagos por m^2 cuadrado fue realizada mediante el uso de una caja de madera en que se mantenía a los murciélagos antes de ser revisados. Una muestra de la población se mantenía por un tiempo dentro de la caja, de manera que los animales se distribuían de manera agregada y a veces se amontonaban unos sobre otros, utilizando espacios que fue posible medir, y proponer una cantidad de ejemplares por m^2 .

En cada ocasión, se registraron datos de la edad, sexo y estado reproductivo de una muestra de la población tomada al azar, procurando que fuera de alrededor de 200 ejemplares; sin embargo la muestra varió entre 30 y 400 ejemplares de acuerdo al número presente en la cueva, sobre todo cuando el tamaño del grupo poblacional era pequeño. En el trabajo participaron, en promedio, cuatro personas en cada ocasión, con mínimo de dos y un máximo de siete.

La edad aproximada de los murciélagos se determinó en el campo mediante el examen de la osificación del disco interfalangeal de las alas, que junto con la coloración, permitió definir tres categorías de edad (modificado de Anthony, 1988). Este método se usó por ser de fácil aplicación en el campo, al tiempo que los resultados obtenidos son confiables para asignar a los ejemplares categorías de edad arbitrarias: Adulto (A).- Disco interfalangeal completamente osificado y coloración pardo con tintes rojizos, tamaño grande. Subadulto (SA).- El disco interfalangeal no se encuentra completamente osificado, de manera que aún se aprecia relativamente grueso y translucido, coloración pardo grisácea con tintes rojizos, tamaño prácticamente igual al del adulto. Juvenil (J).-

Disco interfalangeal poco osificado o cartilaginoso, coloración grisácea o negruzca, tamaño promedio menor que otras categorías.

Los datos de sexo y estado reproductivo de los ejemplares, se asignaron siguiendo el criterio de Racey (1988) y se relacionaron con las edades, obteniendo las siguientes categorías: **Machos (adultos, subadultos y juveniles)**.- Testículos Escrotados (TE).- Ejemplares con los testículos muy desarrollados, turgentes, en posición cercana y lateral al pene, de esta condición quedan excluidos los juveniles, que nunca están escrotados. Testículos Inguinales (TI).- Presentan éstos en posición anterior y lateral al pene, poco turgentes. Testículos abdominales (TA).- Cuando no es posible la observación externa de los testículos pues se encuentran dentro de la cavidad abdominal. **Hembras (adultas, subadultas y juveniles)**. Inactiva (I).- Las que no presentaron signos de reproducción activa como lactancia o preñez y tienen la vulva intacta al examen externo. Receptiva (R).- Sin signos externos de reproducción activa, pero con la vulva inflamada, semiabierta y en ocasiones con secreción líquida. Posiblemente preñada (PP).- Con signos de reproducción activa como pezones inflamados y un ligero crecimiento ventral que denota la posible presencia de fetos. Preñada (P).- Hembras con pezones inflamados y sin pelo en las zonas aledañas a éstos, con crecimiento ventral y al análisis por palpación, se detectaron claramente embriones en diferentes estados de desarrollo. Lactante (L).- Notable desarrollo de los pezones, que lucen irritados y con una zona desnuda de pelo alrededor de ellos, en ocasiones liberan leche a la presión con los dedos. Las condiciones de posiblemente preñada, preñada y lactante no se aplicaron a las hembras juveniles.

La proporción de sexos se obtuvo relacionando el número de machos y hembras presentes en la muestra revisada por salida y se expresa como un macho respecto al número proporcional de hembras. Cada salida de 1997 y principios de 1998 se obtuvieron los aparatos reproductores de cuatro ejemplares, dos hembras y dos machos que se preservaron en formol fosfato, posteriormente fueron procesados con técnicas histológicas en el Laboratorio de Embriología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N. para la determinación del ciclo reproductivo, lo que constituyó el trabajo de tesis de licenciatura de la Bióloga Rocio Cruz García, participante en el estudio.

Tratando de seguir los movimientos de los murciélagos, se llevó a cabo el marcaje de una parte de la población, por medio de collares fabricados exprofeso, los cuales portan el mismo código de colores que ha sido usado por otros investigadores de diferentes instituciones de México (Amin y Medellín, 1994).

La clave está formada por chaquiras de diferentes colores, ensartadas en un alambre con recubrimiento plástico, el collar tiene muy poco peso y no se observó que causara molestias al animal, los que pudieron volar perfectamente en todos los casos, tomando esto como comprobación de inocuidad, aunque no se tuvieron recapturas que permitieran hacer un seguimiento de mayor plazo. Con el marcaje, se pretendía la individualización y monitoreo de los ejemplares, saber donde y cuando fue

aplicada la marca, condiciones físicas, categoría de edad asignada a cada ejemplar, edad, sexo y estado reproductivo en el momento de la captura, posibilitando el seguimiento en caso de obtener recapturas.

A lo largo del trabajo, se tomaron muestras de ectoparásitos de los murciélagos, los que fueron colocados en una solución de formalina al 10 % para su posterior identificación por especialistas. También se recogieron alas de lepidóptero casi completas de entre el guano acumulado bajo "La Olla", que es el lugar donde se reúne la mayoría de los murciélagos durante su estancia en el refugio, las alas se mantuvieron secas hasta su estudio, sin una preparación particular.

Con el fin de registrar alteraciones en la región inmediatamente aledaña y en el interior de la cueva, se obtuvieron datos de los cambios ocasionales en la vegetación, como poda o destrucción total de la misma en áreas cercanas al refugio. Asimismo se tomaron datos sobre la extracción de material en los alrededores de la cueva, como rocas y troncos usados para construcción. El registro de las visitas de turistas o gente del lugar, se realizó cada salida usando una "trampa de huellas", mediante la revisión del terreno formado por tierra suelta a la entrada de la cueva, lo que arrojó datos no solo de visitas humanas sino también de animales. También se recorrió la cueva en su totalidad haciendo énfasis en la zona bajo los murciélagos, a fin de consignar disturbio humano en el interior, incluyendo la extracción de guano.

Cada dos años, se extrae guano, sin utilizar luz artificial de ningún tipo, los recolectores trabajan solo de día utilizando la luz del sol que por la mañana se refleja hasta la parte mas alta de la cueva y dejan de trabajar en cuanto esta fuente luminosa deja de ser útil. Por lo anterior la extracción en esta cueva se consideró de muy bajo impacto y no fue usada en la evaluación de disturbio humano.

El grado de disturbio se clasificó como: Nulo.- Cuando no existió cambio antropogénico aparente en las condiciones registradas en la salida anterior. Leve.- Cuando los cambios involucraron sólo una parte de la cueva o sus alrededores y sin modificación de la vegetación o rocas aledañas. Medio.- Cuando la modificación de la vegetación y rocas aledañas a la cueva fue evidente involucrando la zona de la cueva y sus alrededores. Intenso.- Si el disturbio incluyó además de lo considerado anteriormente, alteraciones directas a los animales o al medio interno de la cueva más cercano al sitio de percha. Esto fue determinado en cada visita.

La temperatura y humedad se midieron en lo posible siempre a la misma hora (9:00 horas), a la entrada de la cueva y bajo "La Olla", donde se congregan los murciélagos, por medio de un higrómetro con termómetros de bulbo húmedo y seco.

En las gráficas y figuras, las abreviaturas usadas son las mencionadas arriba, con ligeras variaciones que se indican cuando es el caso. Las pruebas estadísticas aplicadas se llevaron a cabo con el programa Systat 8.0 para Windows.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ÁLVAREZ, T y F. DE LA CHICA. 1974. Zoogeografía de los Vertebrados de México. pp 219-232 in El Escenario geográfico. Recursos Naturales. Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1-335.
- ÁLVAREZ, T. y O. J. POLACO, 1980. Nuevos registros de murciélagos para el estado de Hidalgo, México. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, 23:135-143.
- AMIN M. A. y R. A. MEDELLÍN. 1994. A new method of marking bats. Bat Research News, 35:9.
- ANTHONY, E. L. P., 1988. Age determination in bats. 47-58 pp., in Ecological and behavioral methods for the study of bats. Smithsonian Institution. xxii + 1-533.
- BAER, G. M. y G. M. HOLGUIN. 1971. Breeding Mexican Freetail Bats in Captivity. The American Midland Naturalist. 85(2):515-517.
- BLACK, H. L. 1974. A north temperate bat community: structure and prey populations. Journal of Mammalogy, 55(1):138-157.
- CAGLE, F. R. 1950. A Texas colony of bats, Tadarida mexicana. Journal of Mammalogy, 31(4):400-402.
- COCKRUM, E. L. 1969. Migration in the guano bat, Tadarida brasiliensis. Miscellaneous Publications, Museum of Natural History, University of Kansas, 51:303-336.
- CONSTANTINE, D. G. 1952. A program for maintaining the free-tail bat in captivity. Journal of Mammalogy, 33:395-397.
- CONSTANTINE, D. G. 1967. Activity Patterns of the Mexican free-tailed bat. University of New México Publications in Biology, (7):79pp.
- DAVIS, R., C. HERREID II y H. SHORT. 1962. Mexican free-tailed bats in Texas. Ecological Monographs., 32(4):311-346.
- FRENCH, B. y A. LOLLAR. 1998. Observations on the reproductive behavior of captive Tadarida brasiliensis mexicana (Chiroptera: Molossidae). The Southwestern Naturalist. 43(4):484-490.
- FREEMAN, W. P. 1981. Correspondence of food habits and morphology in insectivorous bats. Journal of Mammalogy, 62(1):166-173.
- GELFAND, D. L. y G. F. McCracken. 1986. Individual variation in the isolation calls of Mexican free-tailed bat pups (Tadarida brasiliensis mexicana). Animal Behavior, 34:1078-1086.
- GUSTIN, M. K. y G. F. McCracken. 1987. Scent recognition between females and pups in the bat Tadarida brasiliensis mexicana. Animal Behavior, 35:13-19.
- HALL, E. R. 1981. The Mammals of North America. John Wiley and Sons, Vol. 1:1-600+90, vol 2:601-1181+90.
- HERREID, C. F., II, y R. B. DAVIS. 1966. Flight patterns of bats. Journal of Mammalogy, 47:78-86.
- HOWELL, A. B. 1920. Some California experiences with bat roosts. Journal of Mammalogy, 1:169-176.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1992. Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo. iii+1-134.

- KRUTZSCH, P. H., T. H. FLEMING y E. G. CRICHTON. 2002. Reproductive Biology of male mexican free-tailed bats (Tadarida brasiliensis mexicana). *Journal of Mammalogy*, 83(2):489-500.
- KUNZ, T. H. 1973. Resource utilization: Temporal and spatial components of bat activity in Central Iowa. *Journal of Mammalogy*, 54(1):14-32.
- KUNZ, T. H. 1982. *Ecology of Bats*. Plenum Publishing Corporation. New York, xviii+1-425.
- KUNZ, T. H. y S. K. ROBSON. 1995. Postnatal growth and development in the mexican free-tailed bat (Tadarida brasiliensis mexicana): birth size, growth rates and age stimation. *Journal of Mammalogy*, 76(4):769-783.
- KUNZ, T. H. y J. O. WHITAKER, Jr. 1983. An evaluation of fecal analysis for determining food habits of insectivorous bats. *Canadian Journal of Zoology*, 61:1317-1321.
- McCRACKEN, G. F. 1984. Comunal Nursing in Mexican Free-Tailed Bat Maternity Colonies. *Science*, 223:1090-1091.
- McCRACKEN, G. F. 1987. Why are losing our mexican free-tailed bats?. *Endangered species. Technical Bulletin Reprint. The University of Michigan*. 4(4):1-3.
- McCRACKEN, G. F. 1996. Bats aloft, a study of high altitude feeding. *Bats*. 14(3):7-10.
- McCRACKEN, G. F. y M. F. GASSEL. 1997. Genetic structure in migratory and nonmigratory populations of brazilian free-tailed bats. *Journal of Mammalogy*, 78(2):348-357.
- McCRACKEN, G. F., M. K. McCRACKEN y T. VAWTER. 1994. Genetic structure in migratory populations of the bat Tadarida brasiliensis mexicana. *Journal of Mammalogy*, 75(2):500-514.
- PAGELS, J. F. y C. JONES. 1974. Growth and development of the free-tailed bat, Tadarida brasiliensis cynocephala. *The Southwestern Naturalist*, 19:267-276.
- POLACO, O. J., J. ARROYO-CABRALES y J. K. JONES, JR. 1992. Noteworthy records of some bats from México. *Texas Journal of Science*, 44(3):331-338.
- RACEY, P. A. 1988. Reproductive assessment in bats, 31-45 pp., in *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution. xxii + 1-533.
- ROSS, A. 1961. Notes on food habits of bats. *Journal of Mammalogy*. 42(1):66-71.
- ROSS, A. 1967. Ecological aspects of the food habits of insectivorous bats. *Proceedings of the Western Foundation of Vertebrate Zoology*, 1(4):205-263.
- SHORT, H. L. 1961. Growth and development of the mexican free-tailed bat. *The Southwestern Naturalist*, 6:156-163.
- SPENRATH, C. A. y R. K. LAVAL. 1974. An Ecological Study of a Resident Population of Tadarida brasiliensis in eastern Texas. *Occasional Papers. The Museum Texas Tech University*. 21:1-14.
- STUDIER, E. H. y T. H. KUNZ. 1995. Nitrogen and mineral accretion in suckling bats, Tadarida brasiliensis and Myotis velifer. *Journal of Mammalogy*. 76(1):32-42.

- THOMAS, D. W., y R. K. LA VAL. 1988. Survey and Census Methods. 77-89 in Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats. Thomas H. Kunz, Ed. Smithsonian Institution Press. i-xxii+1-533.
- TWENTE, J. W. 1955. Some aspects of habitat selection and other behavior of cavern-dwelling bats. Ecology, 36:706-732.
- VAUGHAN, T. A. 1966. Morphology and flight characteristics of molossid bats. Journal of Mammalogy, 47(2):249-260.
- VILLA-R. B. 1956. *Tadarida brasiliensis mexicana* (Saussure). el murciélago guanero es una especie migratoria. Acta Zoológica Mexicana. 1(11):1-11.
- VILLA-R., B., y E. L. COCKRUM. 1962. Migration in the guano bat, *Tadarida brasiliensis*. Journal of Mammalogy. 43(1):43-64.
- WHITAKER, J. O., C. NEEFUS y T. H. KUNZ. 1996. Dietary variation in the mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis mexicana*), Journal of Mammalogy, 77(3):716-724.
- WILKINS, K. T., 1989. *Tadarida brasiliensis*. Mammalian Species. 331:1-10.
- WILSON, D. E. 1997. Bats in Question: The Smithsonian Answer Book. Smithsonian Institution Press. Washington. xvi+1-168.

Reconocimientos.

El presente estudio se realizó gracias al apoyo del "Proyecto para la Conservación de los Murciélagos Migratorios" (PCMM), financiado por El Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, por el CONACYT y por el U. S. Fish and Wildlife Service, y por el proyecto "Biología de *Tadarida brasiliensis mexicana*", financiado por la CEGEPI del Instituto Politécnico Nacional y fue desarrollado en el Laboratorio de Cordados Terrestres, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del I. P. N. Las alas de lepidópteros y los ectoparásitos fueron identificados por el M. en C. Antonio Oviedo del Departamento de Zoología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N.



Figura 1. Localización de la cueva "El Salitre" Metztitlán, Hidalgo.

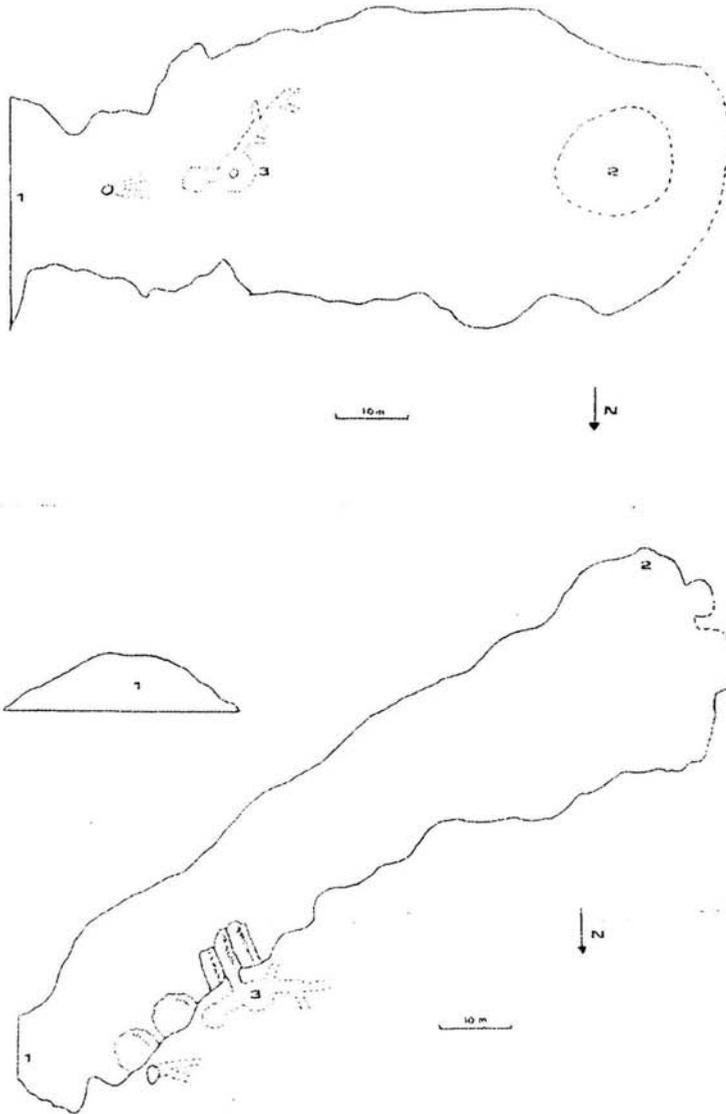


Figura 2. Cueva "El Salitre". Se muestra un plano en vista superior y el corte. (1) Entrada, (2) "La Olla", (3) Túneles excavados artificialmente.

CAPITULO II

OBSERVACIONES SOBRE LOS MOVIMIENTOS Y COMPORTAMIENTO DE Tadarida brasiliensis mexicana EN LA CUEVA DEL SALITRE, METZTITLAN, HIDALGO.

INTRODUCCIÓN.

Uno de los fenómenos mas importantes en la biología de las poblaciones animales son sus movimientos, éstos pueden ser de diferentes tipos y alcances incluyendo los que han sido llamados migraciones. Se acepta que dichas migraciones tienen una fuerte relación con la reproducción y la alimentación de las especies. Los murciélagos, igual que otros mamíferos, llevan a cabo movimientos con la finalidad de satisfacer sus requerimientos biológicos como alimentación y reproducción, así como los ambientales, temperatura, humedad, necesidades de espacio, etc. En zonas con climas muy fríos, los murciélagos enfrentan problemas debidos a las bajas temperaturas, las que a su vez afectan la disponibilidad de alimento y el tamaño de la población; en climas templados o cálidos los principales factores que influyen en el tamaño poblacional son la disponibilidad de alimento y la reproducción.

Las adaptaciones que presentan los quirópteros en climas fríos, consisten ya sea en la hibernación o en la migración (Kunz, 1982); en climas templados o cálidos las soluciones involucran migración solamente en algunas de las poblaciones, en esos casos las migraciones se encuentran mas relacionadas a factores como el régimen de lluvias, el cual afecta por último a la disponibilidad de alimento.

Las migraciones representan un problema complicado de estudio y no existe una definición que sea universalmente aceptada. Las definiciones de migración han involucrado principalmente las distancias que recorren los organismos; que los movimientos sean de ida y vuelta, e incluso el modo de transporte que en algunos casos puede ser pasivo. En la década de 1960, se empezaron a integrar al estudio de las migraciones, conceptos de fisiología y de comportamiento (Baker, 1980; Dingle, 1996, Kennedy, 1985).

En ese contexto, algunos autores consideran que no hay diferencia entre movimientos (por ejemplo de tipo altitudinal) y migraciones, siendo ambos el mismo fenómeno, de manera que las migraciones son un aspecto del comportamiento exploratorio. Por ello, Baker (1980) define migración como el movimiento de un hábitat a otro, basado en dicho comportamiento.

Según otra corriente de pensamiento, la migración es un proceso ecológico y debe ser definido en ese contexto tanto como en el evolutivo, como parte de la historia de vida de las especies, de manera que migración es la redistribución de la población por medio del movimiento, sea este controlado o no por el animal a través de algún tipo particular de comportamiento (Kennedy, 1985; Taylor y Taylor, 1983). Actualmente se reconoce que este proceso, como parte de la historia de vida, involucra los "intercambios" entre el costo del movimiento y la eficiencia en la reproducción.

Basado en las causas del proceso mas que en el resultado, Dingle (1996) ha propuesto una clasificación del movimiento, considerando que los movimientos pueden ser agrupados por tipos, de modo que distingue aquellos que se usan para buscar recursos alimentarios, llamados en conjunto "forrajeo" (*foraging*), y los de exploración de un área en busca de un hábitat conveniente (*ranging*), estos movimientos cesan cuando se encuentra el hábitat o alimento apropiado; dicho autor separa esos movimientos de los migratorios propiamente dichos.

La diferencia entre las migraciones y los movimientos de otros tipos, consiste en que los individuos que migran no responden a estímulos del medio (como alimento o refugio) mientras se encuentran en el comportamiento migratorio, esto es, inhiben o suprimen las respuestas fisiológicas a dichos estímulos; en cambio, los tipos de movimiento no considerados migraciones son originados por un estímulo, como los mencionados, y cesan al encontrar la causa que originó el movimiento (Dingle, 1996).

De acuerdo a lo anterior, la distancia recorrida en un movimiento no es un criterio que defina si es migratorio o no, tampoco que sea de ida y vuelta, sino que las características definitorias principales de uno migratorio propiamente dicho, incluyen: persistencia de un hábitat a otro: generalmente directo, con pocas desviaciones; involucrando sistemas de navegación y orientación complejos; sin distracciones provocadas por la presencia de recursos que en otras circunstancias lo detendrían; se presentan patrones de actividad y comportamientos distintivos al partir o arribar; y, la energía se reasigna para mantener el movimiento (Dingle, 1996).

La definición dada por Kennedy (1985) es apropiada al considerar varios de los criterios arriba expuestos: "El comportamiento migratorio es un movimiento persistente, directo, efectuado por los medios locomotores propios del animal o por su activa embarcación en un vehículo. Depende de la inhibición temporal de respuestas de abastecimiento, pero promueve su eventual desinhibición y recurrencia"

Otra definición basada en la anterior, menciona la relación del movimiento con los procesos reproductivos de los animales (Téllez-Zenteno, 2001): "La migración es un comportamiento altamente especializado, caracterizado por el movimiento persistente y absoluto efectuado por el

trabajo locomotor de un animal, que lo lleva fuera de su hábitat original a otro nuevo, con la finalidad de asegurar la reproducción en el lugar y tiempo adecuados, mediante la explotación de los diferentes hábitat estacionales por sus diferentes estados ontogenéticos”.

Ambas definiciones engloban varios de los criterios expuestos por Dingle (1996) quien además incluye movimientos pasivos, siendo ésta la adición que se haría a la definición de Téllez-Zenteno (2001). Por tanto, la definición usada en esta contribución, seguirá los criterios de las dos anteriores: migración es un comportamiento altamente especializado, es un movimiento persistente, absoluto, que depende de la inhibición temporal de las respuestas de abastecimiento, efectuado por los medios locomotores del animal o por su embarcación activa en un vehículo que lo lleva fuera de su hábitat original a otro nuevo con la finalidad de asegurar la reproducción en el lugar y temporalidad adecuados, explotando los diferentes hábitats estacionales por sus diferentes estados ontogenéticos.

Para considerar como migratoria a una población, se seguirán aquí los criterios mencionados. El murciélago guanero, T. b. mexicana ha sido reconocido hasta la fecha como migratorio, tomando como base los registros de la bibliografía (Cockrum, 1969; Constantine, 1967; McCracken y Gassel, 1997; Reid, 1997; Villa-R., 1956), así, en primera instancia estos animales serán considerados como migratorios aquí.

Algunas poblaciones de mamíferos tienen una amplia distribución, como el murciélago guanero (T. brasiliensis), que se encuentra desde el centro de los Estados Unidos de América (EUA) hasta Sudamérica (Hall 1981; Wilkins, 1989). Esto generalmente implica la ocupación de diferentes hábitats a lo largo de su distribución, algunos de estos suelen estar fragmentados, de manera que es frecuente encontrar poblaciones pequeñas y relativamente aisladas con una distribución más restringida las cuales pueden o no tener intercambio por medio de movimientos.

Entre las diferentes poblaciones que integran una especie con distribución tan amplia como la de T. brasiliensis, necesariamente se tienen interrelaciones que mantienen cierto flujo génico, en el que son de importancia primordial los movimientos de corto alcance y las migraciones (sensu Dingle, 1996). Por lo anterior, en las poblaciones de este tipo es posible encontrar variación en pautas de comportamiento, estacionalidad de los ciclos reproductivos, etc.

ANTECEDENTES.

Los tres parámetros principales que afectan el desarrollo de una población, y por lo tanto, el tamaño poblacional y su densidad en un sitio y tiempo dados son la natalidad, la mortalidad y las migraciones (Gaisler, 1979). De los anteriores, uno de los que ha sido investigado en los murciélagos más que en cualquier otro grupo de mamíferos es el de las migraciones, estas se

han estudiado con mayor detalle a partir de la década de 1930, cuando se marcaron de manera masiva algunas poblaciones de quirópteros, sobre todo en Europa y Norteamérica, usando principalmente anillos en las patas y bandas en el antebrazo o las orejas (Gaisler, 1979; Griffin, 1945). Entre 1952 y 1967, Cockrum y un equipo de la Universidad de Arizona marcaron 162,892 ejemplares del murciélago guanero (*T. b. mexicana*) en Arizona y regiones cercanas (Cockrum, 1969).

Por otro lado, basados en datos de individuos obtenidos del campo y que se mantuvieron en cautiverio, French y Lollar (1998) propusieron que la mayoría de los murciélagos guaneros que hibernan son machos. Sus datos indican que los tamaños de las poblaciones en libertad que estudiaron fluctúan en octubre, y para diciembre, la mayoría de los individuos han migrado.

Aunque desde hace mucho tiempo se sabe de la existencia de las migraciones de murciélagos, todavía falta bastante por conocer sobre rutas de migración de las especies de América y esto es especialmente cierto acerca de las de México. Una de las más estudiadas y de las que se han marcado mayor número de ejemplares es *T. brasiliensis*, en la que por medio de marcaje y recaptura, se comprobó que integrantes de la población que se refugia en las cavernas de Carlsbad, New Mexico, realizan el viaje desde EUA, hasta Soyatlán del Oro en Jalisco, México, cubriendo una distancia de más de 1340 km (Villa-R., 1956).

Así, entre las poblaciones del murciélago guanero (*T. brasiliensis*) se pueden encontrar indistintamente migratorias o residentes; por ejemplo, en las cavernas de Carlsbad, EUA, se sabe que existen tres poblaciones, una residente, una que migra distancias cortas y otra que migra distancias largas (Cockrum, 1969; Constantine, 1967; Villa-R., 1956; Villa-R y Cockrum, 1962).

A partir de datos de marcaje y recaptura, Cockrum (1969) propuso que en el oeste de los EUA existen al menos cuatro grupos de poblaciones de *T. b. mexicana*, que tienen diferencias en comportamiento y parecían genéticamente diferentes. Una sería residente de California y el sur de Oregon; otra del oeste de Arizona, sur de Nevada y sur de California, la que probablemente migra sólo pequeñas distancias hacia el sur a Baja California, México y al oeste a los valles bajos de California. Los otros dos grupos serían migratorios y viajan largas distancias, uno de ellos habita el centro y el este de Arizona así como New Mexico y parece tener una ruta a través de Sinaloa y Sonora por el lado oeste de la Sierra Madre Occidental. El último grupo habita en el este de New Mexico, oeste de Kansas, Nebraska, Texas y las partes adyacentes de México, se considera que migran hacia el sur a través de los estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí y al parecer recorren ambos lados de la Sierra Madre Oriental hacia el sur.

Al respecto, Cockrum (1969) y posteriormente McCracken y Gassel (1997), consideran que existen tres posibles rutas de migración del murciélago guanero, las cuales van del sur de los EUA hasta, al menos, el centro de México.

Estudiando una población del murciélago guanero en Texas, Spenrath y Laval (1974) determinaron mediante bandado de ejemplares, que una parte de los individuos presentan periodos diferenciados de migración, debidos a sexo y edad, mientras otros permanecen durante el invierno.

Los principales factores que causan los movimientos del murciélago guanero, están relacionados con la reproducción y con la disponibilidad de su alimento, constituido por insectos voladores. Según Constantine (1967) y Villa-R. (1956), al menos las poblaciones norteñas de T. b. mexicana de México, pasan la mayor parte del año en el sur de los EUA y migran en invierno para aparearse en México, regresando en los meses de primavera y verano a parir en refugios del norte del continente.

Algunas poblaciones del murciélago guanero son el mejor ejemplo de un migrante estacional que se congrega para dar a luz. (Baker, 1980; Constantine, 1967; Villa-R., 1956) en el que las hembras de la especie viajan cerca de 1.500 km desde el norte de México al sur de los EUA donde nacen las crías. Sin embargo, se ha registrado que no todos los murciélagos guaneros tienen el mismo comportamiento, ya que mientras una parte migra, otra porción importante de la población permanece en México, siempre y cuando tenga suficiente comida y clima benigno; en ese caso las madres raramente migran muy lejos de los refugios de crianza. Los machos en su mayor parte permanecen en el verano en México (Baker, 1980).

Los datos encontrados para la cueva "El Salitre" indican que T. b. mexicana ha sido considerada como especie migratoria que utiliza la cueva como refugio temporal. Alvarez y Polaco (1980) registraron la presencia de individuos en ese refugio en junio y reportaron su ausencia en septiembre.

Con relación a horarios de actividad, los murciélagos guaneros inician su periodo de actividad diurna en el crepúsculo y la mayor parte de la misma es nocturna, tienen vuelo recto y rápido, poco maniobrable, forrajean alto en el aire y muy lejos de la vegetación (McCracken, 1996). En su morfología, presentan adaptaciones alares y esqueléticas al vuelo rápido y recto, al tiempo que han retenido características para una eficiente locomoción terrestre (Ross, 1961, 1967; Vaughan, 1966). De acuerdo a Canals et al. (2001), alcanzan velocidades de hasta 11.3 m s^{-1} (40.68 km/h) en la actividad de forrajeo.

Acerca de la forma de abandonar las cuevas, se han descrito dos tipos de comportamiento de vuelo para salir de los refugios, uno difuso, con poca integridad de grupo, que ocurre después

del ocaso; y otro en el que se menciona que en refugios que contienen muchos individuos, éstos salen rápidamente formando una columna serpenteante que se extiende por varios kilómetros; este tipo de salida se presenta poco antes de oscurecer; en ese contexto se considera que ambos comportamientos corresponden a una misma población en diferentes condiciones, la primera cuando existen relativamente pocos ejemplares en el refugio y la segunda cuando la cantidad de murciélagos es muy grande (Herreid y Davis, 1966). No se tiene información acerca de si las condiciones de hacinamiento en la salida pudieran influir en el comportamiento mencionado.

En la presente contribución se exponen resultados del estudio realizado en la cueva "El Salitre", en Metztitlán, Hidalgo, desde 1997 hasta 1999, en que se registraron las fluctuaciones del tamaño de la población a lo largo del año, el comportamiento a la hora de la salida y su relación con los movimientos de la especie.

OBJETIVOS.

A) A partir de los datos y observaciones sobre el comportamiento al salir de la cueva, datos sobre actividad y reproducción en El Salitre, por parte de T. b. mexicana, se intentará inferir si ese grupo realiza movimientos de tipo migración o movimientos de corto alcance y si se encuentra un solo grupo poblacional ocupando el refugio durante el año

B) Por medio de los datos publicados sobre características de las cuevas ocupadas por los murciélagos guaneros, y de los resultados obtenidos de este estudio se determinará si existen características comunes en las condiciones topográficas, ambientales y de espacio en esos refugios.

Para cumplir los objetivos, se analizan las posibles alternativas: La población presente realiza movimientos de largo alcance (sensu Dingle, 1996), y periódicamente abandona por completo la cueva. o La población lleva a cabo movimientos mas cortos en el centro de México y no abandona completamente la cueva. Otra posibilidad, consiste en: Los individuos estudiados en la cueva pertenecen a un solo grupo poblacional. o Los ejemplares que usan la cueva pertenecen al menos a dos grupos poblacionales diferentes. Y: existen características de los refugios que son comunes a varias cuevas que albergan poblaciones grandes de T. b. mexicana, o: no existen características comunes a los refugios que albergan poblaciones grandes de T. b. mexicana.

METODOLOGÍA.

Para cumplir los objetivos propuestos y analizar las hipótesis planteadas, se realizaron durante 1997, 1998, 1999 y 2000, 29 visitas a la cueva "El Salitre", Metztitlán, Hidalgo, con periodicidad aproximada de una salida por mes y tratando de cubrir ciclos anuales (Tabla 1).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	11	22	28 y 29	19 y 20	24 y 25	28 y 29	26 y 27		6 y 7	4 y 5	1 y 2	5 y 6
1998	10 y 11	14 y 15	14 y 15	18 y 19		13 y 14	22 y 23			10 y 11	7 y 8	
							29 y 30					
1999	30 y 31	27 y 28	6 y 7		29 y 30		19 y 20	14 y 15	11 y 12			
			27 y 28									
2000	29 y 30											

Tabla 1.- Fechas de las visitas a la cueva El Salitre, Metztlán, Hidalgo

Para la captura de los murciélagos, en cada salida se colocaron dos redes de seda, una al lado de la otra, de 15 y de 10 metros, cubriendo parte de la entrada de la cueva, (para un total de 25 metros de red por salida), las que se mantuvieron en posición durante seis horas en promedio cada vez, con la finalidad de capturar una muestra de la población, registrando su actividad y movimientos diarios, detectando periodos de alimentación, horarios de actividad, épocas de ocupación de la cueva por parte de cada sexo y estado reproductivo por observación de la morfología externa de los ejemplares.

En cada salida se llevaron a cabo observaciones sobre el comportamiento durante el vuelo que realizan al salir de la cueva para forrajear. Con la finalidad de estimar la cantidad de alimento ingerido, se pesaron los ejemplares capturados en la primera parte de la noche, antes de ser mantenidos en cautiverio durante siete horas en promedio, y se pesaron de nuevo al ser liberados y después de haber defecado. En un intento por seguir los movimientos de los murciélagos ganeros hacia otros refugios, se marcaron ejemplares, por medio de collares fabricados expreso en el Instituto Politécnico Nacional, los cuales portan el mismo código de colores usado en otros estudios realizados en el mismo I. P. N., en la Universidad Nacional Autónoma de México y en otras instituciones mexicanas.

La clave se formó con colores, usando chaquiras pequeñas ensartadas en un alambre muy delgado, de manera que el collar tiene muy poco peso y no se observó que causara molestias al

animal. Con eso se logró la individualización de los ejemplares y se esperaba lograr el monitoreo de sus movimientos, saber donde y cuando fue aplicada la marca; en el momento de cada captura registrar las condiciones físicas, categoría de edad asignada a cada ejemplar, sexo y estado reproductivo, posibilitando hacer el seguimiento en caso de obtener recapturas. Se marcaron 590 ejemplares, los cuales al integrarse a una población que suma cerca de un millón de murciélagos en las épocas de mayor abundancia poblacional, resultaron poco representativos, después del estudio, se consideró que el número de marcas en uso fue demasiado bajo, causando que no se logaran recapturas.

Además, se llevó a cabo el estudio del ciclo reproductivo de los ejemplares de la especie en la cueva, determinando las épocas de cópula, preñez y nacimientos, lo que proporcionó datos sobre la posibilidad de movimientos de la población relacionado al grado de desarrollo de los embriones.

Área de estudio. - Cueva "El Salitre" y sus alrededores, la cual se encuentra en la cañada de Metztlán dentro de la Provincia Biótica Sierra Madre Oriental propuesta por Alvarez y De la Chica (1974) y dentro de la subprovincia del Carso Huasteco (INEGI, 1992). El fondo de la cañada llamado "La Vega" por los lugareños, sostiene vegetación de tipo tropical subperennifolio; en las paredes de la barranca y afuera de ella, hay mezquital, matorral desértico rosetófilo con fisonomía de subinerme y crasirosulifolio, además del crasicuale (INEGI, 1992); en las partes más altas, hay bosque de pino o encino-pino, ocupando el extremo noroeste (Alvarez y Polaco, 1980).

Por sus características, se considera que la cañada puede funcionar como corredor para los movimientos y distribución de diversas especies, así, en la zona se ha registrado Eumops perotis californicus (Alvarez y Polaco, 1980), cuyo registro anterior más cercano era en Acatita, Coahuila, aunque recientemente se le conoce de varios estados en el centro del país (Polaco et al., 1992); algo parecido ocurre con Dasypus novemcinctus, que se ha colectado en el lugar. Cabe esperar que también Tadarida brasiliensis mexicana use esta cañada como ruta de migración.

La cueva se encuentra sobre la ladera de un cerro que forma parte de un barranco con sustrato pedregoso y soporta vegetación de matorral xerófito subinerme. La entrada al refugio está orientada al Este, mide aproximadamente 33 metros de ancho por seis a ocho de alto, el recinto principal tiene forma alargada y una inclinación cercana a 60 grados entre el nivel más bajo y el más alto. Debajo de esta cámara existen varios túneles cuya altura no excede 1.20 m, en promedio, creados para algún tipo de minería. La parte más profunda de la cámara principal tiene el techo en forma de domo, llamada "La Olla" por los lugareños, con una altura máxima de 30 metros, este sitio tiene muchas grietas (**Figura 1**), es ahí donde se refugia el mayor número de murciélagos guaneros, los que siempre se presentan en ese sitio.

Falta página

N° 23

A partir de la diferencia de peso de los ejemplares, se registró que cada murciélago consume por noche y en promedio al menos 1.28 g. de insectos (desviación estandar 0.6), y cabe aclarar que en los ejemplares analizados se tiene únicamente el dato de una de las dos ocasiones en que salen a forrajear. El peso promedio de los murciélagos adultos capturados es de 10.6 g. por lo que los insectos consumidos por animal en cada noche, supera el 10% de su propio peso corporal.

A pesar de que no se registraron datos en cada noche de trabajo, se observó que los murciélagos salen una segunda vez a partir de aproximadamente las 01:00 a.m.; para la segunda salida no se detectó comportamiento grupal de modo que hay actividad toda la noche, con individuos volando dentro de la cueva y el regreso se efectúa poco antes de amanecer completamente, aunque en las ocasiones en que hubo gran nubosidad una buena parte de los animales regresaron ya con luz diurna, en ocasiones hasta 30 minutos después de la hora del amanecer.

El regreso a la cueva se efectúa de manera parecida a como lo describen Eads *et al.* (1957), llegan volando muy alto, bajan en picada a alta velocidad, con un característico zumbido en su descenso, cambian súbitamente de rumbo y entran a la cueva velozmente, en otros casos, abren las alas deteniendo su caída, dan de una a tres vueltas frente a la entrada de la cueva y entran con menor velocidad, aparentemente, ambas formas fueron utilizadas indistintamente.

En "El Salitre", los murciélagos se reúnen siempre en una parte del techo llamado "La Olla", que es un domo natural con múltiples huecos y grietas en la roca, los ejemplares se perchan en huecos de la pared y el techo a más de 25 metros de altura sobre el nivel del piso de la cueva, por lo que no fue posible comprobar si existe comportamiento territorial. En toda la cueva pero en especial en "La Olla" la superficie de la pared es muy rugosa, no existen obstáculos para la salida o entrada desde el punto de percha hasta la entrada de la cueva y ésta tiene mas de dos metros de altura, el área de descanso de los animales se encuentra a una distancia cercana a los 100 m de la entrada principal.

Debido a la altura donde se encuentran las grietas y huecos, no fue posible determinar si existe reparto del espacio por los murciélagos guaneros, con respecto a edad o sexo, sin embargo siempre ocupan en conjunto, la parte más alta del techo (donde se encuentra el domo), sobre sustrato rocoso, en grietas o huecos. Cuando se presentan números poblacionales muy grandes pueden ocupar otras partes aledañas, siempre en el techo del refugio.

Movimientos. Se visitaron varias cuevas adicionales en la zona, llamadas por nosotros "Jihuico", "La Curva", "La Fanta", La Cortina y "San Cristóbal" (Figura 3), buscando en ellas murciélagos guaneros, pero no fue posible recuperar ninguno de los 590 murciélagos marcados en

la de "El Salitre" desde agosto de 1998 hasta mayo de 1999. Al respecto lo único que se puede mencionar es que en las salidas de 1997 y en los primeros meses de 1998, se capturaron murciélagos que presentaban en el patagio alar, cicatrices de forma y tamaño parecido a los cortes que les quedan cuando se obtienen las muestras de ala para examen de ADN, de aproximadamente un mm. de diámetro.

En "El Salitre", se presentaron fluctuaciones en el tamaño de la población, al menos una parte se mantiene en la cueva durante todo el año, aunque con variaciones fuertes en su número. Tanto las hembras como los machos registrados durante la mayor parte del año fueron en su gran mayoría adultos (Figura 4). Los machos se encuentran presentes durante todo el año, aunque en los meses de invierno en números muy bajos; las hembras empezaron a ser muy escasas en junio y para los meses de julio a septiembre en 1997, de junio a septiembre de 1998 y de julio a septiembre de 1999, abandonaron totalmente la cueva, periodos cuando suceden los nacimientos y la primera etapa del desarrollo de las crías presumiblemente en México (Cruz-García, 2001), regresando en octubre.

DISCUSIÓN.

Está documentado en EUA que entre las poblaciones de *T. b. mexicana* se encuentran tanto de tipo residente como migratorio (Constantine, 1967; Cockrum, 1969; Villa-R, 1956; Villa-R y Cockrum, 1962), por lo que en México sería posible encontrar también ambos tipos, sobre todo bajo la premisa de que las condiciones aquí son menos extremas en cuanto a temperatura y disponibilidad estacional de alimento. En Metztlán existe una época de estiaje y una de lluvias bien marcadas pero no hay frío extremo, que ocasione escasez de recursos alimentarios y la posibilidad de migración o hibernación del total de la población, por tanto las poblaciones del centro de México pueden ser residentes y las condiciones son adecuadas para recibir poblaciones migratorias.

Se ha registrado que el número de ejemplares en el refugio influye en la forma de comportamiento del grupo al salir, siendo en columna cuando la cantidad es muy grande, (Herreid y Davis, 1966) probablemente cercanos a un millón.

Considerando que el tipo de salida en columna se observó en El Salitre solo una vez en tres años (a pesar de que cada año hubo temporadas con registros poblacionales de cerca de un millón de ejemplares), se podría pensar que no se trata de dos tipos de comportamiento en la misma población, pues por haber sido registrada una sola vez parece mayor la posibilidad de que en la ocasión mencionada, se encontraran en la cueva dos grupos de población diferentes (grupos de la misma subespecie provenientes de sitios diferentes), sin embargo, es necesario remarcar

que no se tiene ningún tipo de prueba, ni de ADN ni de observaciones de otro tipo que fueran concluyentes y permitieran confirmar la presencia de dos grupos.

En la observación referida, el tamaño de la población era cercana al millón de ejemplares y los dos tipos de comportamiento se llevaron a cabo el mismo día, con un intervalo de cerca de media hora entre ambos, se considera probable la presencia de dos poblaciones distintas ocupando el refugio en esa ocasión pues el comportamiento de salida no fue el comúnmente observado; si esto es cierto, al menos ocasionalmente existe más de un grupo de población en el sitio al mismo tiempo. En ese sentido, los datos obtenidos permitirían proponer una nueva hipótesis: La cueva puede servir como refugio a grupos poblacionales diferentes, aunque para corroborarla serán necesarias más observaciones y muestras de ADN u otro mecanismo que permita comprobar la presencia simultánea de al menos dos grupos poblacionales.

En resumen, se considera posible la existencia de al menos dos grupos poblacionales usando el refugio, uno que se mantiene en el mismo o en zonas cercanas durante todo el año y otro que aparentemente sólo fue registrado una vez, y que parece ser migratorio de acuerdo a los criterios de Dingle, (1996) y los expuestos aquí. Lo mencionado promovería el flujo genético entre grupos poblacionales migratorios y los que no lo son. Esto corrobora los resultados de Russell *et al.* (in prep.) quienes proponen que *T. b. mexicana* esta constituido por una sola población muy grande. Al respecto, en este trabajo, se denotarán los grupos que constituyen esa gran población como grupos poblacionales y ocasionalmente como poblaciones.

Con la finalidad de analizar los movimientos de manera indirecta, se usaron datos de épocas de ocupación de la cueva por los machos y las hembras, y los obtenidos sobre reproducción en ese mismo refugio. Así, las temporadas de ocupación de la cueva Eagle Creek en EUA, resultan casi coincidentes con los de El Salitre, pues la población se incrementa de abril a junio y el mayor número poblacional en ambas cuevas se presenta en junio-julio; en Eagle Creek tampoco se llevan a cabo nacimientos y los ejemplares abandonan la cueva en octubre, mientras en Hidalgo se encuentran todo el año, siendo octubre cuando las hembras regresan después de estar desde julio a septiembre en otro sitio.

En El Salitre, las hembras estuvieron en números muy bajos o se fueron todas de julio a septiembre en 1997, de junio a septiembre de 1998 y de julio a septiembre de 1999, periodos que coinciden con las temporadas en que se considera que se llevan a cabo los nacimientos y la primera etapa del desarrollo de las crías (Cruz-García, 2001). Puesto que en mayo se encontraron hembras en avanzado estado de preñez, con los embriones cercanos al nacimiento, y en octubre se hallaron ya subadultos nacidos el mismo año (y en una ocasión un juvenil), se piensa que las hembras no realizan viajes muy largos y energéticamente costosos;

además es poco probable que en estado de preñez avanzada puedan realizar viajes muy largos.

Los machos se encuentran todo el año, aunque su número varía de manera notoria y en invierno la población (machos y hembras) se encuentra muy reducida. Con base en lo anterior se puede pensar que al menos el grupo poblacional que se refugia en "El Salitre", se reproduce en la región central de México y por lo mismo se considera residente, a diferencia de lo sugerido por Alvarez y Polaco (1980) quienes no encontraron ejemplares en septiembre y, por lo tanto, sugieren que son migratorios.

El grupo poblacional de T. b. mexicana que se tuvo bajo estudio, se encuentra todo el año en la cueva "El Salitre", aunque en ocasiones en cantidades muy pequeñas, sus individuos realizan la cópula y tienen la mayor parte del desarrollo embrionario en el centro de México (Cruz-García 2001), siendo altamente probable que los nacimientos se efectúen en nuestro país, por esta razón dicha población se considera residente en la zona. Este resultado es contrario a lo esperado pues se pensaba que en diciembre, enero y febrero, los animales no estaban presentes en el centro de la República Mexicana y que solamente la cópula se llevaba a cabo en nuestro país (Glass, 1982; McCracken y Wilkinson, 2000; Villa-R. y Cockrum, 1962).

Por diferencias comportamentales en la forma de salida del refugio, podría pensarse en la existencia de al menos dos grupos poblacionales que utilizan esta cueva, uno que está todo el año y otro que al parecer transita en los meses de primavera y posiblemente en otoño o en invierno. De todo lo mencionado, se puede sugerir otra hipótesis que requeriría posterior comprobación: La población de T. b. mexicana registrada solo una vez por su salida en columna, realizaría movimientos de largo alcance, podría considerarse migratoria sensu Dingle (1996) y ocuparía el refugio como una estación en su recorrido. Sin embargo para poder evaluar esto, son necesarias pruebas y observaciones más concluyentes.

Los hábitos alimentarios observados para T. b. mexicana en la zona de Metztlán son como los descritos para ejemplares de EUA por McCracken (1996), esto es, vuelan alto y recto sobre el follaje o muy por encima del mismo atrapando a los insectos mientras vuelan a gran velocidad. Así, en Metztlán y en Quintero, Tamaulipas, los murciélagos guaneros han sido observados cazando insectos volando a gran velocidad en los claros entre la vegetación. Como adaptación al hábito alimentario descrito, se tienen además de las características del tipo de vuelo, otras en la lengua, tales como papilas córneas fuertemente queratinizadas y la presencia de un pliegue lingual (Elizalde-Arellano, 1997; Elizalde-Arellano et al., 2002) con el cual puede cerrarse el acceso a la garganta a pesar de que el animal vuela con la boca abierta capturando insectos

que eventualmente pueden obstruirla; el pliegue lingual funciona además como un sitio para anclar a los insectos mientras son masticados.

Se ha registrado que existe territorialidad en la época reproductiva de T. b. mexicana, cuando las hembras son atraídas por los machos dominantes hacia huecos en la pared, donde las mantienen por un cierto periodo (French y Lollar, 1998); lo anterior coincide con el patrón de apareamiento multihembras,- multimachos, mencionado por McCracken y Wilkinson (2000) y con la proporción de sexos en El Salitre en la época en que se alcanzan los números de población mayores y que puede ser de hasta tres hembras por macho (Figura 5). En la cueva de El Salitre, no fue posible hacer observaciones directas de este tipo, dado que los murciélagos se refugian en huecos de la pared que se encuentran a 30 m de altura sobre el nivel del piso. Puede afirmarse, sin embargo, que ocupan siempre la parte más alta de la cueva, en el sitio llamado "La Olla".

Tratando de determinar posibles preferencias en cuanto a las características del refugio que ocupan los murciélagos guaneros, se compararon datos de dos refugios en donde se encuentran poblaciones grandes de estos, la cueva de El Salitre en Hidalgo, y la Gruta de Quintero en Tamaulipas: se encontraron características comunes, la topografía del techo de ambos tiene gran parecido, los dos presentan cámaras con el techo abovedado o en forma de domo, en los que la luz no llega a pesar de estar cerca de la entrada del refugio; las paredes y el techo tienen muchos huecos y grietas a más de 30 metros de altura, donde los ejemplares se introducen, el área de percha se encuentra a una distancia de entre 50 y 100 m de la entrada principal y por la altura a que están, no es posible hacer observaciones acerca de los animales que ocupan las grietas.

En resumen, las características comunes a ambas cuevas, son: altura mínima del techo, 20-25 m; altura máxima de poco más de 30 m, gran cantidad de huecos y grietas tanto en la pared como en el techo, el área de percha está situada en una zona del refugio adonde la luz no llega. Se revisaron además en la zona de Metztlitlán otras cuevas las cuales presentaron características diferentes a las descritas y en ninguna se detectaron murciélagos guaneros.

Para murciélagos guaneros estudiados en Texas se ha registrado que los refugios que seleccionan presentan características comunes, tales como que el área ocupada por los animales es de grandes proporciones, capaz de albergar enormes números de población, las cámaras son grandes con techos en domo, cuyas medidas mínimas son de cerca de 20 m. de diámetro y 10 m de altura, a los cuales se llega por medio de túneles largos de cerca de 10m de ancho y cerca de 5 de alto (Davis et al., 1962). Tales características coinciden tanto con las de El Salitre, Metztlitlán como con las de Quintero, Tamaulipas.

Por lo anterior se considera que, al menos en las dos cuevas estudiadas, los requerimientos mencionados representan preferencias en cuanto a refugio diurno pues aunque la de Quintero es mucho más grande que la de Metztlán y tiene mayor variedad de microhábitats, el espacio usado realmente por los murciélagos guaneros es muy parecido en dimensiones y en características.

Los datos e inferencias sobre el murciélago guanero para El Salitre señalan hacia el hecho de que se trata de un conjunto muy grande de grupos poblacionales entre los que se encuentran tanto migratorios como residentes, los cuales presentan diferentes pautas de comportamiento y algunas diferencias en aspectos reproductivos sobre todo en cuanto a temporalidad, pero también tienen características comunes como preferencias de hábitat y micro hábitat en los refugios que ocupan. Tales sitios requieren ser conservados para mantener la viabilidad de la especie.

CONCLUSIONES.

Los resultados indican que pueden existir, al menos, dos grupos poblacionales que usan la cueva "El Salitre", uno que se mantendría en la misma o en zonas cercanas durante todo el año, considerado residente y otro que solo fue registrada una vez, que sólo transita en los meses de primavera y posiblemente en otoño o en invierno, considerado migratorio, al parecer, ambas pueden llevar a cabo, al menos, la cópula en El Salitre. Se presume que esos grupos poblacionales forman parte de una gran población que tiene variabilidad en comportamiento y pautas migratorias, pero una temporalidad reproductiva muy parecida.

El grupo poblacional de murciélagos guaneros que ocupan el refugio durante la mayor parte del año, se considera residente pues se encontraron hembras con embriones a punto de nacer, por lo que existe una alta probabilidad de que su reproducción se lleve a cabo en su totalidad en nuestro país de manera que realiza movimientos de corto alcance.

La otra parte de la población de I. b. mexicana, registrada sólo una vez al salir en columna, parece ocupar el refugio como una estación en su recorrido, realizando movimientos de largo alcance, y podría considerarse migratoria.

Los murciélagos guaneros se refugian en huecos y grietas que se encuentran a más de 30 m de altura sobre el nivel del piso, siempre en la parte más alta de la cueva, en el domo natural, "La Olla" cuyas características son comunes a otros refugios y se consideran preferidas.

Los murciélagos guaneros mostraron tendencia a buscar requerimientos específicos en características del refugio diurno, tanto en El Salitre, Hidalgo, como en Quintero, Tamaulipas, el tamaño grande del refugio con más de 30m de altura en promedio, forma de domo y topografía

con numerosas grietas y huecos en la zona de percha, altura de la misma a mas de 30 m y dimensiones de la entrada, mayores a 10m de ancho, aparecen como características preferidas por ellos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVAREZ, T y F. DE LA CHICA. 1974. Zoogeografía de los Vertebrados de México. pp 219-232 in El Escenario geográfico. Recursos Naturales. Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1-335.
- ALVAREZ, T. y O. J. POLACO. 1980. Nuevos registros de murciélagos para el estado de Hidalgo, México. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, 23:135-143.
- BAKER, R. 1980. The Mystery of Migration. The Viking Press, New York. 1-256.
- CANALS, M., J. IRIARTE-DIAZ, R. OLIVARES y F. NOVOA. 2001. Comparación de la morfología alar de *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) y *Myotis chiloensis* (Chiroptera: Vespertilionidae), representantes de dos diferentes patrones de vuelo. Revista Chilena de Historia Natural. 74(3):699-704.
- COCKRUM, E. L. 1969. Migration in the guano bat, *Tadarida brasiliensis*. Miscellaneous Publications, Museum of Natural History, University of Kansas, 51:303-336.
- CONSTANTINE, D. G. 1967. Activity Patterns of the Mexican free-tailed bat. University of New Mexico Publications in Biology, (7):79pp.
- CRUZ-GARCÍA, M. del R. 2001. Determinación del ciclo reproductivo de *Tadarida brasiliensis mexicana* en la cueva El Salitre, Metztlán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México. 75 pp.
- DAVIS, R., C. HERREID II y H. SHORT. 1962. Mexican free-tailed bats in Texas. Ecological Monographs., 32(4):311-346.
- DINGLE, H. 1996. Migration, The Biology of Life on the move. Oxford University Press. New York. 1-474.
- EADS, R. B., J. S. WISEMAN, y G.C. MENZIES. 1957. Observations concerning the Mexican free-tailed bat. *Tadarida mexicana* Texas Journal of Science. 9:227-242
- ELIZALDE-ARELLANO, C. 1997. Estudio Anatómico e Histológico comparado de lenguas de dos especies de murciélagos insectívoros. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México. 69pp.
- ELIZALDE-ARELLANO, C., E. URÍA-GALICIA y J. C. LOPEZ-VIDAL. 2002. Morfología Comparada de lenguas de *Tadarida brasiliensis* (L. Geoffroy St. Hilaire, 1824) y

- Balantiopteryx plicata (Peters, 1867) (Mammalia: Chiroptera). *Acta Zoológica Mexicana*, N. S. 86: 103-117.
- FRENCH, B. y A. LOLLAR. 1998. Observations on the reproductive behavior of captive Tadarida brasiliensis mexicana (Chiroptera: Molossidae). *The Southwestern Naturalist*, 43(4):484-490.
- GAISLER, J. 1979. Ecology of bats. 281-342 pp. In *Ecology of small mammals*. M. D. Stoddart (Ed.). Chapman and Hall. i-xiii+1-386.
- GLASS, B. P. 1982. Seasonal Movements of Mexican freetail bats Tadarida brasiliensis mexicana banded in the Great Plains. *The Southwestern Naturalist*, 27 (2): 127-133.
- GRIFFIN, D.R. 1945. Travels of banded cave bats. *Journal of Mammalogy*, 26:15-23.
- HALL, E. R. 1981. *The Mammals of North America*. John Wiley and Sons, Vol. 1: xv+600+1-90.
- HERREID, C. F., II, y R. B. DAVIS. 1966. Flight patterns of bats. *Journal of Mammalogy*, 47:78-86.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1992. *Síntesis Geográfica del estado de Hidalgo*. iii+1-134.
- KENNEDY, J. S., 1985. Migration, Behavioral and Ecological. In *Contributions in Marine Sciences*. Vol. 27. Published by marine Sciences Institute. The University of Texas at Austin. P. Aransas, Texas. XVII+ 1-868.
- KUNZ, T. H. 1982. *Ecology of Bats*. Plenum Publishing Corporation. New York, xviii+1-425.
- McCRACKEN, G. F. 1996. Bats aloft, a study of high altitude feeding. *Bats*, 14(3):7-10.
- McCRACKEN, G. F., y M. F. GASSEL. 1997. Genetic structure in migratory and nonmigratory populations of brazilian free-tailed bats. *Journal of Mammalogy*, 78(2):348-357.
- McCRACKEN, G. F. y G. S. WILKINSON. 2000. Bat Mating Systems. 321-362 in *Reproductive Biology of Bats*. E. G. Crichton and P. H. Krutzsch Eds. Academic Press i-x+1-510.
- POLACO, O. J., J. ARROYO-CABRALES y J. K. JONES, JR. 1992. Noteworthy records of some bats from Mexico. *Texas Journal of Science*, 44(3) 331-338.
- REID, F. A. 1997. *A field guide to the Mammals of Central America and southeast Mexico*. Oxford University Press. i-xviii+1-334.
- ROSS, A. 1961. Notes on food habits of bats. *Journal of Mammalogy*, 42(1):66-71.
- ROSS, A. 1967. Ecological aspects of the food habits of insectivorous bats. *Proceedings of the Western Foundation of Vertebrate Zoology*, 1(4):205-263.
- SPENRATH, C. A. y R. K. LAVAL. 1974. An Ecological Study of a Resident Population of Tadarida brasiliensis in eastern Texas. *Occasional Papers*. The Museum Texas Tech University. 21 1-14.

- TAYLOR, L. R. y R. A. J. TAYLOR. 1983. Insect migration as a paradigm for survival by movement Pp 181-214 In I. R. Swingland and P. J. Greenwood (eds.) The Ecology of animal movement. Clarendon Press, Oxford.
- TELLEZ-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. 1-146
- VAUGHAN, T. A. 1966. Morphology and flight characteristics of molossid bats. *Journal of Mammalogy*. 47(2):249-260.
- VILLA-R., B. 1956. Tadarida brasiliensis mexicana (Saussure), el murciélago guanero es una especie migratoria. *Acta Zoológica Mexicana*. 1(11):1-11.
- VILLA-R., B., y E. L. COCKRUM. 1962. Migration in the guano bat, Tadarida brasiliensis. *Journal of Mammalogy* 43(1):43-64.
- WILKINS, K. T. 1989. Tadarida brasiliensis. *Mammalian Species*. (331):1-3.

RESUMEN

Se analiza el comportamiento de los murciélagos guaneros (Tadarida brasiliensis mexicana) que se refugian en la cueva "El Salitre", Metztlán, Hidalgo, encontrando que la salida del refugio se realiza de dos formas, en conjunto poco ordenado y en columna. La forma de forrajeo coincide con lo registrado en la bibliografía. Las preferencias de hábitat en dos refugios analizados corresponden a cuevas altas con techo en domo y múltiples grietas, el horario de actividad es del crepúsculo al amanecer con pequeñas variantes, hay dos periodos de forrajeo por noche y en el primero se consume, en promedio, 1.28 g de insectos por individuo. Los movimientos de los murciélagos inferidos a partir de las épocas de ocupación de la cueva, de la ocupación diferencial por parte de machos y hembras en ciertas épocas del año y datos acerca de la reproducción en la zona, indican que probablemente al menos dos poblaciones ocupan la cueva a lo largo del año, una residente y otra migratoria que la ocupa en su movimiento ambas llevan a cabo al menos parte de su reproducción en el centro de México.

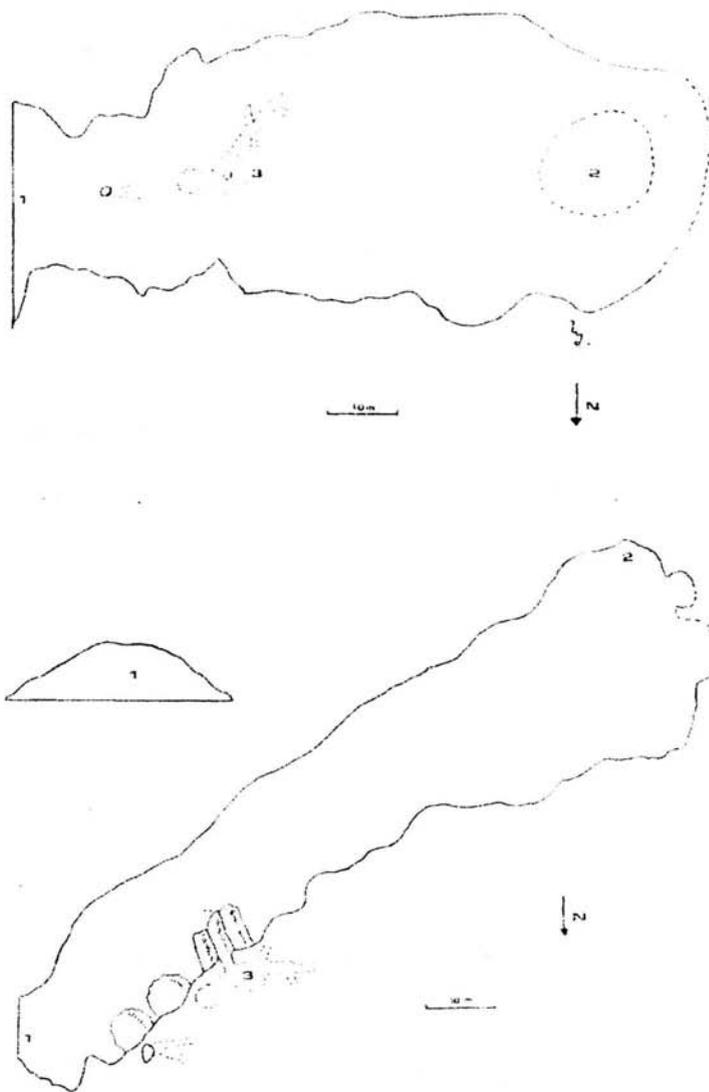


Figura 1. Cueva El Salitre, Plano y Corte, (1) Entrada, (2) La Olla, (3) Túneles excavados artificialmente.

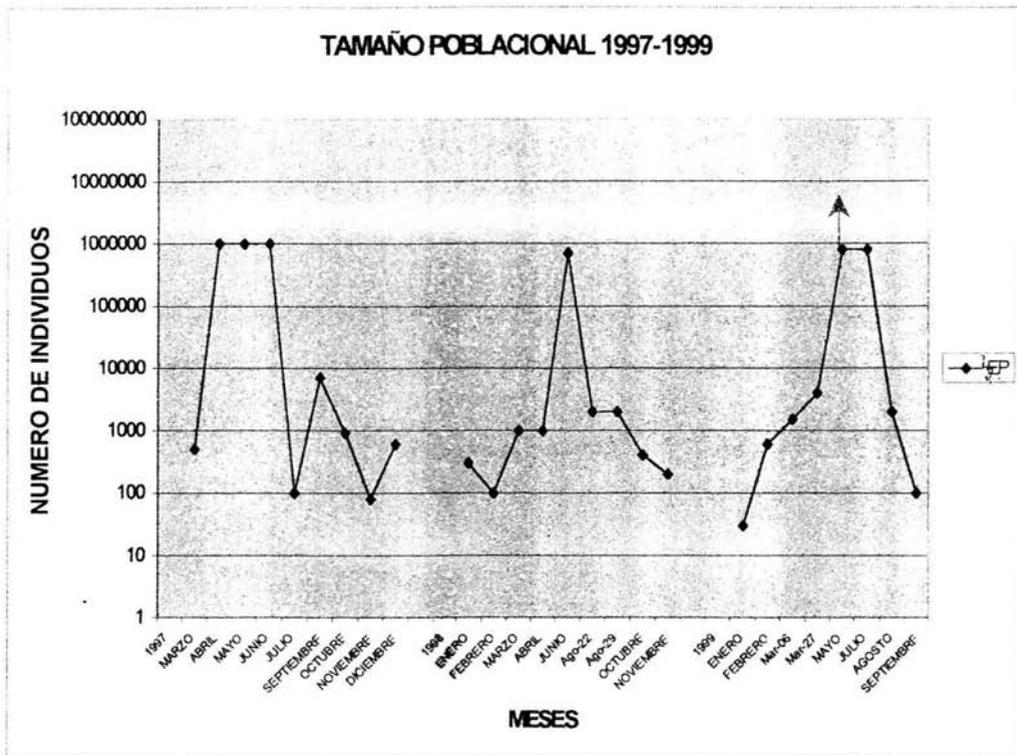


Figura 2- Gráfica del número de individuos estimado por mes, desde 1997 a 1999, EP: estimación poblacional. Fecha de la salida en columna ↑



Figura 3. Localización de las cuevas visitadas en el municipio de Metztlán. El Salitre  La Fanta , La Cortina , San Cristóbal , Jihuico , La Curva .

NUMERO DE EJEMPLARES POR EDAD

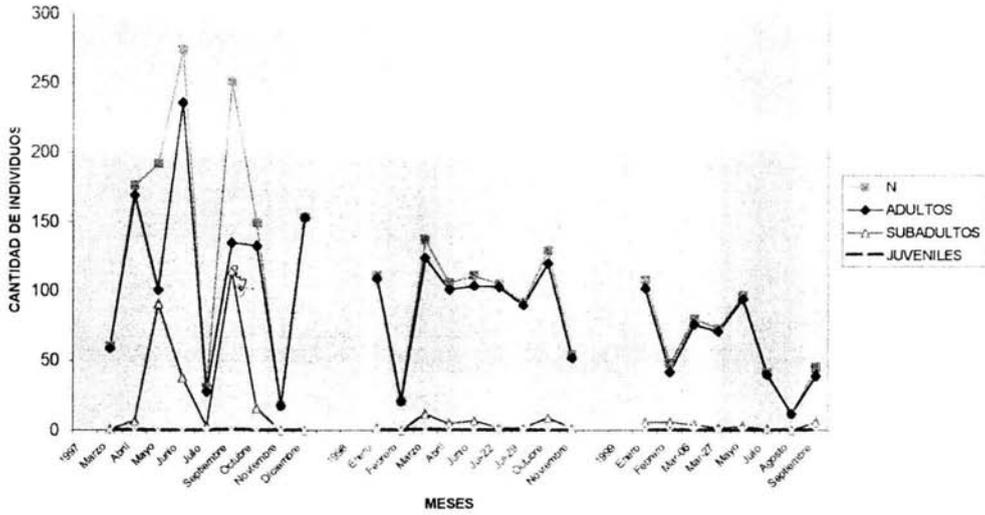


Figura 4- Gráfica del Número de individuos por mes y por categoría de edad. N, número total de individuos por mes.

PROPORCIÓN DE SEXOS 1997-1999

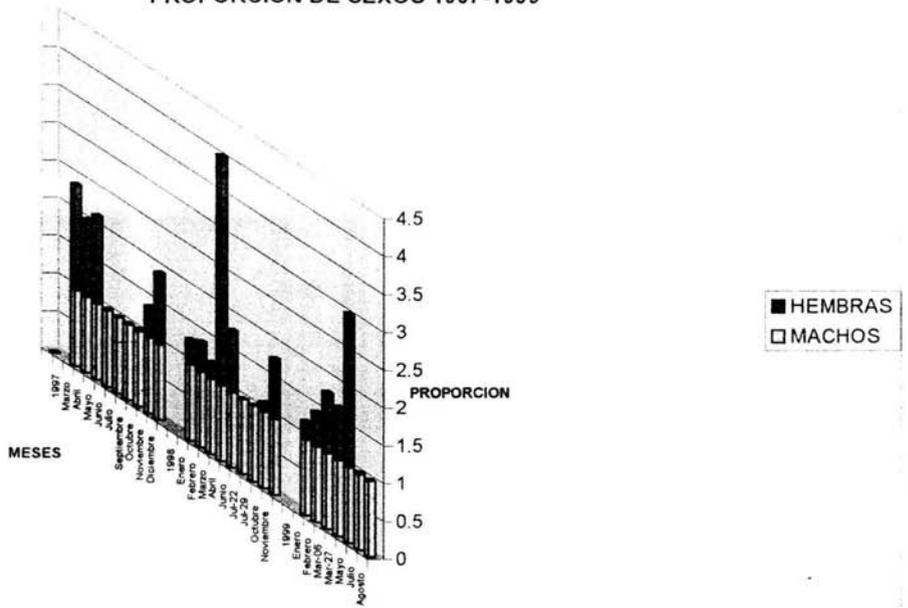


Figura 5- Gráfica con la proporción de sexos por mes, de 1997 a 1999. Los machos fueron considerados con valor uno respecto de las hembras.

CAPITULO III

ASPECTOS SOBRE LA REPRODUCCION DE Tadarida brasiliensis mexicana EN LA CUEVA "EL SALITRE", METZTITLÁN, HIDALGO.

INTRODUCCIÓN.

La reproducción es uno de los aspectos más importantes en la biología de cualquier especie, y gran parte de las pautas de comportamiento y la fisiología se relacionan con las necesidades reproductivas. Sobre el murciélago guanero (Tadarida brasiliensis mexicana) se han realizado gran cantidad de estudios, sobre todo en los Estados Unidos de América (EUA) y se tiene ya un importante acervo de conocimientos sobre sus aspectos reproductivos; sin embargo de las poblaciones en nuestro país, poco se ha documentado y en general se han extrapolado los conocimientos sobre las poblaciones del norte de América para las de México y algunas de Centroamérica. Al respecto, es importante notar que hay particularidades de cada especie que pueden variar entre poblaciones. Así, esta investigación busca conocer algunos de los aspectos fundamentales de la reproducción de T. b. mexicana en la región de Metztitlán, Hidalgo, y en general de México.

En murciélagos, las glándulas sexuales accesorias de los machos varían en forma y localización según las familias o especies y son indicadores del estado reproductivo de los individuos (Krutzschn, 1979). Los patrones reproductivos, el número de ciclos estrales y los momentos en que suceden durante el año, es variable también. Algunas adaptaciones reproductivas particulares como ovulación y fertilización retrasada, implantación retardada, almacenamiento de espermatozoides (tanto en hembras como en machos) y el desarrollo retrasado o diapausa embrionaria, son comunes en murciélagos que hibernan, pero ocurren también en algunas de las especies tropicales no hibernantes (Bronson, 1989; Jerret, 1979; Krutzschn, 1979; Racey, 1982).

Los tipos de ciclos reproductivos más usuales en murciélagos no hibernantes, son el poliestral no estacional, el poliestral estacional y el monoestral estacional (Jerrett, 1979), determinados principalmente por factores como la latitud, la temperatura, el fotoperíodo y la disponibilidad de alimento; los estímulos ambientales influyen sobre el inicio y la duración del período reproductivo, así, una misma especie puede presentar diferentes patrones

reproductivos en diferentes regiones, sobre todo las que tienen amplia distribución (Bronson, 1989; Hill y Smith, 1984; Racey, 1982).

El fenómeno de sincronía de las poblaciones, en el cual los individuos se agregan tanto en el espacio como en el tiempo, es una protección contra los depredadores y además facilita el encuentro entre los sexos. En *T. b. mexicana*, la agregación se lleva a cabo tanto espacialmente, al reunirse en números que alcanzan millones de individuos, como temporalmente, pues se sincronizan en el período reproductivo, naciendo prácticamente todos los críos al mismo tiempo, ganando de esa forma protección individual contra la depredación (Begon *et al.*, 1997).

Los murciélagos guaneros, *T. b. mexicana*, fueron registrados en la cueva de "El Salitre" en primavera y verano cuando, de acuerdo a los registros de la bibliografía, en ese período se deberían encontrar en el norte, en EUA (French y Lollar, 1998; Glass, 1982; Krutzsch *et al.*, 2002; McCracken y Wilkinson, 2000; Villa-R. y Cockrum, 1962). A pesar de lo mencionado se ha registrado que algunas poblaciones no migran si tienen las condiciones de temperatura adecuadas (Constantine, 1967). Esto permite esbozar la hipótesis de que, al menos, una parte de la población no migra; el hecho de que se han encontrado hembras preñadas en el lugar, a través de los tres años considerados, además de machos cuyo ciclo reproductivo completo se investigó en el presente estudio apoya tal hipótesis.

Un factor que influye sobre la reproducción de muchas especies de murciélagos es la temperatura y la humedad interna de los refugios, así como la humedad externa en forma de precipitación y la temperatura de las zonas donde estos animales habitan. La temperatura y la humedad son factores ambientales que determinan la abundancia y disponibilidad de las fuentes alimenticias necesarias en los períodos reproductivos, tan costosos energéticamente para las hembras.

ANTECEDENTES

Los murciélagos guaneros forman las congregaciones o colonias más grandes de los mamíferos, que pueden estar formadas por millones de individuos (Davis *et al.*, 1962; Krutzsch, 1955; McCracken, 1987, 1996). Ocupan diversos habitats, utilizando amplia variedad de sitios de reposo diurno en los que seleccionan lugares cálidos y húmedos con poca luz y no son perturbados, como cuevas o grietas entre rocas o incluso en ciertas construcciones humanas (Keeley y Keeley, 2004; Krutzsch, 1955; Reid, 1997).

Las características generales del hábitat en una cueva de maternidad en Texas, que en la década de 1950 se consideraba que abrigaba la colonia de murciélagos más grande de los

EUA, incluye una variación registrada de temperatura de 23.2°C a 34.2° C y la temperatura en la roca bajo la masa de juveniles de 38° C; en ese sitio la proporción de sexos de los juveniles fue cercana al 50:50 (Cagle, 1950). Howell (1920) y Twente (1956) revisaron las características de los refugios diurnos de murciélagos insectívoros que comparten las cuevas con I. brasiliensis, aunque prácticamente no mencionan datos para esta especie.

Las hembras alcanzan la madurez sexual en su primer año de vida, mientras que los machos la adquieren hasta su segundo año (Sherman, 1937; Short, 1961). El apareamiento ocurre entre febrero y marzo, en un lapso de cinco semanas (Davis et al., 1962; Pagels y Jones 1974; Sherman, 1937). El período de gestación es de 11 a 12 semanas (Sherman, 1937); Krutzsch (1955) estimó que no sobrepasa los 100 días (14 semanas). El total de las hembras paren en un intervalo de tres a cuatro semanas, durante junio o en ocasiones hasta mediados de julio (Davis et al., 1962; Krutzsch, 1955; La Val, 1973; Sherman, 1937; Twente 1956); generalmente tienen sólo una cría (Davis et al., 1962; Sherman, 1937), aunque existen registros de hembras con dos (Krutzsch, 1955) y hasta tres embriones (DiSalvo et al., 1969).

Las hembras forman colonias de maternidad (Hill y Smith, 1984; McCracken, 1984) y cuidan a sus crías hasta después de septiembre (Krutzsch, 1955). En esas colonias, las crías se encuentran en grandes cantidades, tapizando las paredes del refugio y provocando incremento en la temperatura del sitio donde se encuentran, lo que parece influir significativamente en su rápido crecimiento (Davis et al., 1962; Krutzsch, 1955; Kunz y Robson, 1995; Pagels y Jones, 1974).

La mayoría del conocimiento sobre I. b. mexicana se ha obtenido en los EUA y poco se ha publicado para poblaciones de México. Respecto a las colonias o poblaciones sudamericanas, también es poco lo que se ha documentado sobre el murciélago guanero, así se sabe que las épocas de reproducción corresponden a los meses de primavera y verano en esas latitudes; en Argentina se tienen registros de hembras preñadas, con fetos muy desarrollados, durante noviembre y éstas se encuentran lactantes durante diciembre y enero (Tiranti y Torres, 1998). En Rosario, Argentina, se registró una colonia de maternidad durante un estudio de ecología de murciélagos en áreas urbanas, que ocupaba el ático de un edificio viejo donde los murciélagos estuvieron presentes de septiembre a febrero y ausentes de marzo a septiembre, los nacimientos ocurren entre mediados de noviembre y mediados de diciembre, comprendiendo el principio del verano (Romano et al., 1999).

Para Norteamérica, se ha registrado en septiembre la proliferación del tejido espermatogénico, con incremento de tamaño de los túbulos seminíferos y de los testículos;

se reporta la presencia de algunos espermatozoides en enero, que sólo son abundantes durante febrero y marzo (Sherman, 1937). Por haber encontrado machos sexualmente activos en invierno (de finales de enero a principios de marzo), Davis *et al.* (1962) sugirieron que el apareamiento ocurre durante la migración al norte, pero los machos llegan antes que las hembras, lo que representó un problema sin solución para determinar el momento del apareamiento.

Por métodos anatómicos e histológicos, Cruz-García (2001) determinó el ciclo reproductivo de *T. b. mexicana* en la cueva "El Salitre", Metztlitlán, Hidalgo, como parte del presente estudio general. Con base en la información y conclusiones del trabajo mencionado, se obtuvieron algunas de las inferencias y conclusiones que aquí se presentan, explorando además la posible relación del mismo ciclo con dos factores ambientales: temperatura y humedad.

El comportamiento reproductivo de *T. b. mexicana* relativo a la manera de apareamiento, se ha reconocido como poligínico estacional, multimachos-multihembras (McCracken y Wilkinson, 2000). Ello consiste en la reunión de machos y hembras con fines de apareamiento, en temporadas bien determinadas y formando grupos mixtos, pero en los cuales los machos ocupan y defienden lugares o territorios que les son ventajosos, marcando sus áreas defendidas al igual que a las hembras o a ellos mismos por medio de glándulas especiales, como la glándula gular. Los machos territoriales realizan llamadas y favorecen el acceso a un mayor número de hembras, con esto aseguran un mayor éxito en la cópula. Se tienen muestras de agresividad entre los machos y los ejemplares de ambos sexos pueden copular con varios individuos distintos del sexo contrario, mostrando un comportamiento promiscuo.

En murciélagos que se refugian en puentes carreteros, se han descrito dos tipos de comportamiento copulatorio, uno agresivo en el que los machos obligan a las hembras a la cópula y el otro pasivo en el que las hembras aceptan sin resistencia la unión; el más frecuente en ese tipo de refugio es el comportamiento agresivo, se sugiere que el apareamiento es promiscuo, el sistema reproductivo se consideró de enjambre, multimacho y multihembra, temporalmente inestable, en el que los machos no defienden ni hembras ni territorios (Keeley y Keeley, 2004)

Algunos murciélagos insectívoros tienen un ciclo reproductivo monoéstrico estacional que al parecer depende de la disponibilidad de los insectos que constituyen su alimento. En este tipo de ciclo la temporalidad es importante y determina las diferentes fases de la reproducción, así las hembras se preñan en la estación seca, dando a luz al inicio de la

estación húmeda; de esa manera el alto costo energético de la lactancia se puede sobrellevar cuando la abundancia de insectos es mayor. Los animales se deben ajustar a los cambios en la disponibilidad de alimento y tal variabilidad depende a su vez de la temperatura, régimen de lluvias y de la humedad, por lo que el resultado es el tipo de ciclo reproductivo relacionado a los factores ambientales (Racey, 1982).

OBJETIVOS. Conocer el ciclo reproductivo de Tadarida brasiliensis mexicana en la cueva "El Salitre", Metztlán, Hidalgo, comparándolo con el que se ha descrito para la misma especie en EUA y explorar si existe relación de los factores ambientales temperatura y humedad con las diferentes fases del ciclo reproductivo de los murciélagos guaneros en la misma zona. Reconocer el aparato reproductor y sus características particulares, si estas existen, de hembras y de machos de T. b. mexicana en la cueva "El Salitre".

HIPÓTESIS. Las hipótesis a examinar son: a) El ciclo reproductivo descrito para T. b. mexicana en Norteamérica y el norte de México, es el mismo que se presenta en la población de la cueva El Salitre, Metztlán, Hidalgo. y: b) El ciclo reproductivo de T. b. mexicana que ocurre en la cueva El Salitre, Metztlán Hidalgo, es al menos parcialmente diferente al registrado para Norteamérica y norte de México.

a) Todas las fases del ciclo reproductivo de la población de murciélagos guaneros de la cueva El Salitre, se llevan a cabo en Norteamérica, en la parte mas norteña de México y el centro y sur de EUA; excepto la cópula. b) Todas las fases del ciclo reproductivo de la población de murciélagos guaneros de "El Salitre" se llevan a cabo en la región central o sur de México.

a) La humedad y la temperatura ambientales no tienen efecto sobre el ciclo reproductivo de T. b. mexicana en la región estudiada. B) La humedad y la temperatura ambientales ejercen efecto sobre el ciclo reproductivo de T. b. mexicana en la región estudiada.

METODOLOGÍA

AREA DE ESTUDIO

La cueva "El Salitre" está ubicada 3.9 km al Sur de Metztlán, Hidalgo, México, en las coordenadas 20° 35' 32" de latitud N y 98° 45' 39" de longitud W, a 1325 msnm (Figura 1). La vegetación circundante es matorral crasicaule, con grandes áreas destinadas a la agricultura de temporal y una de las mayores áreas de riego en Hidalgo, cultivando calabaza,

maíz, frijol, nuez, tomate y plátano (Carta de Uso de Suelo y Carta de Vegetación, S.P.P. INEGI, 1981). El clima en la región es del tipo BSoHW, de la clasificación de Koeppen, el cual es seco, con lluvias de verano, precipitación invernal de entre 5 y 10.2 %, precipitación media anual de 500 mm y temperatura media anual de 20 °C (Cartas de Climas, de Temperatura Media Anual y de precipitación Total, S.P.P. INEGI, 1981).

La cueva "El Salitre" está sobre la ladera de un cerro, su entrada mide 33 m de ancho y 6 m de alto aproximadamente, está formada principalmente por roca caliza y por conglomerados, el túnel principal tiene inclinación ascendente de 45° en promedio; al fondo del túnel, a una altura de 30 m sobre el piso, hay una bóveda en el techo de más de 7 m de diámetro llamada "La Olla", sitio de reposo de la mayoría de los murciélagos de la especie bajo estudio (Figura 2). Se presentan también varios pequeños túneles bajo el piso de la cámara principal. "El Salitre" funciona como cueva de calor en el sentido que Silva -Taboada (1977) otorga a ese concepto, dadas sus características con una inclinación ascendente, posee una sola entrada por lo que la ventilación es escasa, de manera que se mantiene y concentra el calor del ambiente y el producido por el metabolismo de los animales que en ocasiones se refugian en números de hasta un millón de individuos.

Se realizaron salidas mensuales a la cueva "El Salitre", obteniéndose al inicio del estudio los tractos reproductivos de dos hembras colectadas a finales de marzo de 1997, posteriormente, se estandarizó la obtención de los tractos de dos machos y dos hembras cada mes, de mayo de 1997 a agosto de 1998. En cada ocasión fue tomada al azar una muestra de la población, la cual consistió de entre 30 y 400 ejemplares dependiendo del número total presente, pues en ocasiones no hubo más de 30 en la cueva. En promedio se capturaron 200 por mes, usando redes de seda colocadas a la entrada de la cueva antes de anochecer y fueron liberados luego de obtener los datos correspondientes.

A todos los especímenes capturados se les tomaron los siguientes datos: sexo; categoría de edad, determinada de manera arbitraria en el campo por el examen del grado de osificación de los discos interfalangeales de las alas, junto con la coloración general de los ejemplares, para definir tres categorías de edad relativa o estadios (modificado de Anthony, 1988). Este método se usó por su fácil aplicación en el campo y debido a que los resultados obtenidos son confiables para asignar a los ejemplares alguna de las categorías siguientes: Adulto (A).- Disco interfalangeal bien osificado y coloración pardo con tintes rojizos, tamaño grande. Subadulto (SA).- Disco interfalangeal relativamente bien osificado y coloración pardo grisáceo con tintes rojizos, tamaño prácticamente igual al del adulto. Juvenil (J).- Disco interfalangeal poco osificado o cartilaginoso, coloración grisácea o negruzca, tamaño

menor que las anteriores categorías.

El estado reproductivo se evaluó en hembras por palpación del abdomen para detectar preñez; y con objeto de determinar el periodo de lactancia, se aplicó una ligera presión en el pezón y comprobar si liberaban leche. En los machos, se registró tamaño y posición de los testículos, asignándose a las categorías de: abdominales, inguinales o escrotados.

Los datos de sexo y estado reproductivo de los ejemplares, se asignaron siguiendo el criterio de Racey (1988) y se relacionaron con las edades:

Machos (adultos, subadultos y juveniles).

Testículos Escrotados (TE).- Aunque en realidad no se presenta un saco escrotal bien desarrollado, los ejemplares de esta categoría presentaron los testículos en posición cercana y lateral al pene, muy desarrollados y abultados, turgentes, dentro de un saco escrotal ligero, poco desarrollado que no presenta pelo. Los juveniles no se incluyen en la categoría de escrotados. Testículos Inguinales (TI).- Presentan éstos en posición anterior y lateral al pene, al nivel de la ingle, poco turgentes y no muy abultados. Testículos abdominales (TA).- Se consideraron así cuando no es posible la observación externa de los testículos pues se encuentran dentro de la cavidad abdominal, no aparentes a simple vista.

Hembras (adultas, subadultas y juveniles).

Inactiva (I).- Son las que no presentaron signos de reproducción activa como lactancia o preñez y tienen la vulva intacta al examen externo. Receptiva (R).- Sin signos externos de reproducción activa, pero que presentaron la vulva inflamada, semiabierta y en ocasiones con secreción líquida. Posiblemente preñada (PP).- Las que presentaron signos de reproducción activa como pezones inflamados y un ligero crecimiento ventral que denota la posible presencia de fetos. Preñada (P).- Hembras con pezones inflamados y sin pelo en las zonas aledañas a éstos, con crecimiento ventral y al análisis por palpación, se detectaron claramente embriones en diferentes estados de desarrollo. Lactante (L).- Hembras con notable desarrollo de los pezones, éstos lucen irritados y con una zona desnuda de pelo alrededor de ellos, a la presión con los dedos, en ocasiones liberan leche. Las hembras juveniles no se incluyen en las categorías de posiblemente preñada, preñada ni en la de lactante. La proporción de sexos se calculó para cada salida y se expresa como un macho respecto al número proporcional de hembras.

En cada salida fueron obtenidos los aparatos reproductores de cuatro ejemplares en promedio (4-7), generalmente dos hembras y dos machos, de los que se encontraron lesionados o que resultaban afectados por el manejo. La disección se realizó en el campo.

inmediatamente después de sacrificarlos; los aparatos reproductores fueron fijados en formol al 10 % en regulador de fosfatos. Los correspondientes a 1997 y principios de 1998 fueron procesados con técnicas histológicas en el Laboratorio de Embriología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N. para determinar el ciclo reproductivo y para describir los aparatos reproductores masculino y femenino de T. b. mexicana.

Los embriones observables a simple vista, fueron retirados del útero, medidos desde la región dorsal cefálica hasta la parte posterior de la cadera y transparentados (Montellano *et al.*, 1993).

La descripción aquí presentada se fundamenta en el trabajo de Tesis de Licenciatura de Cruz-García (2001), que formó parte del proyecto llevado a cabo en "El Salitre", Metztlán, Hidalgo, y cuyo aporte histológico y anatómico es la base principal para este análisis.

Para la determinación del estado reproductivo de las hembras mediante métodos anatómico-histológicos, se obtuvieron diferentes datos. Así, por análisis externo de las glándulas mamarias se determinaron los periodos de lactancia, se obtuvo la longitud de los cuernos uterinos, el desarrollo de los folículos ováricos y del endometrio, presencia-ausencia de espermatozoides y de embriones en el útero y el grado de desarrollo de los mismos. En machos, el estado reproductivo fue determinado por medio del mismo tipo de análisis, basado en el tamaño de los testículos (largo y ancho), la longitud de la próstata y el ancho de la vesícula seminal, así como el tipo de células de la estirpe germinal (espermatogonias, espermatocitos, espermátides y espermatozoides) contenidas en los testículos y el epidídimo (Cruz-García, 2001).

Los ejemplares de murciélago guanero capturados en cada ocasión fueron colocados en una caja con armazón de madera y paredes de malla de alambre con la finalidad principal de evitar estrés innecesario o muertes por el manejo excesivo de los animales, en el periodo entre su captura, la toma de datos y su liberación; en ese proceso, también fue posible realizar observaciones sobre su comportamiento reproductivo, a partir de los especímenes encerrados en el periodo anterior a la toma de los datos morfométricos y de su estado biológico general.

Cada salida se tomaron datos de la temperatura y la humedad tanto en la entrada de la cueva como en la parte más profunda de la misma, bajo "La Olla", sitio en donde se refugian los murciélagos guaneros. Además se obtuvieron los datos de temperatura máxima, mínima y de precipitación de la estación meteorológica del distrito de riego de Metztlán, que es la más cercana e incluye la zona de "El Salitre". Tales datos se graficaron y las gráficas se

relacionaron con las fechas y temporadas de crecimiento glandular y gonadal, así como con aquellas en las que ocurre el apareamiento, la fertilización, el desarrollo intrauterino, los nacimientos, la lactancia y la presencia de ejemplares jóvenes y subadultos, con la finalidad de buscar alguna relación de los parámetros de temperatura, precipitación y humedad con la reproducción de los murciélagos.

RESULTADOS

Debido a que el trabajo de tesis de licenciatura Cruz-García (2001) se llevo a cabo de manera paralela al presente, muchos de los resultados obtenidos se retoman aquí, la descripción histológica y anatómica del aparato reproductor, esta basada en la tesis mencionada, y se resumen en la **Figura 3** y **Figura 4**.

Aparato reproductor masculino.

I. b. mexicana presenta testículos ovoides y blanquecinos, epidídimo blanquecino en forma de banda, con extremos cefálico y caudal dilatados, formando la cabeza y la cauda, se continúa caudalmente con el conducto deferente y se une a la uretra. La vesícula seminal es una glándula par, blanquecina, se origina en la base de la vejiga urinaria, cada una de sus partes tiene forma de "U", con las ramas internas ligeramente mayores que las externas (Cruz-García, 2001).

La próstata, ubicada en la base de la vejiga urinaria, es una glándula única de color rosado, semicircular en la parte superior y recta en la base, rodea la porción inicial de la uretra. Hay un par de glándulas bulbo-uretrales o de Cowper, cada una se conecta dorsalmente a la uretra por un conducto delgado. Distal en el pene, hay un báculo de 0.60 mm de longitud y extremos redondeados. (Cruz-García, 2001).

Cambios anatómicos durante el ciclo anual en machos.

Testículos.

La longitud testicular menor ocurrió en julio; hay incremento paulatino de longitud, de septiembre hasta febrero y con el máximo en marzo. Después de marzo, se registró una disminución hasta junio y julio y en agosto comenzó nuevamente un incremento (**Figura 3**).

Hubo nueve machos con apariencia de adultos, sus testículos tuvieron medidas menores en comparación con el resto de los ejemplares capturados con ellos. Cuatro fueron de noviembre, uno de enero, dos de abril y dos de junio. La menor anchura testicular fue en agosto y tuvo su máximo en febrero.

Las anchuras testiculares de los machos arriba mencionados fueron siempre menores que las de los adultos, y se consideraron inmaduros, en cuatro, de abril y junio, se

observó una coloración parda oscura en la cauda del epidídimo (Cruz-García, 2001), al igual que en uno de los machos colectados en febrero, que presentaba testículos grandes como la mayoría. Una pigmentación parecida ha sido reportada para los machos de las familias Vespertilionidae y Rhinolophidae, la cual es asociada a machos inmaduros sexualmente (Racey, 1988).

Ningún macho presentó testículos notoriamente escrotados, ni en enero, febrero y marzo, cuando presentaron su mayor tamaño, solamente se abultaban de manera muy aparente a través de la piel; su posición es a nivel del abdomen, pero fuera de la cavidad abdominal, nunca se encontró la formación de un verdadero saco escrotal. Tampoco hubo la presencia de una glándula gular bien desarrollada, ni siquiera en los machos adultos que fueron analizados en el máximo de la espermatogénesis y en la temporada de apareamiento; en todos los ejemplares en que se observó la glándula, ésta fue poco notable, a diferencia de lo hallado por Krutzsch *et al.* (2002) para ejemplares del suroeste de EUA, en los que hay hipertrofia durante los meses de febrero a mayo y actividad secretora de marzo a mayo, durante la temporada de reproducción.

La próstata aumentó su longitud de mayo a febrero; en marzo y abril se incrementó hasta un máximo y después de abril disminuyó al mínimo en agosto (**Figura 3**).

La anchura de la vesícula seminal aumentó de mayo a enero, incrementando su tamaño hasta un máximo en marzo y abril. Después, disminuyó en agosto. El crecimiento de los testículos y glándulas accesorias fue sincronizado y las mayores medidas se alcanzaron en febrero y marzo en el caso de los testículos, mientras que las máximas tallas de las glándulas accesorias fueron en marzo y abril, lo que indica que el período de actividad sexual en los machos debe ser en esos meses (Cruz-García, 2001).

En machos con testículos pequeños, la vesícula seminal midió el mínimo en abril y el máximo en junio. De acuerdo con Racey (1988), los testículos pequeños relacionados con glándulas accesorias pequeñas, indican que esos ejemplares nunca han experimentado la espermatogénesis, es decir, son machos inmaduros sexualmente.

La longitud testicular máxima se alcanza de febrero a abril, en ejemplares maduros; en inmaduros la tendencia es hacia un crecimiento continuo en esa fase, hasta alcanzar la madurez. En adultos maduros y activos, la longitud de la próstata alcanza el máximo entre febrero y mayo, en los inmaduros no hubo un aumento marcado.

Ciclo anual de cambios histológicos en machos (Cruz-García, 2001).

En mayo, los testículos sólo contenían espermatogonias y células de Sertoli. Las espermatogonias fueron de dos tipos, correspondientes a los A y B de Setchell (1982); se

encontraron predominantemente espermatogonias A.

En junio y julio predominaron espermatogonias del tipo B; en julio se observaron espermatozoides escasos que se presentaron con más frecuencia desde agosto. En octubre había pocos espermatozoides secundarios y las primeras espermátides, de forma esférica y núcleo con cromatina uniforme, los testículos en noviembre fueron muy similares histológicamente. En diciembre se encontraron espermatozoides escasos en los túbulos seminíferos y divisiones meióticas de los espermatozoides.

En meses subsecuentes, el diámetro de los túbulos seminíferos aumentó y el tejido intersticial entre ellos disminuyó. En agosto aparecieron espermatozoides primarios, espermatozoides secundarios y espermátides, aumentando su número, ya en enero había gran cantidad de espermatozoides y de espermátides esféricas.

En febrero, los espermatozoides y espermátides fueron muy abundantes, la espermatogénesis estaba avanzada. A partir de ese mes se encontraron espermatozoides en gran cantidad en testículo y todo el epidídimo, excepto en el ejemplar con melanocitos en el tejido conjuntivo que rodea los túbulos de la cauda del epidídimo. En marzo, los túbulos seminíferos contenían espermátides con grado avanzado de espermiogénesis y espermatozoides; el epidídimo presentó gran cantidad de espermatozoides (Figura 3).

En abril disminuyó el diámetro de los túbulos seminíferos, se presentaron espermatogonias A, y en algunos ejemplares, espermatozoides libres en la luz. En junio, solamente se encontraron espermatogonias de los dos tipos y células de Sertoli en los túbulos seminíferos.

La gametogénesis ocupa la mayor parte del año, de junio a abril, hay un período de reposo o inactividad en mayo, de febrero a abril se presentan espermatozoides en testículo y epidídimo, los machos sólo pueden ser activos reproductivamente en este período, lo que coincide con el análisis anatómico. Los machos maduros sexualmente presentaron desarrollo sincrónico en la espermatogénesis.

Aparato reproductor femenino

Los ovarios y cuernos uterinos derechos siempre fueron más grandes que los izquierdos, el ovario derecho es anterior respecto al izquierdo, esto es, se presenta asimetría. Los ovarios son redondos a ovalados, color crema, se encuentran en una bursa ovárica.

Los oviductos cortos, blanquecinos y ligeramente contorneados, rodean al ovario correspondiente en su porción lateral externa; el útero es bicornio, los cuernos uterinos se unen en su extremo posterior formando un solo canal uterino largo. El cuerno uterino

derecho fue hasta 2.68 veces más largo que el izquierdo en hembras no preñadas. El canal uterino desemboca a la vagina, el cérvix es ensanchado, situado en la base de la vejiga urinaria (Cruz-García, 2001).

Cambios anatómicos (ciclo anual).

El cuerno uterino derecho se alargó de acuerdo al tamaño de los embriones, en mayo se presentó la medida mínima (14.95 mm en promedio) y el feto más pequeño (8.4 mm), el que no tenía las extremidades completamente formadas y presentó dos puntos de osificación, en la mandíbula y en la clavícula; el más grande (17.2 mm) para el mismo mes tenía mayor desarrollo externo y grado de osificación más avanzado. La diferencia en el desarrollo de los fetos mencionados indica un período relativamente amplio de fertilización. El feto más grande registrado, midió 20.14 mm y corresponde a finales del mes de junio.

A finales de junio, la longitud del cuerno uterino derecho fue de 21.05 mm (promedio) en hembras con fetos de 20.14 mm, totalmente formados y casi completamente osificados, que se considera estaban por nacer en unos días debido a su avanzado grado de desarrollo. Es importante notar que en ese mes se colectó una hembra de tamaño pequeño, sin osificación de las falanges, que fue la única no preñada y fue considerada juvenil. En julio, agosto y septiembre no se encontró a ninguna hembra en la cueva, por lo que no fue posible registrar los períodos de nacimiento y crianza, pero se infiere que suceden de julio a agosto (Figura 4).

De octubre a abril, la longitud máxima del cuerno uterino fue de 2.60 mm. Para mediados de junio, aumentó hasta 19.06 mm, estas hembras tenían fetos de 17.78 mm de longitud; ya muy desarrollados. Con estas hembras, se colectó otra que no estaba preñada, cuya longitud del cuerno uterino era de 2.8 mm. Por palpación abdominal, solamente se detectaron hembras preñadas en mayo y junio de 1997 y 1998, por lo que ese método no resulta confiable para la detección de embriones de tamaño menor a 7 mm. El 22 de julio de 1999 se encontró una hembra que liberó leche al aplicar ligera presión sobre los pezones; aunque fue la única colectada ese mes, su estado es indicativo del periodo de lactancia.

Cambios histológicos (Cruz-García, 2001).

En ovario, existen varios tipos de folículos: primordial, primario, secundario, terciario, de De Graaf y cuerpos lúteos, además de folículos atrésicos. La pared del cuerno uterino derecho sufrió cambios en el grosor, involucrando endometrio, miometrio y perimetrio.

Las hembras colectadas en mayo, presentaron en los ovarios derechos todos los tipos de folículos: primordiales, primarios, secundarios, terciarios y de De Graaf, estos últimos atrésicos, también se observó un cuerpo lúteo. Los cuernos uterinos derechos

tenían paredes delgadas, el endometrio muy irrigado y contenían fetos en diferente grado de desarrollo.

En el ovario de ejemplares de junio, hubo solamente folículos primordiales, primarios, secundarios tempranos y un cuerpo lúteo. Los cuernos uterinos mostraron apariencia semejante a la descrita del mes anterior, pero con pared más delgada, pues el feto que contenían era más grande.

La hembra juvenil colectada a finales de junio, presentó en ambos ovarios abundante tejido intersticial y pocos folículos, la mayoría primordiales (ovarios inmaduros), el ovario derecho con un pequeño folículo de De Graaf y el útero con endometrio engrosado. No se encontraron otras hembras juveniles en el período de estudio. De julio a septiembre, no se tuvieron observaciones.

En octubre y noviembre, se presentaron folículos primarios y secundarios, predominando los segundos; en algunas hembras hubo folículos terciarios tempranos, que fueron más comunes en noviembre. La pared uterina era delgada, el endometrio poco desarrollado, con escasas glándulas y pocos vasos sanguíneos.

En diciembre y enero, hubo desde folículos primordiales hasta terciarios, predominando los últimos. La pared del útero comenzó a engrosarse desde diciembre, en enero mostró un incremento muy notable y el endometrio se observó más desarrollado y con mayor número de glándulas e irrigación.

Las hembras de febrero y marzo presentaron en promedio tres folículos de De Graaf, folículos terciarios, algunos secundarios y primarios; pared uterina y endometrio muy engrosados, endometrio con gran cantidad de glándulas tubulares y vasos sanguíneos. A mediados de marzo, cuatro de cinco hembras presentaron espermatozoides en la luz del útero y una en la unión útero-oviducto, en ninguna había ocurrido la ovulación. A finales de este mes algunas mostraron un cuerpo lúteo, además de otros tipos de folículos, en una se observó un embrión en las primeras fases de segmentación en el oviducto derecho.

En abril, los ovarios presentaron cuerpo lúteo y folículos en todas las fases de desarrollo, los de De Graaf eran atrésicos. Cada hembra tenía un embrión en el cuerno uterino derecho en el inicio del proceso de la implantación de tipo central.

El ovario izquierdo mostró siempre apariencia inmadura, con gran cantidad de tejido intersticial, poca irrigación sanguínea, folículos primordiales y escasos primarios y secundarios. Se encontró sincronía en el desarrollo de los folículos ováricos y del endometrio, con desfase que no abarcó más de un mes.

La foliculogénesis empezó en octubre, en febrero y marzo se presentaron los folículos

de De Graaf, y también hubo espermatozoides en el útero; en este periodo ocurre la ovulación. Las hembras gestantes se presentan durante tres meses, de finales de marzo a finales junio (**Figura 4**).

De 1997 a 1999, se realizó la revisión externa de 2683 ejemplares de *T. brasiliensis* de los que 622 fueron hembras (23.18%) y 2061 fueron machos (76.82%). En los tres años de estudio, las hembras promediaron en números menores respecto a los machos, en los totales de las muestras de la población de cada año, abandonaron por completo la cueva en los meses de julio a septiembre en 1997, de junio a septiembre de 1998 y de julio a septiembre de 1999. (**Figura 5**).

Considerando la proporción de sexos calculada para cada salida (**Figura 6**) en los tres años, la variación anual en la proporción de machos y hembras tuvo un comportamiento parecido: En 1997, las hembras se encontraron en igual proporción que los machos en marzo y abril, en mayo las hembras fueron ligeramente más numerosas, en junio empezaron a irse, estuvieron ausentes de julio a septiembre y volvieron de nuevo al refugio en octubre, en noviembre se presentaron casi en igual proporción machos y hembras.

De enero a marzo de 1998, las hembras se encontraron de nuevo en proporción baja, aumentaron a casi tres por macho (2.9:1) en abril de este año y posteriormente llegaron a casi uno a uno (0.82:1) en junio, abandonaron el refugio de junio a septiembre y volvieron a encontrarse en octubre y noviembre pero en proporciones otra vez muy bajas. En enero y febrero de 1999 la proporción de hembras fue baja (0.24:1), aumentó en marzo y llegó a más de dos hembras por macho en mayo (2.03:1), de julio a septiembre las hembras abandonaron de nuevo el refugio (**Figura 6**).

Al analizar el número de hembras y machos capturados al azar durante todo el estudio y revisados para obtener datos sobre reproducción, la proporción de sexos es de 1 : 0.30 machos por hembra, tal diferencia es altamente significativa estadísticamente con una P de 0.000, usando una prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra con distribución de Chi-cuadrada y un grado de libertad. Esto parece indicar que las hembras son menos frecuentes en la cueva si se toma en cuenta el ciclo anual completo. Sin embargo, la situación es diferente si se analiza la proporción de sexos por mes, ya que como se menciona arriba las hembras pueden estar en proporciones de hasta tres a uno en los meses de marzo a mayo (**Figura 6**).

Los machos estuvieron presentes durante todo el año, mientras las hembras estuvieron ausentes en los meses de julio a septiembre y regresaron a partir de octubre lo que provoca una fuerte desviación de 1:1 en la proporción de sexos del total de los

ejemplares. Aunque siempre hubo murciélagos en la cueva, su número disminuyó notablemente de octubre a enero, incrementándose a partir de febrero.

Analizando el estado reproductivo de las 622 hembras, se revisaron externamente 538 adultas, de ellas 402 (64.63 %) estaban inactivas, 2 lactantes (0.32 %), 119 preñadas (19.13 %) y 15 posiblemente preñadas (2.41 %). De las 84 consideradas subadultas, 72 estaban inactivas (11.58 %), 10 posiblemente preñadas (1.61 %), 2 preñadas (0.32 %) ninguna lactante (Figuras 7 y 8) y tampoco se detectaron hembras juveniles (excepto una no contabilizada, colectada en el mes de junio). El máximo corresponde por lo tanto a las hembras adultas inactivas o aparentemente inactivas que se presentaron principalmente en los meses de marzo a mayo en los tres años, las hembras adultas preñadas y posiblemente preñadas fueron muy abundantes a finales de mayo y principios de junio.

Lo anterior indica el periodo en que ambos sexos se reúnen con fines de cópula, que de acuerdo a estos datos es a finales de marzo y principios de abril, lo que concuerda con el estudio histológico. Las hembras se encuentran preñadas y con poco desarrollo de los embriones en abril y principios de mayo, llegando a un desarrollo de sus embriones externamente apreciable, en un periodo entre finales de mayo y principios de junio cuando los embriones son muy grandes.

En cuanto a los machos, el estado reproductivo mostró: de un total de 2061 ejemplares, 1793 fueron machos adultos, y de éstos se registraron 771 (37.41 %) con testículos abdominales, 468 (22.71 %) con testículos escrotados y 554 (26.88 %) con testículos inguinales. De 266 machos subadultos, 228 (11.06 %) tenían los testículos abdominales, 25 (1.21 %) los tenían inguinales y 13 (0.63 %) los tenían escrotados. Solo hubo dos machos juveniles, y ambos presentaron testículos abdominales poco desarrollados (Figuras 9, 10 y 11).

Los diferentes estadios reproductivos se registraron como sigue: los machos adultos con testículos abdominales presentaron números máximos desde mayo hasta septiembre y en diciembre de 1997, en julio de 1998 y en julio de 1999. Los máximos para individuos con testículos inguinales fueron en abril y julio de 1997, marzo y octubre de 1998 y en enero de 1999. Los máximos de los que tenían testículos escrotados, fueron en junio y octubre de 1997, en julio de 1998 y en marzo y mayo de 1999. A partir de los datos de morfología externa, los resultados aparecen diferentes de un año a otro, sin un patrón aparente, sin embargo los datos de 1999 son los que más concuerdan con los resultados del estudio histológico. Respecto a los inmaduros, solo 1997 muestra diferencias mayores, mientras 1998 y 1999 denotan poca o nula actividad sexual de los ejemplares de este estadio.

En los meses de otoño, a partir de octubre, los machos empiezan a tener un

desarrollo de los testículos y las glándulas anexas, llegando al máximo en febrero, poco antes de que se lleve a cabo la cópula. Las hembras quedan preñadas en marzo-abril alcanzando el desarrollo intrauterino completo de las crías en junio-julio (Cruz-García, 2001).

Una hembra lactante fue encontrada en mayo de 1997 y una en julio de 1999; se encontraron además dos juveniles, uno en septiembre de 1997 y otro en marzo de 1998 (Figuras 5 y 9), de ellos, el de septiembre coincide con lo esperado de acuerdo al desarrollo de la especie en un ciclo reproductivo correspondiente a un patrón boreal, esto es, el nacimiento debió suceder a finales de junio o en julio; sin embargo, el de marzo está totalmente desfasado del periodo normal para los murciélagos guaneros en la zona de estudio y parece corresponder a un patrón austral en el que los nacimientos se presentan durante los meses de diciembre a enero. Además de lo anterior, y corroborando la posible temporada de nacimientos, el 2 de julio de 2000 se encontró una cría recién nacida, sin pelo, en la cueva de Quintero, Tamaulipas, que se encuentra a 201 Km del sitio de este estudio, en línea recta.

El peso de los ejemplares de *T. b. mexicana*, varió de 8 gr en juveniles hasta 16 gr. en hembras preñadas con desarrollo avanzado de los embriones. La relación del estado reproductivo con el peso mostró para ejemplares de 1997 que las hembras inactivas (la mayoría a lo largo del año) tienen una mediana cercana a los 10 gr, la desviación estándar es la mayor para las categorías de estado reproductivo, quizá debido a que engloban tanto a las adultas como a las subadultas; las hembras preñadas y posiblemente preñadas tienen el peso mayor con mediana de 12 y 13 gr respectivamente; las categorías de lactante y receptiva, son las que presentan menos ejemplares y tienen una mediana de 10 gr.

Para los machos de 1997, e incluidas todas las categorías (testículos inguinales, testículos abdominales y testículos escrotados), se calculó una mediana de 11 gr con valores extremos de 7 y 14 gr. En general los machos son ligeramente más pesados que las hembras sexualmente inactivas; sin embargo, las hembras preñadas o posiblemente preñadas siempre pesaron más que los machos de cualquier categoría.

Un análisis de regresión efectuado usando los datos de 1997, mostró que la relación del peso con el estado reproductivo es estadísticamente significativa entre los dos parámetros a un nivel de 0.095 con valor de p de 0.00 y r de 0.049, para las hembras preñadas o posiblemente preñadas, de manera que en esas dos categorías el estado reproductivo tiene influencia directa y muy fuerte sobre el peso de los ejemplares.

Reproducción y presencia en el refugio.

Los machos se presentan durante todo el año en la cueva aunque en invierno muchos la abandonan y los números en general son bajos (Figura 9), la gran mayoría de

ellos arriban al refugio a partir de febrero, antes que las hembras; en general ya están presentes y sexualmente aptos para cuando llegan éstas. Las épocas en que se llevan a cabo los nacimientos (junio-julio) coinciden con la ausencia de hembras en el refugio, las que probablemente se encuentren entonces en una cueva de maternidad.

La proporción de sexos considerando el total de ejemplares estudiados a lo largo del año, está en general desplazada hacia un mayor número de machos (1: 0.30), pero el análisis por mes muestra que de marzo a abril, las hembras superan en número a los machos, hasta en una proporción de tres a uno, de junio a septiembre, no se encuentra ninguna, pues abandonan la cueva y se supone que forman una colonia de maternidad en otro refugio (**Figura 6**).

Durante el estudio, el régimen anual de lluvias fue similar: se registró un periodo de precipitación de poca intensidad y corta duración, ligeramente variable en los meses en que se presentó, pero en general ocurrió durante los primeros del año con un pico entre febrero y mayo, éste precedió al periodo anual de lluvias más intenso (**Figura 12**). Después de ese periodo corto, hubo un receso o al menos una fuerte disminución en las lluvias, que ocupó los meses de junio y julio en 1997, marzo a mayo en 1998, y febrero en 1999; poco después empezó el periodo cuyo pico de mayor intensidad coincidió con los meses de septiembre y octubre en los tres años, dicho periodo es el que aporta mayor cantidad de agua al año en la región. Asimismo, los tres años presentaron precipitación casi de cero en los meses de noviembre y diciembre.

Al comparar, relacionar y analizar la información obtenida sobre la reproducción del murciélago guanero en la zona de "El Salitre", Metztlán, con la gráfica de precipitación y temperatura y con la de humedad y temperatura de la cueva (**Figura 13**), se obtuvo lo siguiente: el momento de la culminación de la gametogénesis en los dos sexos, el cual implica el periodo de mayor desarrollo de los testículos y de las glándulas accesorias de los machos, así como el desarrollo de los folículos secundarios y terciarios y de De Graaf de la hembras, coincide con la llegada de la mayor parte de las hembras reuniéndose con los machos y con el periodo inmediatamente anterior al primer pico de precipitación (el cual fue de baja intensidad) en la temporada de lluvias.

Ya juntos ambos sexos, la etapa de apareamiento se llevó a cabo en los tres años considerados, en el periodo inmediatamente posterior a la temporada de baja intensidad de lluvias de los primeros meses del año. Por los datos aquí expuestos parece que el disparador para el arribo de la mayoría de los ejemplares de ambos sexos es la primera temporada anual de lluvias, la cual permitiría el aumento de la cantidad de insectos para su

alimentación, como consecuencia del aumento en la cantidad de vegetación disponible. El apareamiento se lleva a cabo en el estío posterior a dicho periodo corto de precipitación.

El desarrollo de los embriones se inicia en un momento inmediatamente anterior al comienzo de la época de mayor intensidad de las lluvias, de modo que el final del desarrollo intrauterino sucede cuando recién empiezan las lluvias fuertes, las crías nacen en la primera parte de la época de mayor intensidad de lluvia. La fase de lactancia y rápido desarrollo de los recién nacidos hasta alcanzar el tamaño adulto, coincide con la última parte de incremento en la curva de la estación lluviosa. Por último, en el pico máximo de lluvia anual los adultos y subadultos de ambos sexos nacidos ese año, ocupan de nuevo la cueva al regresar en octubre.

DISCUSIÓN

El aparato reproductor descrito para *T. b. mexicana* y el tiempo que tardan en llegar a la madurez en los EUA, es similar al encontrado para los de El Salitre. Así, se considera que los machos alcanzan la madurez sexual hasta su segundo año de edad (Sherman, 1937; Short, 1961). De acuerdo a los resultados de Cruz-García (2001), se sabe que los machos de Hidalgo empiezan su actividad sexual y llegan a su madurez durante el segundo año de edad. En "El Salitre" se encontraron nueve machos (cuatro en noviembre, uno en enero, dos en abril y dos en junio de 1997) que debido a sus características anatómicas e histológicas se determinaron como inmaduros sexualmente y que, al menos en ese año, no participarían en el evento reproductivo.

Los machos inmaduros de abril y junio además de uno maduro de febrero, presentaron coloración parda en el tejido que rodea al epidídimo, reportada para esta especie por Cruz-García (2001), que podría ser similar a la de machos sexualmente inmaduros de las familias Vespertilionidae y Rhinolophidae (Racey, 1988).

En *T. brasiliensis* esa coloración se debe a melanocitos en el tejido conjuntivo alrededor de la capa de músculo liso de cada conducto del epidídimo, a diferencia de los vespertilionidos y los rinolofidos, en los que los melanocitos se encuentran en la tunica vaginalis rodeando a los testículos y el epidídimo, que desaparece cuando los machos alcanzan la madurez sexual; Al producir espermatozoides e incrementar el tamaño del testículo y del epidídimo, se produce la separación de los melanocitos y pérdida de la coloración (Racey, 1988). Algo parecido ocurre en *T. b. mexicana*, pues un macho aparentemente maduro con el epidídimo pigmentado colectado en febrero, sólo contenía espermatozoides en la región anterior del epidídimo y no en la cauda, donde se observó la

pigmentación.

El epidídimo pigmentado puede utilizarse como criterio para determinar madurez en machos de *T. b. mexicana*, como se hace para las familias Vespertilionidae y Rhinolophidae (Racey, 1982, 1988), pero se requiere de la disección del ejemplar, dado que el epidídimo es muy pequeño para observarlo a simple vista a través de la piel, a diferencia de los vespertilionidos.

El patrón reproductivo de los machos de El Salitre coincide con lo reportado por Sherman (1937) y por Davis *et al.* (1962), los testículos incrementan su tamaño de junio y julio hasta febrero y marzo, cuando alcanzan su máximo crecimiento. La próstata y vesícula seminal tienen crecimiento gradual, llegan a su máxima talla en marzo y abril, casi un mes después de los testículos, diferencia registrada también por Sherman (1937).

La espermatogénesis se inicia en junio, la máxima producción de espermatozoides es de febrero a marzo y termina en abril con un período de reposo en mayo (Cruz-García, 2001). Esto no concuerda totalmente con lo citado por Sherman (1937), quien menciona inactividad de abril a agosto y proliferación de espermatogonias en septiembre, registró los primeros espermatozoides en enero. Para la población de "El Salitre", desde diciembre hay escasos espermatozoides en testículo. Ambos trabajos coinciden en que los espermatozoides son abundantes en febrero, marzo y abril, tanto en testículo como en epidídimo, abril es el último mes en que se presentan y los machos sólo pueden ser activos sexualmente durante ese período, que coincide con el máximo crecimiento de las glándulas accesorias (Cruz-García, 2001).

El lapso mencionado coincide con la época en que las lluvias son escasas aún, la temperatura ambiental externa es de 30-40° como máximo en los últimos meses y de 10-15° como mínimo. El patrón de humedad en la entrada y dentro de la cueva, refleja en general las condiciones de precipitación; en cambio la temperatura tiene un patrón regido de manera independiente a las condiciones externas. La temperatura interna, tomada bajo La Olla, se mantuvo constante en ese periodo, aproximadamente a 25° C, y la humedad interna, tomada en el mismo sitio, conservó una tendencia a disminuir o a mantenerse constante en los tres años, cercana al 40 o 50%. La humedad externa, tomada a la entrada del refugio, tuvo en ese lapso la clara tendencia a disminuir, estando entre el 30 y 50 %, mientras la temperatura externa, registrada en el mismo sitio, tiende a aumentar, estando cercana a los 20° (Figura 14).

De lo anterior se desprende que la cópula se lleva a cabo poco antes de que la temporada de precipitación abundante empiece, e inmediatamente después de suceder el

primer periodo de lluvias del año, cuando la temperatura en la zona es relativamente baja, pero empieza a elevarse. Dentro de la cueva las condiciones de temperatura son poco variables, con un intervalo de variación de menos de 5° C; en cambio la humedad tiene variaciones de cerca de 10% en el mismo periodo de apareamiento.

Los dos tipos de espermatogonias encontradas por Cruz-García (2001), unas con cromatina constituida por gránulos finos que se tiñe de manera intensa y otras con cromatina gruesa que se tiñe pálidamente, parecen corresponder a los tipos A y B descritas para otros vertebrados (Setchell, 1982).

La asimetría en el aparato reproductor femenino es común en murciélagos, y *T. brasiliensis* presenta el mayor grado, llamado patrón Molósid (Wimsatt, 1979). El 100 % de las hembras de "El Salitre" presentó asimetría en ovarios y cuernos uterinos, el ovario derecho siempre fue más grande que el izquierdo de la misma hembra; el cuerno uterino derecho fue más largo que el izquierdo, confirmando la asimetría del aparato reproductor registrada por Sherman (1937), Davis *et al.* (1962), Jerret (1977) y Wimsatt (1979). Las hembras con cuernos uterinos casi simétricos son las que todavía no han tenido crías (Davis *et al.*, 1962). La asimetría se establece aproximadamente a los ocho meses de edad (Jerret, 1979).

Se ha mencionado que el desarrollo de folículos ováricos ocurre principalmente en el ovario derecho, pero 10 de 82 hembras analizadas por Sherman (1937) los presentaron en el izquierdo y una contenía al embrión en el cuerno uterino izquierdo. Davis *et al.* (1962) citan 2000 aparatos reproductores revisados y ninguno presentó al embrión en el cuerno uterino izquierdo. En el trabajo de Cruz-García (2001), el desarrollo de los folículos ocurrió sólo en el ovario derecho en 42 hembras examinadas y en 15 preñadas; la ovulación e implantación ocurrió del lado derecho siempre, confirmando la asimetría funcional del aparato reproductor.

En cuanto al desarrollo del ovario, Sherman (1937) y Krutzsch (1959), observaron grandes vesículas foliculares y folículos de todos tamaños a lo largo del año, excepto en los meses en que las hembras presentan embriones pequeños. Jerret (1977) cita que las hembras tienen anestro prolongado, que comienza después de los nacimientos y continúa a través del invierno. En "El Salitre" se encontró que los folículos presentan desarrollo gradual a partir del regreso de las hembras a la cueva en octubre, después de nacer sus crías, hasta febrero y marzo cuando hay folículos de De Graaf. Otro aspecto en el que no hay concordancia con Sherman (1937) es que en las hembras de abril, que contenían embriones pequeños, se encontraron folículos de De Graaf, atrésicos.

Según Sherman (1937), el periodo de apareamiento dura de mediados de febrero a

principios de marzo; Davis *et al.* (1962) sugieren un período semejante, pues encontraron hembras con tapones vaginales a principios de marzo, suponiendo que corresponden al final del evento reproductivo y consideran que la cópula ocurre durante el viaje migratorio hacia el norte; las poblaciones mencionadas presentan un período de apareamiento ligeramente adelantado respecto al de la población de la cueva "El Salitre", donde a mediados de marzo se encontraron espermatozoides en cuatro de cinco hembras (Cruz-García, 2001). Sin embargo, Pagels y Jones (1974) observaron tapones vaginales en marzo, en una fecha posterior (por días) a la registrada en "El Salitre". Lo anterior sugiere que en todo el intervalo de distribución con patrón tipo boreal, la cópula ocurre desde fines de febrero hasta fines de marzo.

La fertilización ocurre desde mediados hasta finales de marzo según Sherman (1937), basándose en que encontró embriones en fase de segmentación, lo que sugiere que la ovulación y fertilización ocurrieron poco antes. En la cueva "El Salitre" se confirma lo anterior, el primer registro de fertilización es del 28 de marzo, cuando se presentó un embrión a nivel del oviducto, en fase de segmentación, el que sugiere que la fecundación fue pocos días antes (Cruz-García, 2001).

Los datos obtenidos en "El Salitre" corroboran que en los murciélagos guaneros la ovulación es inducida (Krutzsck, 1959). En ninguna de cuatro hembras con espermatozoides en útero se observaron cuerpos lúteos (no habían ovulado), lo que coincide con lo registrado por Sherman (1937), quien de cinco hembras en las que encontró espermatozoides, solamente en una ya había ocurrido la ovulación.

El período de gestación en El Salitre se estimó en aproximadamente tres meses (12 semanas) con base en registros de hembras preñadas, coincidente con Sherman (1937) que estima la gestación entre 11 a 12 semanas, aunque Krutzsck (1955) registra un tiempo de gestación de hasta de 100 días (14 semanas).

Sherman (1937) registró a principios de abril embriones muy pequeños, que a finales de ese mes alcanzaron tallas de hasta 14.5 mm; a finales de mayo los embriones midieron hasta 27 mm. Davis *et al.* (1962) difieren de lo anterior, registran en abril, embriones menores a 1 mm y es hasta finales de mayo cuando estos pueden ser medidos sin dificultad. Krutzsck (1955), encontró un embrión de 3 mm a finales de abril y registró embriones de hasta 20 mm a finales de mayo, al terminar junio los embriones midieron hasta 29 mm.

Los resultados en "El Salitre", coinciden parcialmente con los de Davis *et al.* (1962). Los embriones en abril, en proceso de implantación, midieron de 0.07 a 0.5 mm, en mayo alcanzaron hasta 17.2 mm y a finales de junio se registró uno de 20.14 mm. Es importante

mencionar que en ese momento sólo se capturaron tres hembras preñadas (de 300 individuos revisados), por esta razón, las medidas pueden no ser representativas, pues seguramente las hembras con fetos más grandes ya habían abandonado la cueva, quizá para formar una colonia de maternidad, comportamiento descrito para la especie (Hill y Smith, 1984; McCracken, 1984).

A pesar de que se encontraron murciélagos guaneros en el refugio durante todo el año, la cantidad de ejemplares y la proporción de sexos por mes varía ampliamente, sus números son bajos durante el invierno, el tamaño poblacional aumenta en primavera y en otoño (**Figuras 3 y 7**). En enero empieza a aumentar el número de machos, siendo mayor la proporción de estos que de hembras. En general ya están sexualmente activos cuando llegan las hembras, lo que indica el arribo diferencial de los sexos con fines reproductivos. La presencia mayoritaria de adultos de ambos sexos, se relaciona con el hecho de que la cueva funciona como sitio de reunión con fines de apareamiento y desarrollo de los embriones.

Los murciélagos guaneros forman colonias en las que los sexos se reúnen para llevar a cabo la cópula (Davis *et al.*, 1962; Cockrum, 1969; French y Lollar, 1998; Krutzsch *et al.* (2002; McCracken y Wilkinson, 2000; Villa-R. y Cockrum, 1962). En El Salitre, además de la cópula, se demostró que se lleva a cabo el desarrollo embrionario, según resultados del estudio histológico-anatómico de los tractos reproductivos, la presencia de las hembras en números mayores a los de los machos en ciertos meses (marzo-abril) y su ausencia en otros (finales de junio hasta septiembre). Los meses en que se llevan a cabo los nacimientos (junio y julio) coinciden con la ausencia de hembras en el refugio, de lo que se infiere que forman una colonia de maternidad en alguna cueva que actualmente se desconoce, como las registradas por Hill y Smith (1984) y por McCracken (1984).

En marzo y abril, cuando se reúnen ambos sexos en la cueva, el examen histológico mostró espermatozoides en el útero de las hembras. Estas son fertilizadas en un periodo entre marzo y abril para alcanzar el desarrollo intrauterino prácticamente completo de sus crías en junio-julio (Cruz-García, 2001). En función del avanzado estado de desarrollo de los embriones, la hipótesis de que al menos una parte de las crías nacen en México parece cierta (Cruz-García, 2001 y observaciones durante este estudio).

Los nacimientos se llevan a cabo en un intervalo de aproximadamente tres semanas, registrado de fines de mayo a principios de junio o a lo largo de junio, en dos años diferentes (Sherman, 1937). Davis *et al.* (1962) registraron el pico de nacimientos a mediados de junio; Krutzsch (1955) encontró que ocurren en su mayoría a principios de julio; Twente (1956), La Val (1973) y Pagels y Jones (1974) observaron que los nacimientos ocurren en esa misma

época del año. En la cueva "El Salitre", el período de nacimientos es muy similar al registrado por estos autores; aunque no se pudo documentar este evento, sucede aparentemente de la segunda mitad de junio a la primera o segunda semana de julio, ya que para finales de junio, los fetos ya mostraban desarrollo externo y de osificación avanzado.

Tanto el arribo de los ejemplares al refugio como el periodo de nacimientos se puede atrasar o adelantar ligeramente en concordancia con la época de lluvias y lo mismo sucede con el periodo de lactancia.

Concerniente a las épocas de nacimiento y lactancia, fue registrada una hembra lactante en mayo de 1997 y una en julio de 1999; se encontró además un juvenil en septiembre de 1997 y otro en marzo de 1998 (Figuras 3 y 7). La hembra de julio se encuentra en la temporalidad normal de la especie para la zona, en cambio la de mayo está adelantada en poco más de un mes; de los dos juveniles referidos, el de septiembre coincide con lo esperado de acuerdo al tiempo de desarrollo registrado para la especie (Sherman, 1937; Davis *et al.*, 1962; Cruz-García, 2001); sin embargo, el de marzo está totalmente desfasado del periodo normal para los murciélagos guaneros.

La presencia del juvenil de septiembre de 1997, aunado al gran número de subadultos de ese mismo lapso, es indicativo de un periodo de nacimientos en junio-julio, cuando las hembras abandonan la cueva; sin embargo el juvenil de marzo de 1998, cuando no existe aumento en el número de subadultos, podría indicar un desfasamiento con el periodo de los nacimientos pues en el tiempo de su captura la mayoría de los individuos deben de estar en el periodo del apareamiento.

Una explicación alterna a la presencia del juvenil de marzo, pero que tiene aún menos elementos para corroborarla, es que éste perteneciera a una población con temporalidad reproductiva sincronizada con las estaciones del sur de América (Tiranti y Torres, 1998; Romano *et al.*, 1999) y no a las de las poblaciones con temporalidad del norte. El periodo de nacimientos de *T. brasiliensis* en el sur del continente Americano coincide mejor con el que dio origen al ejemplar de marzo, esto es, debió haber nacido a principios de enero o finales de diciembre.

La anterior es una hipótesis altamente improbable en función de que la distribución conocida de la subespecie abarca solo hasta Chiapas en donde la temporalidad es boreal. además, las localidades con temporalidad austral se encuentran en Sudamérica con otras subespecies ocupándolas, así, es más plausible considerar que la presencia de ese espécimen se debe a un desfasamiento en el periodo reproductivo.

A partir de los resultados del estudio histológico de los tractos reproductivos (Cruz-

García, 2001), se infiere que la población que ocupa la cueva a lo largo del año, lleva a cabo su ciclo reproductivo completo en México. Aunque no ha sido encontrada la cueva de maternidad, se supone relativamente cercana a "El Salitre", pues por el grado de desarrollo de los embriones estudiados, algunos de los cuales ya estaban por nacer, se considera poco viable que las hembras realicen un viaje demasiado largo y energéticamente muy costoso hasta el sitio de nacimiento, además de que ellas regresan dos meses después a "El Salitre", cuando ya las crías nacidas en ese año son capaces de volar.

Apoyando lo anterior, se encontró que la diferencia de peso entre una hembra preñada y una inactiva es de hasta tres gramos, así, al realizar el movimiento hasta localidades del sur de EUA, estarían realizando un viaje de más de 1000 km con un peso extra que constituye un 28% de su masa corporal (casi una tercera parte de su peso normal), lo que representa un gasto enorme de energía.

Si la cueva de maternidad se encuentra en el sur de los EUA o muy al norte en México, la realización de un viaje de esas características pareciera representar un costo energético muy alto, aún considerando que *T. b. mexicana* puede viajar distancias largas mediante vuelos a grandes alturas (Vaughan, 1966; Williams *et al.*, 1973; McCracken, 1996). Además de que la disponibilidad de alimento, relacionado a las lluvias en la región de Metztlán parece ser adecuada para mantener a la población de *T. b. mexicana* incluyendo a las hembras preñadas.

Por otro lado, las condiciones de temperatura, precipitación y por lo tanto, de humedad en la cañada, permiten la presencia importante de insectos durante la mayor parte del año, de manera que el alimento en la región puede sostener una población relativamente grande de murciélagos guaneros, aún en la época de lactancia, cuando las hembras necesitan un aporte sustancialmente mayor de alimento.

La afirmación de que los nacimientos ocurren en México parece apoyada por un recién nacido vivo de *T. b. mexicana*, encontrado en la cueva de Quintero Tamaulipas, el 3 de julio del 2000, que cayó bajo la zona donde se reúne la mayor parte de los murciélagos guaneros de ese refugio. Esto pudo deberse a una hembra que no alcanzó a llegar a parir al refugio de maternidad, pero plantea la posibilidad de que las cuevas de la zona de Quintero o un lugar cercano sea un sitio de nacimientos y confirma el periodo en que suceden estos.

La distancia entre las dos cuevas es de aproximadamente 201 kilómetros en línea recta, y aunado a que ambas se encuentran en la ruta migratoria del Golfo de México (Cockrum, 1969; McCracken y Gassel, 1997), la cual conecta el sur de los EUA con el centro de México (como mínimo), permite pensar en un posible flujo de ejemplares entre ambos refugios de manera que la cueva de maternidad podría estar sobre esa ruta. Sin embargo, es necesario

notar que no existen registros de dicha colonia ni de nacimientos en Quintero o la zona aledaña (Alvarez, 1963; Villa-R, 1967).

A pesar de haber buscado la colonia de maternidad en la Cañada de Metztlán, ésta no pudo ser hallada en localidades cercanas a "El Salitre", donde se revisaron varios refugios, llamados: Jihuico, La Curva, La Fanta y La Hierba Prieta, además de otros de pequeñas dimensiones. Se considera que el refugio podría encontrarse relativamente cerca de "El Salitre" basado en las causas de gasto energético ya mencionadas.

Racey y Entwistle (2000), al tratar las estrategias reproductivas de murciélagos, mencionan que la temporalidad reproductiva en las zonas templadas como en las tropicales esta relacionada con la disponibilidad de alimento, lo cual puede ser debido a restricciones basadas principalmente en la temperatura; sin embargo, las especies tropicales que no tienen restricción estacional alimenticia, como los sanguívoros y algunos insectívoros como Pipistrellus nanus, tampoco tienen restricciones en la reproducción y pueden tener más de una temporada reproductiva por año.

Aunque las variaciones de temperatura generalmente no son extremas en la mayoría de las regiones tropicales, en ellas se presenta un mayor o menor grado de estacionalidad en el régimen de lluvias de manera que en las especies tropicales y subtropicales insectívoras, la estacionalidad reproductiva está asociada al régimen pluvial más que a ciclos de temperatura. Lo anterior se confirmó en la región de Metztlán, Hidalgo, para T. b. mexicana. En El Salitre, el parámetro ambiental que define la temporalidad en la reproducción es la humedad, tanto la de la zona como la del interior de la cueva, reguladas ambas por el régimen de lluvias, pues la llegada del grueso de la población y las diferentes etapas del ciclo reproductivo se encuentran acopladas a la precipitación, con una congruencia entre los patrones de lluvia, abundancia de insectos y los eventos reproductivos.

Las crías y juveniles tienen sus primeros estadios de crecimiento en un ambiente con abundancia de alimento pues existe una sincronización que permite que las hembras hayan sido preñadas y el desarrollo intrauterino de los fetos esté próximo a terminar, en el tiempo en que se presenta la mayor cantidad de lluvia, con lo anterior, se está asumiendo que durante y después de dicha etapa de abundancia de lluvias, la cantidad de vegetación y por lo tanto de insectos disponibles como alimento para las hembras de T. brasiliensis aumentará y será abundante también. (Figura 11).

Se ha registrado que el parto generalmente tiene lugar al principio de las lluvias y la lactancia se lleva a cabo durante el pico de la época lluviosa (Racey, 1982). En dos de los años considerados para este estudio, el parto tuvo lugar al inicio de la temporada máxima de

precipitación anual y poco después de un primer pico anual de lluvias de corta duración. El pico de máxima precipitación sucede casi al final del periodo de lactancia, en los meses de agosto y septiembre. En esos meses, la temperatura de la zona aumenta desde 12° hasta 37° C en promedio.

T. b. mexicana tiene, según la definición de Racey y Entwistle (2000), monoestría estacional restringida pues las hembras tienen una sola camada en sincronía casi absoluta durante una sola estación climática. Dicha sincronía está comprobada para el murciélago guanero en Hidalgo; no existe ningún tipo de retraso en la reproducción como implantación retardada, desarrollo o diapausa, etc. ni almacenamiento de esperma, para lograr la sincronización de los nacimientos. En la población de "El Salitre" la altísima sincronización parece deberse a la sincronía en la temporada de acoplamientos; esto permite que los nacimientos sucedan en un lapso de tiempo relativamente muy restringido lo cual es en sí un periodo sincrónico.

La sincronía en la reproducción es en especial ventajosa para especies coloniales pues reduce la presión de los depredadores sobre la colonia, y disminuye costos energéticos de la termorregulación de las crías al formar grandes conjuntos que mantienen el calor de origen fisiológico (McCracken, 1984). Además, especies como la estudiada dan a luz a sus crías en cuevas con características que las definen como calientes y húmedas (Vargas-Contreras, 1998) o en las llamadas cuevas de calor (Silva-Taboada, 1977).

Durante julio, agosto y septiembre y al regresar en octubre, ninguna hembra mostró evidencia de lactancia, a excepción de una capturada el 22 de julio de 1999, la única en ese mes, cuyas glándulas lactógenas se registraron muy desarrolladas y de las que brotó leche al presionar el pezón. Esto indica que el periodo de lactancia abarca un máximo de tres meses, es interesante notar que Cagle (1950), Pagels y Jones (1974) y Kunz y Robson (1995) mencionan que los juveniles de esta especie alcanzan el tamaño de adultos a las 8 semanas aproximadamente, momento en que empiezan a tener sus primeros vuelos, por lo que es posible pensar que los subadultos registrados en el mes de octubre sean los que nacieron en ese año.

Las crías son amamantadas hasta ser lo suficientemente grandes para volar, lo que sucede a finales de julio (Cagle, 1950). Se ha registrado que algunos juveniles son capaces de realizar vuelos cortos desde los 35 días, esto es a mediados de julio en EUA y que en el momento del primer vuelo comienzan a alimentarse de insectos (Pagels y Jones, 1974). Por otra parte, Krutzsch (1959) cita que a principios de septiembre, las hembras ya no amamantan a sus crías.

Los resultados muestran que la información obtenida en latitudes más norteñas no se ajusta completamente a las poblaciones de nuestro país y está documentado que los ciclos reproductivos pueden tener variaciones conforme cambia la latitud (Racey, 1982; Krutzsch et al. 2002).

Estacionalidad (Variaciones locales y latitudinales).- La estacionalidad del ciclo reproductivo en una especie está influenciada por cambios a nivel latitudinal, esto es claro en T. brasiliensis cuyo ciclo tiene patrón boreal en Hidalgo, con los nacimientos entre junio y julio para la subespecie T. b. mexicana. Este es completamente diferente en temporalidad al patrón austral de T. b. brasiliensis que se presenta en el Sur de América, que ha sido registrado en Argentina (Tiranti y Torres, 1998; Romano et al., 1999). Sin embargo, en ambos casos se lleva a cabo en el verano del hemisferio correspondiente. El patrón reproductivo en El Salitre muestra ligeras variantes con respecto al ciclo que se ha observado en EUA.

Así, a diferencia de lo registrado para esta especie en la parte norte de su distribución, en el hemisferio sur, en Rosario, Argentina, el ciclo reproductivo tiene diferencias muy fuertes en temporalidad, con los nacimientos ocurriendo desde mediados de noviembre a mediados de diciembre, el periodo de lactancia abarca los meses de diciembre y enero (Tiranti y Torres, 1998; Romano et al., 1999). Este tipo de diferencias es común entre los murciélagos con amplia distribución y se deben principalmente a diferencias en el fotoperíodo conforme cambia la latitud (Racey, 1982), de manera que las poblaciones que se encuentran en el norte presentan un patrón boreal y aquellas al sur del ecuador presentan un patrón austral.

Las hembras paren un solo feto (Sherman, 1937; Davis et al., 1962), aunque existen registros de embarazos que constan de dos (Krutzsch, 1955) y hasta de tres embriones (DiSalvo et al., 1969). En "El Salitre", al parecer todas las hembras son activas y se reproducen cada año, la excepción fue una colectada el 13 de junio de 1998, que no se encontraba preñada, aunque presentaba un cuerpo lúteo en el ovario derecho, indicando que ovuló pero no fue fecundada. Lo anterior coincide con lo anotado por Sherman (1937) y Davis et al. (1962), quienes encontraron muy esporádicamente hembras no preñadas.

La madurez sexual en las hembras posiblemente se alcanza a los nueve meses de edad (Sherman, 1937; Short, 1961). Los resultados de "El Salitre" corroboran lo anterior, pues no se encontraron hembras inmaduras del año, excepto una juvenil colectada a finales de junio, que probablemente no tenía más de mes y medio de edad. Dado que los recién nacidos miden de aproximadamente 2/3 de los adultos y alcanzan su tamaño adulto a los dos meses de edad (Pagels y Jones, 1974); la juvenil mencionada se consideró una

excepción, ya que fue el único ejemplar hembra de ese estadio de edad encontrado en la cueva y nació por lo menos un mes antes que el resto. El hecho de que todas las hembras sean capaces de reproducirse cada año y desde el primero de su vida, es una característica importante en la historia de vida de T. b. mexicana pues les permite tener una vida reproductiva mayor.

Además, la ovulación inducida por la cópula permite optimizar la reproducción de estos quirópteros al eliminar al máximo los posibles dispendios energéticos por ovulación no aprovechada, aumentando las posibilidades de fecundación.

Las características registradas por Sherman (1937), Krutzsch (1955, 1959) y Davis et al. (1962), para el ciclo reproductivo de T. brasiliensis en EUA, que coinciden con las encontradas para la población estudiada en la cueva "El Salitre", son: es monoestral estacional, con sincronía en los procesos reproductivos de ambos sexos, la gametogénesis termina al mismo tiempo en ambos sexos, lo que es frecuente en especies que no hibernan (Krutzsch, 1979) y no existe almacenamiento de esperma prolongado o diapausa embrionaria (Sherman, 1937).

El ciclo reproductivo en "El Salitre" presenta notables semejanzas con colonias estudiadas en EUA, a pesar de que según algunos autores la mayoría de las poblaciones de T. b. mexicana se reproducen en la zona sur de EUA y una vez completado su ciclo reproductivo vienen al centro de México a finales del otoño a pasar el invierno (Villa-R. y Cockrum, 1962; Glass, 1982; McCracken y Wilkinson, 2000). También se ha registrado que el apareamiento empieza en cuevas de paso en el vuelo migratorio hacia el norte en poblaciones que se encuentran al nivel del paralelo 26° de latitud norte o más norteñas en los estados de Sinaloa y Sonora, México, y continúa en cuevas de maternidad del sureste de los EUA (McCracken y Wilkinson, 2000; Krutzsch et al., 2002).

Los resultados obtenidos por Cruz-García (2001) y los registros correspondientes a las épocas de ocupación de la cueva, muestran que al menos la colonia estudiada se encuentra en México casi todo el año y aquí se lleva a cabo su reproducción, incluyendo el nacimiento de las crías. Dicha población parece permanecer todo el año en el centro de México o migra distancias relativamente cortas, pues se pudo constatar que si hay una disminución notable en el número de individuos durante el invierno, encontrando en los tres años menos de 500 ejemplares en esa época, los que constituirían una población residente de México.

El patrón de apareamiento no pudo ser observado directamente, debido a que los organismos se refugian en grietas situadas entre 20 y 30 metros de altura en sitios donde no

es posible verlos, sin embargo por los resultados del estudio de reproducción, y por la proporción de sexos registrada en tres años, de 1997 a 1999, se puede pensar en un patrón del tipo poliginico estacional de múltiples machos/ múltiples hembras, (McCracken y Wilkinson, 2000) pues cuando la población se reúne en la época de apareamiento, alcanzando su número máximo, las hembras se presentan en mayor proporción, la cual, con respecto a los machos llega a ser de hasta tres por uno (Figura 4).

Dadas las condiciones mencionadas, se tiene entonces la posibilidad de que los machos dominantes formen grupos de hembras, pues la topografía del refugio, con huecos y grietas así como la proporción de sexos que se presentan en la época de reproducción son similares a las que se han registrado para otras especies que forman harem, como las registradas para Artibeus jamaicensis (Ortega y Arita, 1999).

A pesar de que los datos útiles para realizar un análisis sobre sistemas de apareamiento fueron pocos para la población de "El Salitre", la presencia documentada de tres hembras por macho en el periodo en que el tamaño de la población es más grande y coincidente con la época de apareamiento, sugiere que lo registrado por McCracken y Wilkinson (2000) para T. b. mexicana puede ocurrir en esta cueva y los murciélagos guaneros se aparean en grupos del tipo ya mencionado. En ese sistema de apareamiento los machos ocupan lugares o territorios que les son ventajosos y favorecen el acceso a una cantidad mayor de hembras; además de alcanzar máximo éxito en la cópula; los machos territoriales realizan llamadas y pueden marcar hembras, territorios o a ellos mismos, por medio de glándulas especiales, como la gular.

De acuerdo con McCracken y Wilkinson (2000), T. b. mexicana pasa el invierno y se acopla en grupos mixtos de machos y hembras, los cuales son estacionales, estos se segregan en el verano cuando las hembras y las crías ocupan cuevas de maternidad. Respecto a la cópula de los murciélagos guaneros, dichos autores mencionan que, según Sherman (1937), T. b. cynocephala deja temporalmente sus refugios habituales en la Florida para reunirse en otros con fines de cópula, y que otros autores como Davis *et al.* (1962), Villa-R. y Cockrum (1962), Constantine (1967), Cockrum (1969) y McCracken *et al.* (1994) refieren que poblaciones migratorias de T. b. mexicana se aparean en refugios de invierno poco antes de la migración o en lugares situados sobre la ruta migratoria.

A partir de colonias en cautiverio, se sabe que estos murciélagos forman territorios a los que atraen o fuerzan a entrar a las hembras, o bien ellas mismas visitan a los machos, lo cual ocurre entre noviembre y febrero, con un tipo de acoplamiento de varias hembras diferentes con los machos. En el proceso descrito, se presenta comportamiento agresivo

entre los machos, que vocalizan y marcan su territorio y a las hembras. Como resultado se obtiene diferente grado de éxito entre los machos en el acoplamiento con las hembras (Lollar, 1995; McCracken y Wilkinson, 2000). En una población estudiada en un puente de carretera, se observaron dos tipos de comportamiento copulatorio, uno agresivo y otro pasivo, en el cual el agresivo es mucho más frecuente y exitoso (Keeley y Keeley, 2004).

En la población de "El Salitre", no fue posible obtener datos del comportamiento reproductivo de los murciélagos guaneros en libertad, pero de la observación de ejemplares que fueron mantenidos en una caja de malla de alambre (usada para evitar exceso de estrés para ellos antes y durante su revisión), estos formaban pequeños grupos compuestos de un macho y varias hembras, se observaron muestras de agresividad entre los machos, comportamiento que es muy similar al descrito por Lollar (1995), Ortega y Arita (1991) y por McCracken y Wilkinson (2000) para colonias en cautiverio.

De lo anterior puede inferirse que otras pautas de comportamiento puedan ser similares también y el sistema de apareamiento que utiliza esta especie sea por tanto polígino estacional de multimachos/multiembras. Sin embargo, en la población de "El Salitre", el comportamiento en la caja de espera fue diferente al descrito por Cockrum en individuos mantenidos en una caja similar en Navolato, Sinaloa y referido por Krutzsch *et al.* (2002).

Otro aspecto diferencial entre poblaciones de EUA y la de "El Salitre", es que en los ejemplares de esta localidad, la glándula gular nunca se observó muy desarrollada, tal como sucede en machos procedentes de la cueva de la isla de Janitzio, Michoacán, los cuales fueron revisados en época de reproducción y sí presentaron desarrollo notable de esa glándula, o como los describe Krutzsch *et al.* (2002) para murciélagos del norte.

En colonias en cautiverio estudiadas por Lollar (1995), la reunión de los machos y hembras y la formación de territorios ocurre entre noviembre y febrero. En la cueva "El Salitre", de acuerdo a los resultados de el estudio histológico (Cruz-García, 2001) y a los datos obtenidos sobre la biología de la especie, las hembras son receptivas sólo en marzo cuando el desarrollo folicular ha llegado a su máximo, al tiempo que los machos solamente pueden ser activos de mediados de febrero a mediados de abril; además, la mayoría de las hembras se reúnen con los machos a partir de enero, no en noviembre o diciembre, por lo que se puede inferir que la temporalidad de las colonias de EUA en general no es la misma que la de la colonia aquí estudiada pues esta desfasada al menos un mes. La población alcanza su número máximo en junio, cuando las hembras ya preñadas están a punto de partir hacia los refugios de maternidad.

CONCLUSIONES.

El murciélago guanero T. b. mexicana lleva a cabo la cópula y el desarrollo embrionario casi completo en la cueva "El Salitre". Los nacimientos y la lactancia suceden en otro sitio probablemente cercano, esto corrobora la hipótesis de que la reproducción de T. b. mexicana se lleva a cabo casi totalmente en la región central de México. El patrón reproductivo es monoestral estacional. Hay desarrollo gradual de los folículos ováricos, de octubre a marzo, en el último mes ocurre la ovulación y únicamente entonces se presenta la receptividad sexual de las hembras.

El período de gestación es de aproximadamente tres meses (marzo- junio) y nace una sola cría por hembra. Los nacimientos ocurren de mediados de junio a mediados de julio en un refugio diferente a "El Salitre", que por las evidencias, no debe estar muy lejos de dicha cueva. Después de que la cópula y la preñez ocurren en "El Salitre", las hembras abandonan la cueva. Hay asimetría anatómica y funcional muy marcada del aparato reproductor, los óvulos solo se producen en el ovario derecho y las implantaciones solamente se encontraron en el cuerno uterino del mismo lado.

La espermatogénesis ocupa la mayor parte del año, de finales de junio a mediados de abril del año siguiente, los machos solamente pueden ser activos reproductivamente de mediados de febrero a mediados de abril. Existe sincronía en los procesos reproductivos de hembras y machos, la gametogénesis termina al mismo tiempo, no hay almacenamiento de esperma, ovulación retrasada ni otra forma de retraso en el proceso de gestación o fertilización. Algunos machos presentan en el epidídimo, coloración oscura, asociada a inmadurez sexual, similar a lo que ocurre en las familias Vespertilionidae y Rhinolophidae.

La actividad reproductiva de los machos parece comenzar hasta su segundo año de edad. Las evidencias indican que las hembras se reproducen desde su primer año de vida. El ciclo reproductivo de T. b. mexicana en la Cueva El Salitre Metztlán, Hidalgo, corresponden a un patrón boreal muy similar al reportado en los EUA, con algunas diferencias; hay discrepancia en temporalidad respecto a las poblaciones de T. brasiliensis de Sudamérica, las que presentan un patrón austral. De acuerdo a lo anterior se corrobora la hipótesis de que se presentan algunas diferencias entre el ciclo reproductivo en El Salitre y el de poblaciones mas boreales.

Las fluctuaciones en el tamaño de la población se relacionan con el ciclo reproductivo, los mayores tamaños poblacionales se presentan en los meses de verano coincidentes con la temporada reproductiva en su fase de apareamiento y desarrollo

embrionario de la especie. La cópula se presenta en los meses de marzo-abril, los nacimientos en junio-julio y los juveniles del año se encuentran ya en septiembre-octubre, los sistemas de apareamiento se consideran parecidos a los que se presentan poblaciones estudiadas en EUA consistentes en un sistema poliginico estacional de multimachos/multihembras.

A partir de lo anterior, se puede pensar que parte de la población que ocupan la cueva durante el año, se reproduce en el centro de México y puede ser por lo tanto residente de nuestro país, esto obviamente no excluye la posibilidad de que exista también otra población que realizaría migraciones hasta la región sur de EUA.

La humedad ambiental, determinada por la precipitación pluvial, tiene relación con el ciclo reproductivo por tanto, la hipótesis de que los parámetros ambientales influyen en el ciclo reproductivo es al menos parcialmente correcta.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALVAREZ, T. 1963. The recent mammals of Tamaulipas, México. University of Kansas Publications. Museum of Natural History, 14(15):363-473.
- ANTHONY, E. L. P. 1988. Age determination in bats. 47-58 pp., In Ecological and behavioral methods for the study of bats. Smithsonian Institution. xxii + 1-533.
- BEGON, M., J. L. HARPER y C. R. TOWNSEND. 1997. Ecología, Individuos, Poblaciones y Comunidades. Ed. Omega, S. A., i-xii+1-886.
- BRONSON, F. H. 1989. Mammalian reproductive biology. University of Chicago Press. USA., ix + 1-352 pp.
- CAGLE, F. R. 1950. A Texas colony of bats, Tadarida mexicana. Journal of Mammalogy, 31 (4): 400-402.
- COCKRUM, E. L. 1969. Migration in the guano bat, Tadarida brasiliensis. Miscellaneous Publications, Museum of Natural History, University of Kansas, 51:303-336.
- CONSTANTINE, D. G. 1967. Activity Patterns of the Mexican free-tailed bat. University of New México Publications in Biology, (7):1-79pp.
- CRUZ-GARCÍA, M. R. 2001. Determinación del ciclo reproductivo de Tadarida brasiliensis mexicana (Chiroptera: Molossidae) en la cueva "El Salitre", Metztlán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N., 1-75.
- DAVIS, R. B., C. F. HERREID II y H. L. SHORT. 1962. Mexican free-tailed bats in Texas. Ecological Monographs, 32 (4): 311-346.
- DI SALVO, A. F., J. PALMER y L. AJELLO. 1969. Multiple pregnancy in Tadarida brasiliensis cynocephala. Journal of Mammalogy, 50 (1): 152.

- FRENCH B. y A. LOLLAR. 1998. Observations on the reproductive behaviour of captive Tadarida brasiliensis mexicana (Chiroptera: Molossidae). The Southwestern Naturalist, 43 (4):484-490.
- GLASS, B. P. 1982. Seasonal Movements of Mexican freetail bats Tadarida brasiliensis mexicana banded in the Great Plains. The Southwestern Naturalist, 27 (2): 127-133.
- HILL, J. E. y J. D. SMITH. 1984. Bats: A Natural History. University of Texas Press. Austin, 1-243.
- HOWELL, A. B. 1920. Some California experiences with bat roosts. Journal of Mammalogy, 1:169-176.
- JERRET, D. P. 1977. Structural-functional differences in the right and left ovaries in the Mexican free-tailed bat, Tadarida brasiliensis mexicana. Anatomical Records, 187: 615.
- JERRET, D. P. 1979. Female reproductive patterns in nonhibernating bats. Journal of Reproduction and Fertilization, 56:369-378.
- KEELEY, A. T. H. y B. W. KEELEY. 2004. The mating system of Tadarida brasiliensis (Chiroptera: Molossidae) in a large highway bridge colony. Journal of Mammalogy, 85(1):113-119.
- KRUTZSCH, P. H. 1955. Observations on the mexican free-tailed bat, Tadarida brasiliensis mexicana. Journal of Mammalogy, 36(2):236-242.
- KRUTZSCH, P. H. 1959. The reproductive cycle of the Mexican free-tailed bat (Tadarida brasiliensis mexicana), Anatomical Records, 133: 400.
- KRUTZSCH, P. H. 1979. Male reproductive patterns in nonhibernating bats. Journal of Reproduction and Fertilization, 56: 333-344.
- KRUTZSCH, P. H., T. H. FLEMING y E. G. CRICHTON. 2002. Reproductive Biology of male mexican free-tailed bats (Tadarida brasiliensis mexicana). Journal of Mammalogy, 83(2):489-500.
- KUNZ, T. H. y S. K. ROBSON. 1995. Postnatal growth and development in the mexican free-tailed bat (Tadarida brasiliensis mexicana): birth size, growth rates and age estimation. Journal of Mammalogy, 76(4):769-783.
- LA VAL, R. K. 1973. Observations on the biology of Tadarida brasiliensis cynocephala in Southeastern Louisiana. American Midland Naturalist, 89 (1): 112-120.
- LOLLAR, A. 1995. Notes on the mating behavior of a captive colony of Tadarida brasiliensis. Bat Research News. 5(1),5.
- McCRACKEN, G. F. 1984 Communal nursing in Mexican free-tailed bat maternity colonies

- Science, 223: 1090-1091.
- McCRACKEN, G. F. 1987. Why are we losing our mexican free-tailed bats?. *Bats*, 4 (4): 1-3.
- McCRACKEN, G. F., M. K. McCRACKEN y T. VAWTER. 1994. Genetic structure in migratory populations of the bat Tadarida brasiliensis mexicana. *Journal of Mammalogy*, 75(2):500-514.
- McCRACKEN, G. F. 1996. Bats aloft, a study of high altitude feeding. *Bats*, 14(3):7-10.
- McCRACKEN, G. F., y M. F. GASSEL. 1997. Genetic structure in migratory and nonmigratory populations of brazilian free-tailed bats. *Journal of Mammalogy*, 78(2):348-357.
- McCRACKEN, G. F. y G. S. WILKINSON. 2000. Bat Mating Systems. 321-362 pp. In *Reproductive Biology of Bats*. E. G. Crichton y P. H. Krutzsch, Eds. Academic Press. USA., i-xii+1-510.
- MONTELLANO R. H., O. MUJICA, H. MENDOZA y A. RAMÍREZ. 1993. Manual de Laboratorio de Biología del Desarrollo. Instituto Politécnico Nacional. México, 1-237.
- ORTEGA, J. y H. T. ARITA. 1999. Structure and Social dynamics of harem groups in Artibeus jamaicensis (Chiroptera:Phyllostomidae). *Journal of Mammalogy*, 80(4):1173-1185.
- PAGELS, J. F. y C. JONES. 1974. Growth and Development of the free-tailed bat, Tadarida brasiliensis cynocephala (Le Conte). *The Southwestern Naturalist*, 19 (3): 267-276.
- RACEY P. A. 1982. Ecology of bat reproduction. 57-258 pp. In *Ecology of bats*. T. H. Kunz, Ed. Plenum Press, xviii + 1-425.
- RACEY P. A. 1988. Reproductive Assessment in Bats. 31-43 pp. In *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution, xxii + 1-500.
- RACEY, P. A. y A. C. ENTWISTLE. 2000. Life-history and Reproductive Strategies of bats, 363-414 pp., in *Reproductive Biology of bats*. (E. G. Crichton and P. H. Krutzsch, eds.). Academic Press. xxii+1-510.
- REID, F. A. 1997. A field guide to the Mammals of Central America and southeast Mexico. Oxford University Press. i-xviii+1-334.
- ROMANO, M. C., J. I. MAIDAGAN y E. F. PIRE. 1999. Behavior and demography in an urban colony of Tadarida brasiliensis (Chiroptera: Molossidae) in Rosario, Argentina. *Revista de Biología Tropical*, 47(4).
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. 1981. Carta de Climas, Carta de Temperatura Media Anual, Carta de Precipitación Total y Carta de Uso del Suelo. Atlas nacional del Medio. Atlas nacional del Medio Físico. INEGI.
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. INEGI. 1981. Carta de Climas. Atlas nacional del Medio. Atlas nacional del Medio Físico.

- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. INEGI. 1981. Carta de Temperatura Media Anual. Atlas nacional del Medio. Atlas nacional del Medio Físico.
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. INEGI. 1981. Carta de Precipitación Total. Atlas nacional del Medio. Atlas nacional del Medio Físico.
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. INEGI. 1981. Carta de Uso del Suelo. Atlas nacional del Medio. Atlas nacional del Medio Físico.
- SETCHELL, B. P. 1982. Spermatogenesis. 63-101. *In* Reproduction in mammals: Germ Cells and Fertilization. Second edition. Cambridge University Press, lx + 1-177.
- SHERMAN, H. B. 1937. Breeding habits of the free-tailed bat. *Journal of Mammalogy*, 18:176-187.
- SHORT, H. L. 1961. Age at sexual maturity of Mexican free tailed bats. *Journal of Mammalogy*, 42 (4): 533-536.
- SILVA-TABOADA, G. 1977. Algunos aspectos de la selección del habitat en el murciélago Phyllonycteris poeyi Gundlach in Peters 1861 (Mammalia: Chiroptera). Poeyana. Instituto de Zoología, Academia de Ciencias de Cuba, (168):1-10.
- TIRANTI, S. I. y M. P. TORRES. 1998. Observations on bats of Cordoba and La Pampa provinces, Argentina. Occasional papers, Museum of Texas Tech University, 175:1-13.
- TWENTE, J. W. Jr. 1956. Ecological observations on a colony of Tadarida mexicana. *Journal of Mammalogy*, 37 (1): 42-47.
- VARGAS-CONTRERAS, J. A. 1998. Factores microclimáticos y selección del refugio diurno por murciélagos cavernícolas en Gomez Farias, Tamaulipas. Tesis de Grado, Maestría en Ciencias, i-iii+1-110.
- VAUGHAN, T. A. 1966. Morphology and flight characteristics of molossid bats. *Journal of Mammalogy*, 47(2):249-260.
- VILLA-R., B. 1967. Los Murciélagos de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, i-xi+1-491.
- VILLA-R., B., y E. L. COCKRUM. 1962. Migration in the guano bat, Tadarida brasiliensis mexicana (Saussure). *Journal of Mammalogy*, 43 (1): 43-61.
- WILKINS, K. T. 1989. Tadarida brasiliensis. *Mammalian Species*, 331: 1-10.
- WILLIAMS, T. C., L. C. IRELAND, y J. M. WILLIAMS. 1973. High altitude flights of the free-tailed bat, Tadarida brasiliensis, observed with radar. *Journal of Mammalogy*, 54(4):807-821.
- WIMSATT, W. A. 1979. Reproductive asymmetry and unilateral pregnancy in Chiroptera.

RESUMEN

Se determinó el ciclo reproductivo de Tadarida brasiliensis mexicana en la cueva "El Salitre", Metztlán, Hidalgo, utilizando datos colectados de mayo de 1997 a agosto de 1998. Se realizaron estudios anatómicos e histológicos de los aparatos reproductores masculino y femenino. En machos se analizó el desarrollo de los testículos y glándulas accesorias (próstata y vesícula seminal), y los procesos de gametogénesis; en hembras se analizó el desarrollo ovárico, el de los cuernos uterinos, los procesos de gametogénesis y la implantación y desarrollo embrionario. Los machos solo son activos reproductivamente de marzo a mediados de abril, cuando los testículos y glándulas accesorias presentan las mayores tallas; es el único período del año en que se encontraron espermatozoides en testículo y en epidídimo. La espermatogénesis ocupa la mayor parte del año, de finales de junio a mediados de abril, con un período de reposo en mayo. La maduración de los folículos ováricos es gradual y abarca de octubre a marzo. La receptividad de las hembras solo se presenta en marzo, el ciclo reproductivo es monoestral estacional, con periodo de gestación de aproximadamente tres meses, ocurre de finales de marzo a finales de junio. Los nacimientos no suceden en la cueva, se estima que ocurren de mediados de junio a mediados de julio en un refugio cercano, las hembras paren una sola cría. Los machos se reproducen después del primer año de vida; las hembras, antes de cumplir un año de edad. El sistema de apareamiento es poligínico estacional de multimachos/multihembras. Los dos sexos se reúnen desde febrero y marzo para aparearse; la población alcanza su mayor número en junio-julio, cuando se encontraron en proporción de tres hembras por macho. La época de lluvias tiene relación con la temporalidad de la reproducción, la época de apareamiento se presenta poco después de un primer pico en las lluvias y el final de la lactancia sucede durante la última fase de un segundo pico máximo de lluvias anuales, lo que origina una mayor cantidad de alimento disponible. El máximo anual de temperatura corresponde al final de la lactancia y el durante el mínimo de temperatura anual, la población presenta el menor número poblacional en la zona.

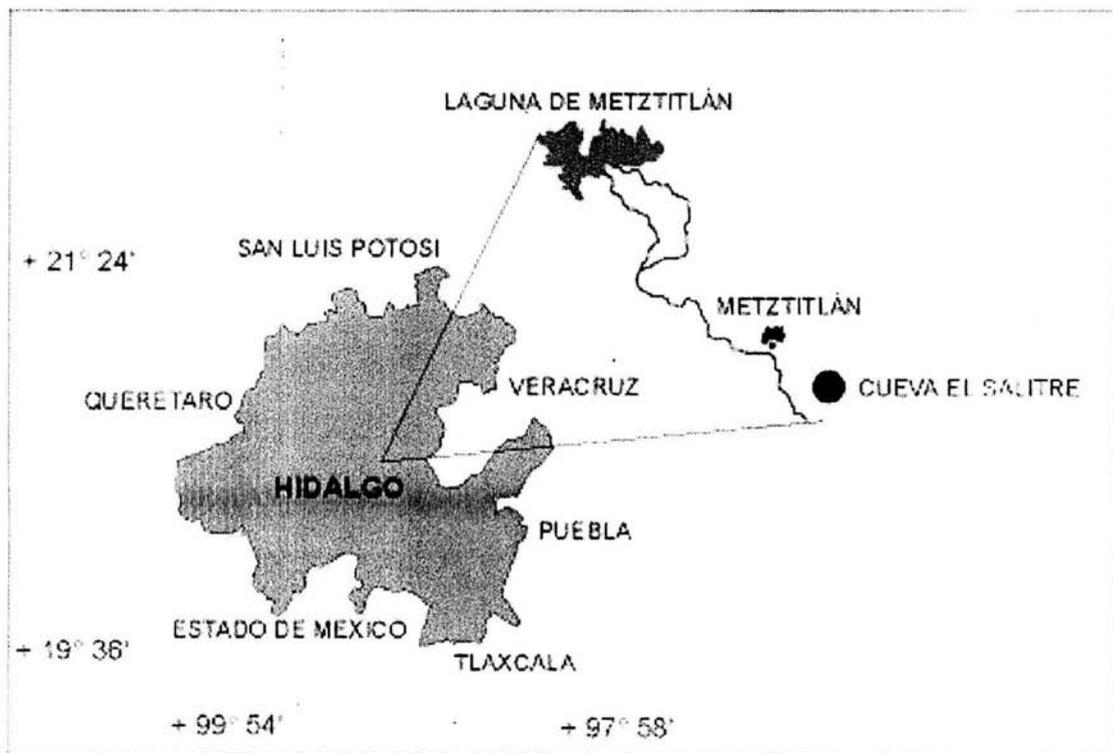


Figura 1. Localización de la cueva "El Salitre", Metztlán, Hidalgo.

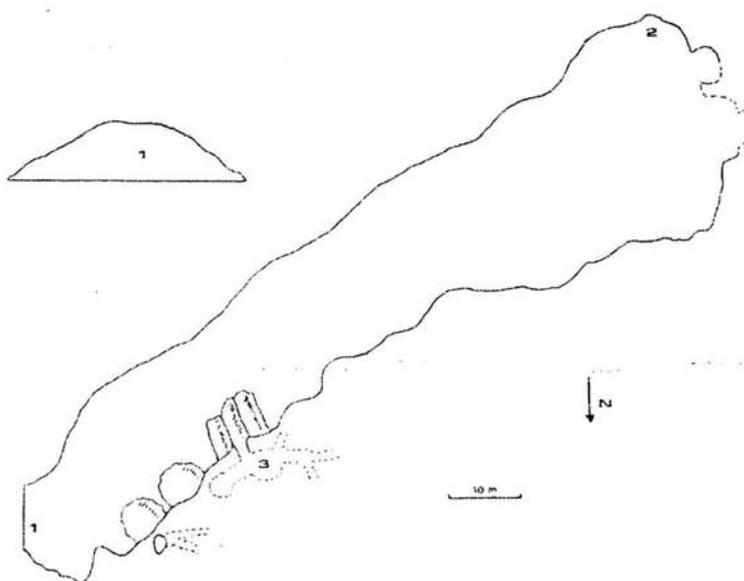
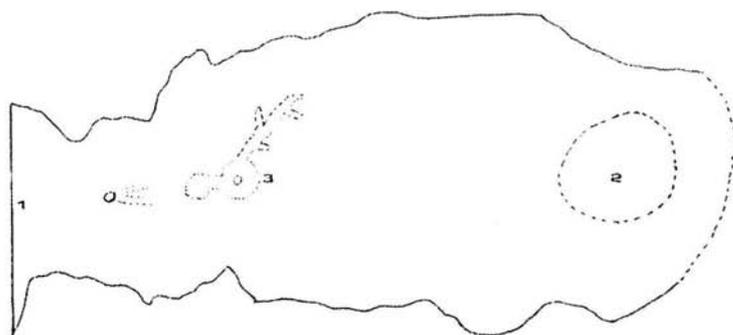


Figura 2. Cueva "El Salitre" . Se muestra un plano en vista superior y el corte .
(1) Entrada, (2) "La Olla", (3) Túneles excavados artificialmente.

CICLO REPRODUCTIVO, MACHOS DE Tadarida brasiliensis mexicana.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		Máxima long testicular				Minima Long testicular					
	Maxima anchura testicular						Minima anchura testicular				
		Máxima long. próstata	Máxima long. próstata				Minima long. prostata				
		Máxima long. vesícula seminal	Máxima long. vesícula seminal				Minima long. vesícula seminal				
Espermatocitos espermatides Espermatozoides en testículo y epididimo	Espermatocitos espermatides Espermatozoides en testículo y epididimo	Espermatozoides en tubulos seminiferos y epididimo	Disminución de espermatozoides en epididimo	Principalmente Espermatogonias A	Principalmente Espermatogonias B	Principalmente Espermatogonias B. Escasos Espermatocitos primarios	Espermatocitos primarios		Espermatocitos Zarios, Espermatidas	Espermatocitos Zarios, Espermatidas	Espermatozoides Escasos Espermatocitos y espermatides

Figura3. Diferentes fases del ciclo reproductivo anual de los machos de Tadarida brasiliensis mexicana, con los cambios histológicos y anatómicos asociados.

CICLO REPRODUCTIVO, HEMBRAS DE Tadarida brasiliensis mexicana.

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
??	??	????	???	Long minima Cuerno Uterino derecho	Long Máxima Cuerno Uterino derecho	?????	?????	????	Tamaño constante del Cuerno Uterino derecho	Tamaño constante del Cuerno Uterino derecho	Disminucion tamaño del Cuerno Uterino derecho
				Presencia de feto	Presencia de feto						
??	??	Fecundación	Gestación	Gestación	Gestación	Nacimientos	Neonatos	Juveniles	Juveniles	Subadultos	Subadultos
Pared del Utero gruesa	Pared del Utero gruesa	Presencia de Espermatozoides en Utero	Embrión en primeras divisiones	Todos los tipos de folículos, los de De Graaf, atrésicos, cuerpo Luteo	Foliculos primordiales	¿???	¿????	¿????	Utero con pared delgada	Utero con pared delgada	Pared del utero se empieza a engrosar

Figura 4. Diferentes fases del ciclo reproductivo anual de las hembras de Tadarida brasiliensis mexicana, con los cambios histológicos y anatómicos asociados.

ESTADO REPRODUCTIVO HEMBRAS

	H. ADULTAS				H SUBADULTAS			
	I	PP	P	L	I	PP	P	L
1997								
Marzo	29	0	2	0	0	0	0	0
Abril	86	0	0	0	3	0	0	0
Mayo	38	15	2	1	35	10	1	0
Junio	0	0	3	0	1	0	0	0
Julio	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	1	0	0	0	2	0	0	0
Noviembre	5	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	14	0	0	0	0	0	0	0
1998								
Enero	28	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	6	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	19	0	0	0	15	0	0	0
Abril	74	0	0	0	4	0	1	0
Junio	3	0	47	0	0	0	0	0
Jul-22	0	0	0	0	0	0	0	0
Jul-29	0	0	0	0	0	0	0	0
Octubre	10	0	0	0	5	0	0	0
Noviembre	23	0	0	0	1	0	0	0
1999								
Enero	19	0	0	0	2	0	0	0
Febrero	13	0	0	0	2	0	0	0
Mar-06	6	0	0	0	0	0	0	0
Mar-27	28	0	0	0	2	0	0	0
Mayo	0	0	65	0	0	0	0	0
Julio	0	0	0	1	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5.- Tabla del Estado reproductivo por mes, de las hembras desde 1997 a 1999. H, Hembras; I, Inactivas; PP, Posiblemente preñadas; P, Preñadas; L, Lactantes.

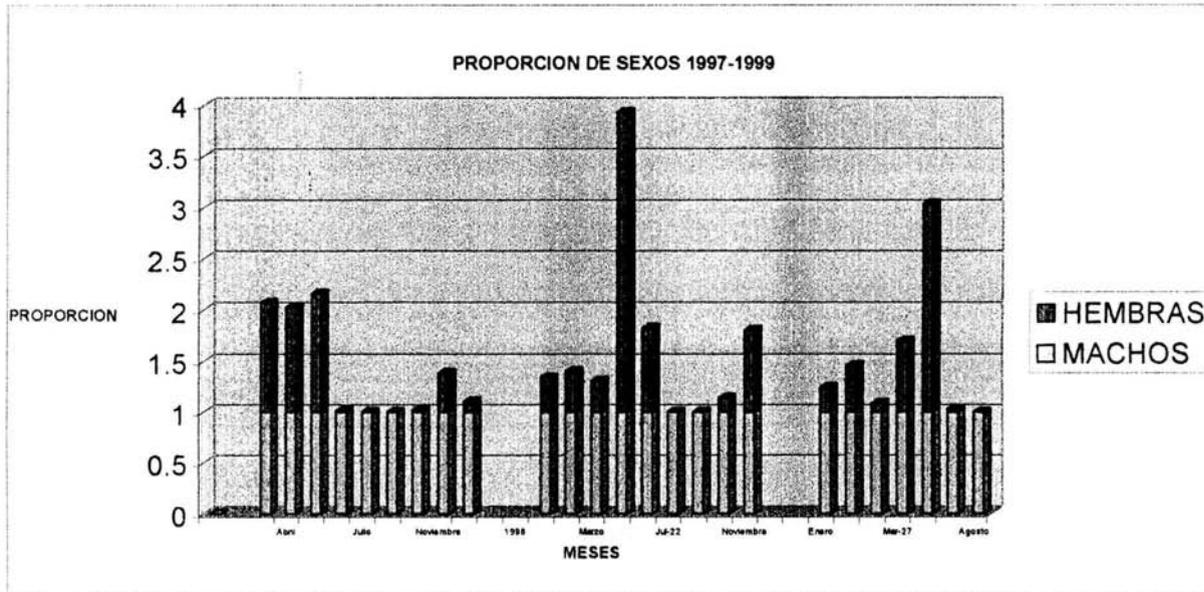


Figura 6.- Gráfica con la proporción de sexos mensual, de 1997 a 1999. Los machos se consideran siempre uno con respecto a las hembras

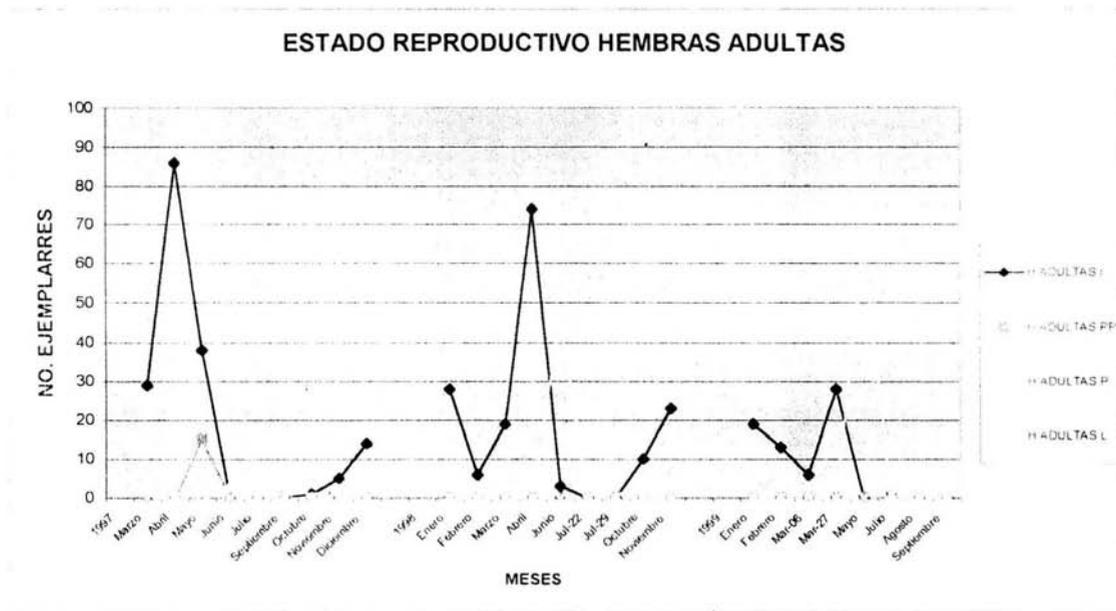


Figura 7.- Estado reproductivo de las hembras adultas registrado por mes, de 1997 a 1999.

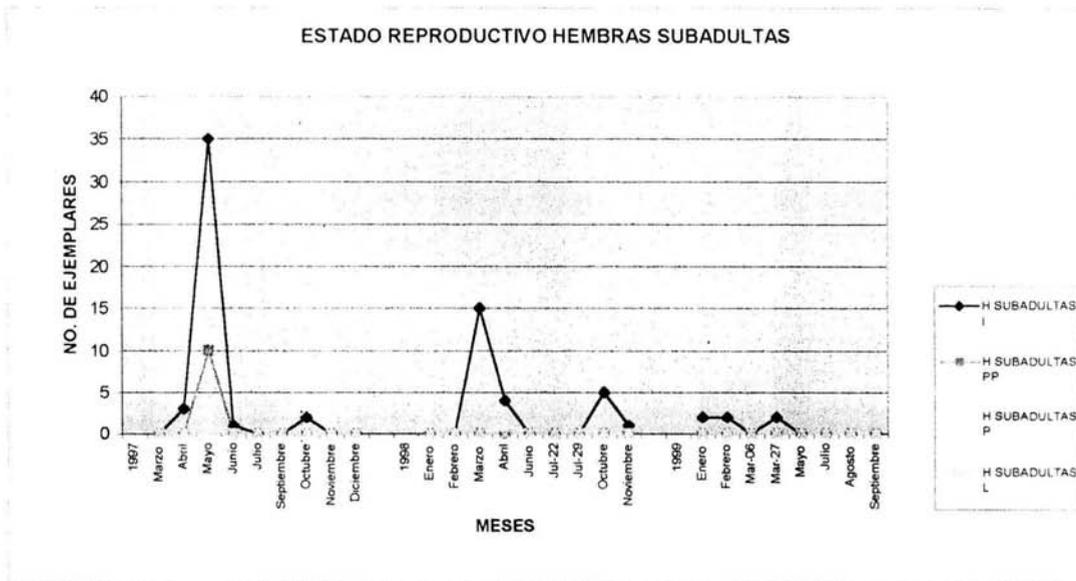


Figura 8.- Estado reproductivo de las hembras subadultas registrado por mes, de 1997 a 1999.

	ESTADO REPRODUCTIVO MACHOS											
	M ADULTOS			M SUBADULTOS			M JUVENILES					
	TA	TI	TE	TA	TI	TE	TA	TI	TE	TA	TI	TE
1997												
Marzo	6	14	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Abril	11	64	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	32	12	0	38	7	0	0	0	0	0	0	0
Junio	153	58	22	28	8	1	0	0	0	0	0	0
Julio	16	11	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	107	27	1	112	3	0	0	1	0	0	0	0
Octubre	81	19	32	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Noviembre	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diciembre	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998												
Enero	25	56	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	16	89	0	6	1	0	0	1	0	0	0	0
Abril	17	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junio	13	1	40	6	0	1	0	0	0	0	0	0
Jul-22	49	4	50	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Jul-29	32	0	58	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Octubre	22	48	40	1	0	3	0	0	0	0	0	0
Noviembre	1	28	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1999												
Enero	2	31	50	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Febrero	0	11	18	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Mar-06	3	12	55	4	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar-27	1	5	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mayo	7	16	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Julio	20	19	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	2	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Septiembre	0	0	39	0	1	5	0	0	0	0	0	0

Figura 9.- Tabla del Estado reproductivo por mes, de los machos desde 1997 a 1999. M, Machos; TA, Testículos abdominales; TI, Testículos inguinales; TE, Testículos escrotados.

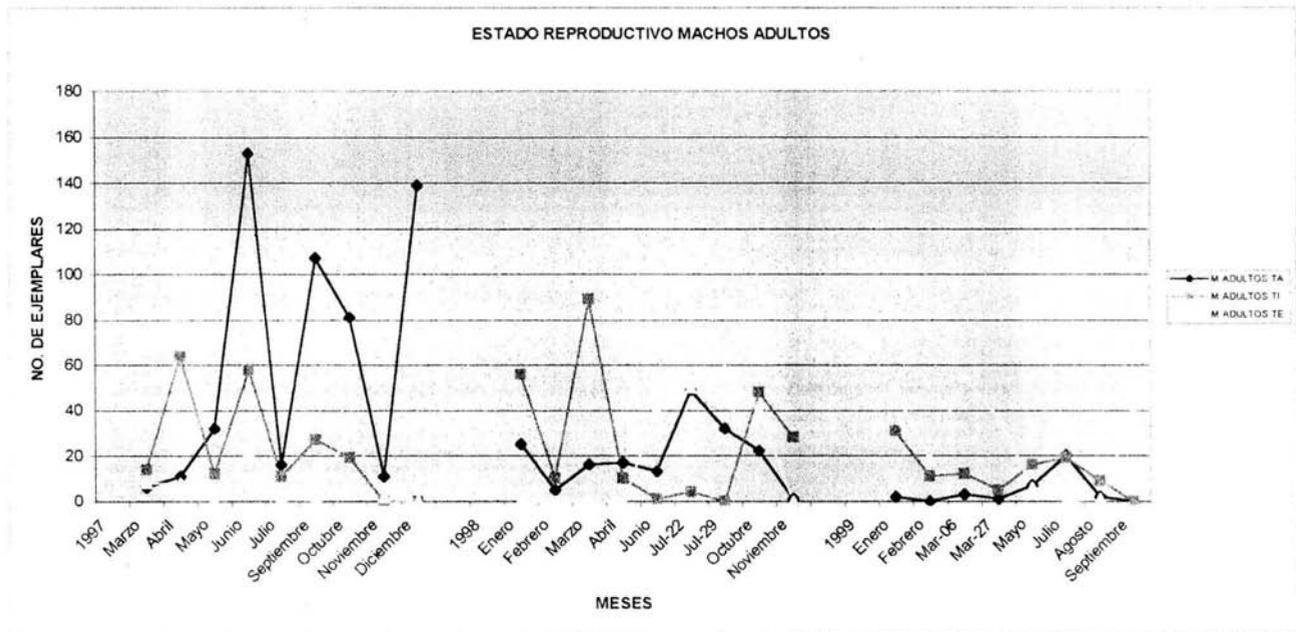


Figura 10.- Estado reproductivo de los machos adultos, registrado por mes, de 1997 a 1999.

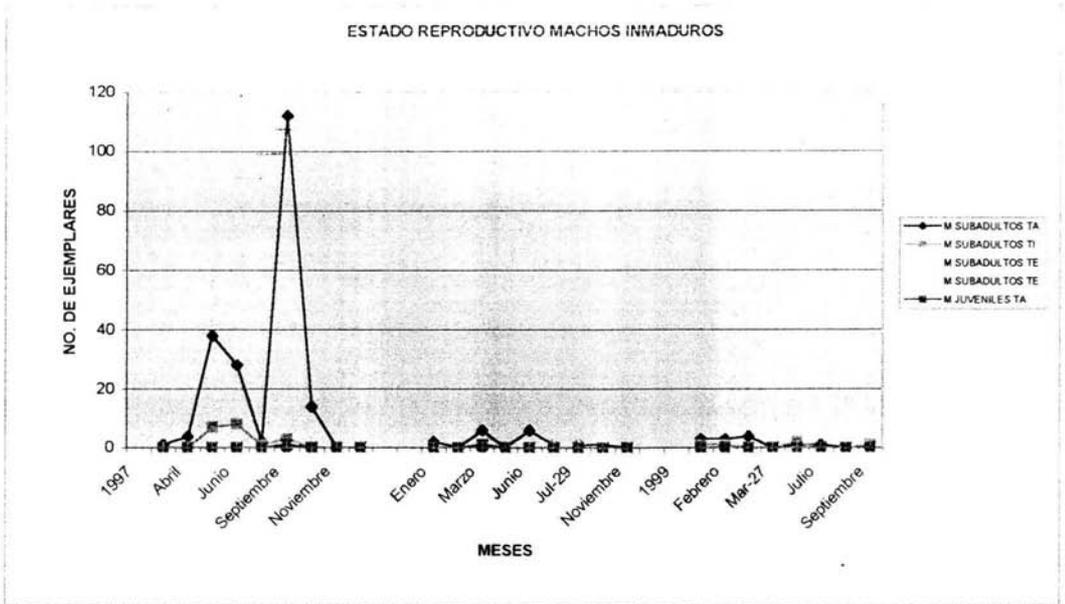


Figura 11.- Estado reproductivo de los machos inmaduros, registrado por mes, de 1997 a 1999.

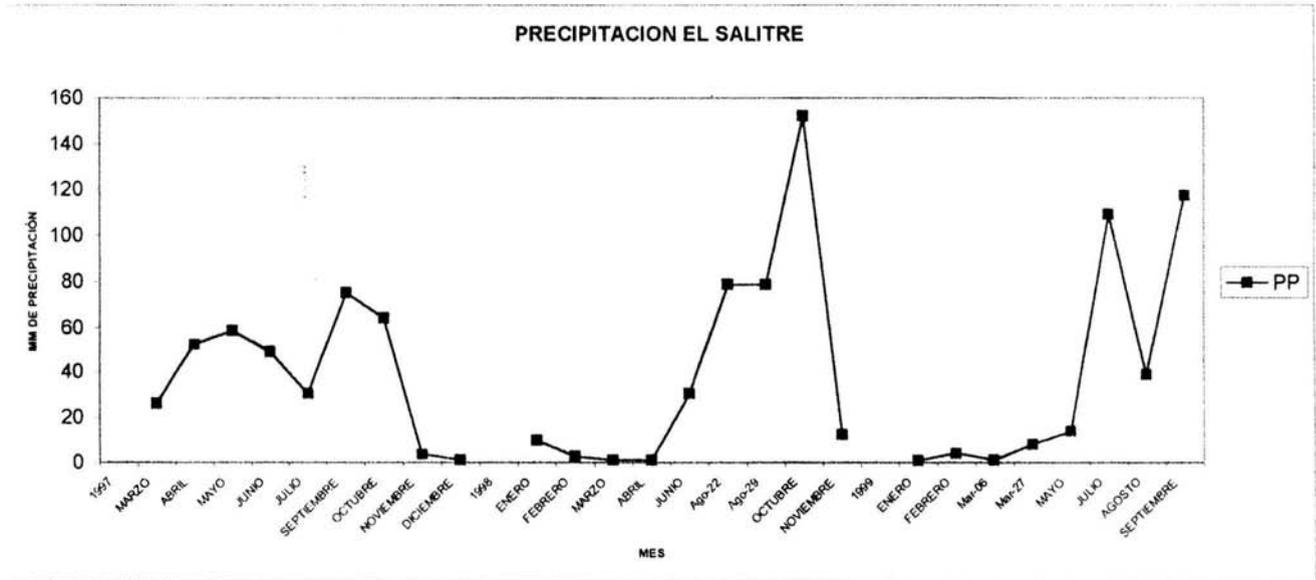


Figura 12.- Régimen de precipitación pluvial en las inmediaciones de la cueva El Salitre, obtenido a partir de datos de la estación meteorológica de Metztlán, Hidalgo.

Humedad Interna, Externa, Precipitación 1997-1999

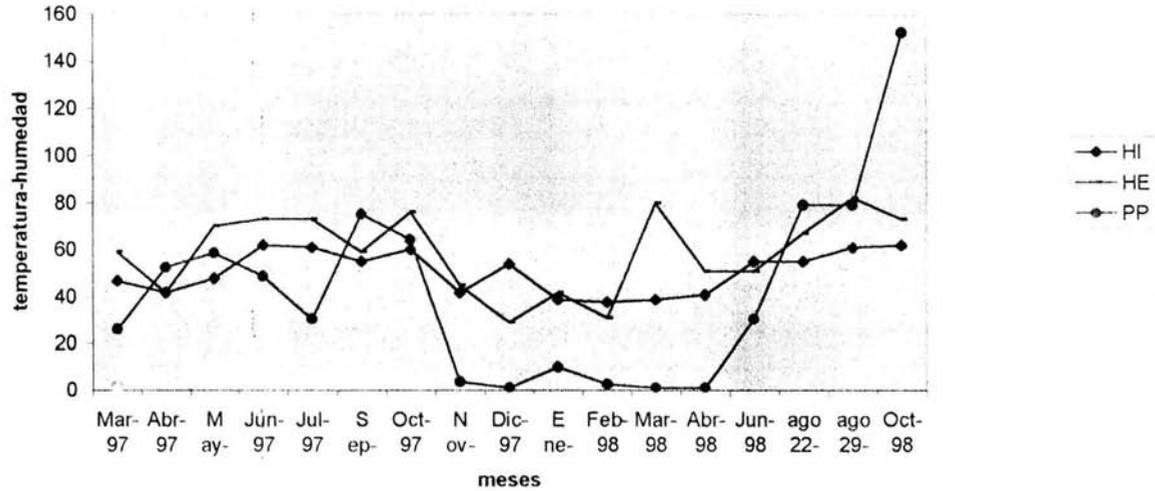


Figura 13.- Relación de la humedad interna y externa en la cueva, respecto a la precipitación en la zona y la cueva de El Salitre, Metztlán, Hidalgo.

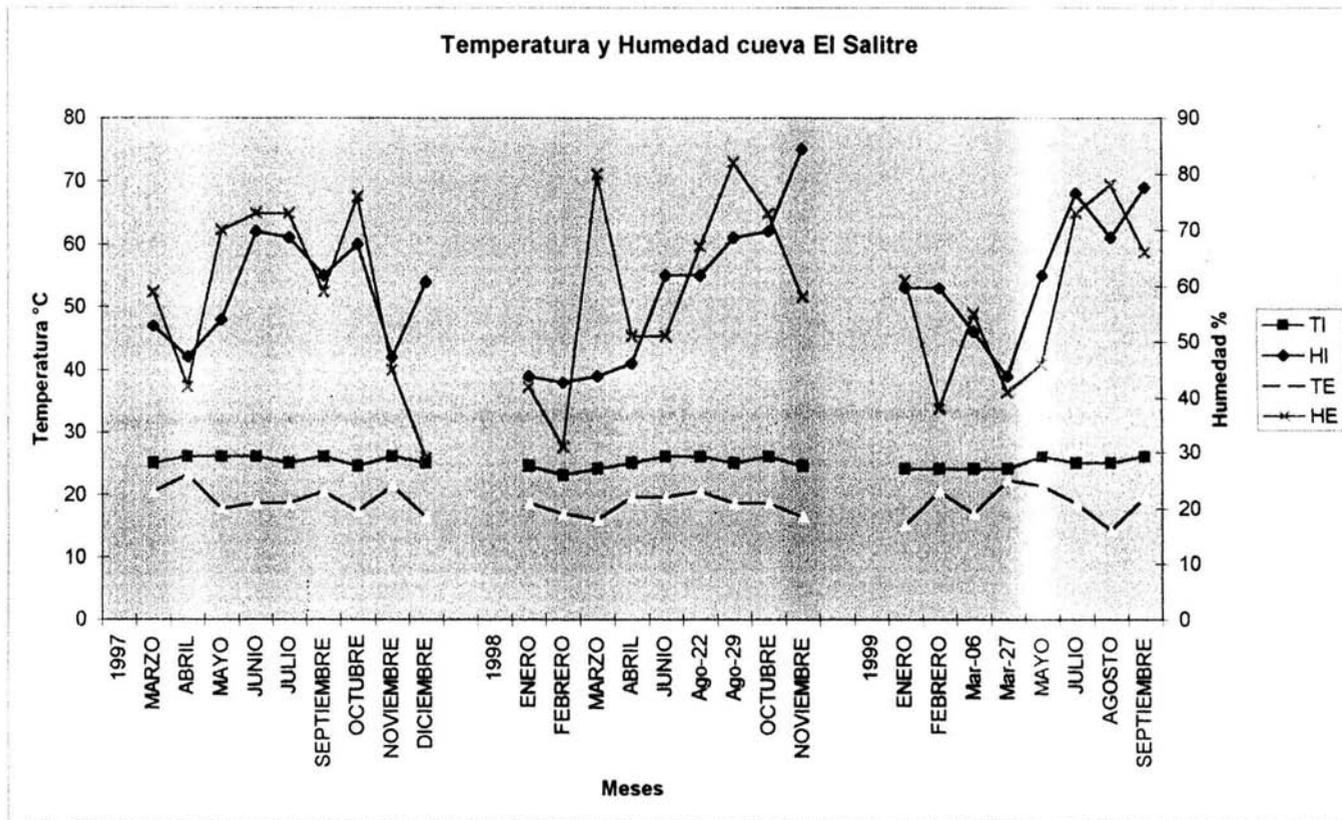


Figura 14.- Temperatura y humedad en la cueva El Salitre, registrada mensualmente de 1997 a 1999.

CAPITULO IV

RELACIONES DE Tadarida brasiliensis mexicana CON OTRAS ESPECIES EN LA CUEVA EL SALITRE, METZTITLAN, HIDALGO.

INTRODUCCION

Los murciélagos, como parte de los ecosistemas, presentan una serie de relaciones o interacciones con el medio, incluidos otros seres vivos, de manera que la abundancia, la distribución y la historia de vida de cada especie están condicionados a dichas interacciones, las cuales generan procesos de selección natural y deben ser consideradas en la planeación de las medidas para su conservación. Las relaciones que se analizan en este estudio son la depredación, el parasitismo y el detritivorismo así como la convivencia de los murciélagos guaneros con otras especies de quirópteros y roedores. La depredación es el consumo de un organismo por parte de otro, generalmente causando la muerte del afectado en beneficio del primero (Krebs, 1985); en un contexto mas amplio y completo, incluye las interacciones en las cuales un organismo consume a otro y lo mata, o bien toma solo una parte de su presa siendo en ese caso herbivorismo o camivorismo (Begon et al., 1995).

El parasitismo ha sido considerado como un modo de depredación, en el que el parásito consume parcialmente a su presa sin matarla (Krebs, 1985). Las actividades de los parásitos influyen en la evolución de sus hospederos y se tiene el efecto de los hospederos sobre sus parásitos también; sin embargo, para fines de este estudio se considerarán como diferentes parasitismo y depredación, la diferencia entre ambos procesos, suele ser sutil y se basa principalmente en que los depredadores toman parte o todo el cuerpo de muchas presas individuales, mientras los parásitos suelen obtener recursos de uno o muy pocos hospederos y rara vez llegan a matarlos (Begon et al., 1995).

El detritivorismo consiste en el consumo de materia orgánica muerta que representa un recurso para otros organismos, los que dependen de la tasa con la que una fuerza ajena a ellos (senectud, enfermedad, luchas, accidentes y de manera también muy importante la defecación) liberan el recurso del cual los detritívoros viven (Begon et al., 1995).

El murciélago guanero, Tadarida brasiliensis mexicana, es una de las especies más estudiadas en el continente americano, principalmente en los Estados Unidos de América. De ellos se conocen algunas de sus relaciones con otras especies de vertebrados e invertebrados; sin embargo, en ese rubro particular y en relación con poblaciones que se distribuyen en México, los conocimientos documentados son escasos (Villa, 1956; Ross, 1961; Villa y Cockrum, 1962; Ross, 1967; Alvarez y Polaco, 1980).

Estos murciélagos tienen gran importancia tanto en los ecosistemas naturales como en los que han sido modificados fuertemente por el hombre, principalmente los agrícolas, pues los ejemplares de T. brasiliensis mexicana son depredadores de insectos voladores de varias familias, centrándose en las fases de adultos, y son a su vez depredados por una variedad de vertebrados y de invertebrados, los que influyen sobre la mortalidad de los diferentes estadios o categorías de edad. La depredación sobre T. brasiliensis se efectúa aprovechando los restos de adultos muertos en los sitios de refugio, consumiendo a las crías que caen al piso de los mismos, o bien cazando a estos quirópteros al vuelo (Twente, 1955; Davis et al., 1962; Wilson, 1997); también se sabe de serpientes que capturan a los murciélagos mientras descansan en los sitios de percha, subiendo a esos lugares, o bien esperándolos en la entrada del refugio, donde el ofidio se cuelga del techo con la cabeza en el aire a esperar que algún murciélago pase cerca y pueda ser atrapado (Gillette y Kimbrough, 1970; Hill y Smith, 1984).

Estos murciélagos también son importantes para la economía del hombre, debido principalmente a que se reúnen en grupos que pueden rebasar el millón de ejemplares, de manera que como población pueden consumir grandes cantidades (a veces toneladas) de insectos por noche, resultando un eficaz control de algunos que son potencial o efectivamente plagas para los cultivos agrícolas (McCracken, 1987, 1996). Además de lo anterior, se reúnen en refugios en los que el guano se acumula en grandes cantidades; éste generalmente es utilizado en las regiones cercanas a las cuevas como fertilizante natural en México. Por otro lado, en algunos países desarrollados existe gran interés en realizar cultivos agrícolas más limpios y se tiene demanda de este tipo de fertilizantes naturales, como es el caso de Canadá y los Estados Unidos de América.

ANTECEDENTES

A grandes rasgos, se conocen los requerimientos nutricionales y ciertas características del hábito alimentario de individuos pertenecientes a los estadios de juveniles y de adultos criados en cautiverio y de otros obtenidos de la naturaleza; por ejemplo, por medio del análisis de la acumulación de nitrógeno y minerales y su concentración en la leche, se sabe que el calcio es el que determina la cantidad de leche necesaria para cubrir los requerimientos de los juveniles (Studier y Kunz, 1995). En cuanto a la dieta, Black (1974) registra las preferencias de consumo de palomillas de la familia Gelechiidae y de escarabajos por murciélagos insectívoros como T. brasiliensis.

Los murciélagos guaneros han sido mantenidos en cautiverio alimentados con gusanos de la harina (Constantine, 1948; French y Lollar, 1998). En cuanto a lo registrado sobre la dieta, se han analizado las preferencias alimentarias de murciélagos insectívoros en general y de T. brasiliensis en particular, determinando el alto consumo de lepidópteros (palomillas) por estos (Kunz, 1973; Kunz y Whitaker, 1983; Whitaker et al., 1996).

Respecto a los hábitos alimentarios, Whitaker et al. (1996) determinaron los insectos consumidos en los dos períodos diarios de forrajeo que presenta T. brasiliensis, encontrando que en el segundo las palomillas (Lepidoptera) ocupan, con mucho, el mayor porcentaje.

Un estudio que relaciona el tamaño del cráneo, el desarrollo de las crestas del mismo, el tamaño y robustez de los dientes y el grosor de las mandíbulas con el tipo de insectos de los que se alimentan varios murciélagos insectívoros, fue realizado por Freeman (1981) quien menciona órdenes y algunas familias de insectos consumidos por T. brasiliensis, y que son casi las mismas que registra Ross (1961, 1967). Los porcentajes de insectos consumidos por una serie de ejemplares de murciélago guanero examinados, entre los que se incluyen algunos procedentes de México, son: Lepidoptera, Familia Nepticulidae (Palomillas), 34%; Hymenoptera, Familia Formicidae (Camponotus), 26.2%; Coleoptera, Familia Scarabeidae (escarabajos) y Chrysomelidae, 16.8%; Homoptera, Familia Cycadellidae, 15%; Hemiptera, Familia Corixidae, 6.4%; Neuroptera, Familia Myrmeleontidae (Hesperoleon), 1.6%; como puede verse, el porcentaje mayor corresponde a lepidópteros.

Estos murciélagos tienen un tipo de vuelo recto y rápido, poco maniobrable, gracias a sus adaptaciones alares y esqueléticas al tiempo que retienen una eficiente locomoción terrestre (Vaughan, 1966), lo que les permite capturar insectos en vuelo, generalmente a grandes alturas (MacKracken 1996), así como cerca del suelo. En cuanto a los horarios de actividad diaria, T. brasiliensis inicia esta en el crepúsculo y la mayor parte de la misma es nocturna, en general forrajea alto en el aire, muy lejos de la vegetación, alimentándose de insectos voladores que atrapa al vuelo con movimientos rápidos (Ross, 1961; Vaughan, 1966; Ross, 1967; McCracken, 1996); como adaptación a ese tipo de forrajeo, presenta un pliegue en la lengua cuya función parece ser la de impedir el paso de los insectos que pueden llegar a grandes velocidades a la garganta (Elizalde-Arellano et al., 2002).

En Texas, insectos asociados a las acumulaciones de guano dentro de las cuevas, son los derméstidos Dermestes camivorus y D. maculatus, de los que las larvas se encuentran en enormes cantidades en el guano y cuyos adultos suben al techo de los refugios, formando conjuntos y entrando en contacto con los murciélagos; al parecer en esos sitios la dieta de los insectos es el pelaje que se muda a mediados de verano, pero además consumen vorazmente a los murciélagos caídos que no son capaces de subir de nuevo por las paredes, y que en ocasiones son comidos en gran parte antes de morir (Davis et al., 1962). Es común también encontrar en números muy grandes, larvas de los gusanos de la harina Tenebrio sp., las cuales son un agente importante de mortalidad de neonatos y juveniles que han caído al piso del refugio (Wilkins, 1989). Otro escarabajo presente en cuevas de Texas es Aphitobius, el cual se encuentra en números aún mayores que los derméstidos.

El ácaro hematófago Ichoronyssus robustipes, generalmente infesta a los murciélagos guaneros desde principios de primavera hasta mediados de junio en Texas; la garrapata Microtrombicula merihewi (Trombiculidae) se encuentra comúnmente en la cavidad nasal de T. brasiliensis (Davis y Loomis, 1971).

Otros parásitos son Omithodoros stageri y O. yumatensis (Argasidae) (Doodley et al., 1976). Ejemplos de otros ácaros que parasitan a T. brasiliensis, son: Chiroptonyssus robustipes (Dermanyssidae), identificado como causante de dermatitis, Steatonyssus ceratognathus y S. occidentalis (Mesostigmata), Nycteriglyphus bifolium (Gliciphagidae), Dendrocarpus macrotinthus, Olavidocarpus lawrencei (Labidocarpidae).

La mosca hematófaga Trichobius sp., es un parásito obligado común de los murciélagos hematófagos (Méndez, 1988). En los murciélagos guaneros, se tiene registrado que con frecuencia se encuentra a las moscas de este género, y aunque no los infestan en grandes cantidades, parecen ser parásitos obligados. También están registrados Basilisa forcipata y B. antrozoi (Nicteribiidae) lo mismo que las pulgas Sternopsylla sp. (Davis et al. 1962) y S. distincta (Autino et al., 1999; Muñoz et al., 2003). Todos los artrópodos mencionados por Davis et al. (1962), son considerados por ellos como posibles vectores de enfermedades para los murciélagos guaneros.

En cuanto a las relaciones de T. brasiliensis con otras especies de vertebrados, se sabe que gatos y perros domésticos, ratas y ratones urbanos pueden estar en contacto con ellos (Davis et al., 1962). Entre las especies silvestres que comparten los refugios con los murciélagos guaneros, se encuentran Eptesicus fuscus, Myotis velifer, Myotis austroriparius, Mormoops megalophylla, Nycticeius humeralis y Corynorhinus rafinesquii entre los murciélagos; de los roedores, se tienen las ardillas de las rocas Spermophilus variegatus, las cuales fueron comunes en las cercanías de los refugios pero nunca fueron vistos dentro, los ratones Peromyscus maniculatus están registrados como presentes tanto dentro como fuera de los refugios en Texas. Entre las aves, se sabe de golondrinas de cueva (Petrochelidon = Hirundo fulva), reyezuelos de las rocas (Salpinctes obsoletus) y mosqueros (Sayornis saya) (Davis et al. 1962; Wilkins, 1989).

Entre los posibles depredadores, se encuentran mamíferos como tlacuaches (Didelphis sp.), zorras (Urocyon cinereoargenteus), mapaches (Procyon lotor), cacomixtles (Bassariscus astutus), zorrillos (Mephitis mephitis, Conepatus mesoleucus), linceos (Lynx rufus), además de gatos y perros domésticos (Davis et al. 1962; Gillette y Kimbrough, 1970; Hill y Smith, 1984; Wilkins, 1989; Wilson, 1997).

Las aves depredadoras incluyen milanos (Ictinia mississippiensis), búhos (Bubo virginianus), lechuzas (Tyto alba), aguilillas, gavilanes y halcones (Buteo jamaicensis, Accipiter cooperii, Falco peregrinus, Falco sparverius), correcaminos (Geococcyx californianus) y cuervos (Corvus sp), (Herreid, 1960; Taylor, 1964; Gillette y Kimbrough, 1970; Wilkins, 1989). De los reptiles se tienen serpientes y culebras como la chironera (Masticophis flagellum), la mocasín (Aqkistrodon contortrix), en cuyo contenido estomacal se encontraron murciélagos (Davis et al. 1962); se ha registrado a las culebras verdes o culebras ratoneras, Elaphe sp., Senticolis sp., Elaphe triaspis, = Senticolis triaspis y a Elaphe obsoleta como un grandes consumidoras de murciélagos, de las coralillos (Micrurus fulvius)

esta registrado también el consumo de quirópteros (Twente, 1955; Davis *et al.*, 1962; Gillette y Kimbrough, 1970; Wilkins, 1989).

Los murciélagos guaneros pueden ser capturados por los depredadores mencionados al estar perchados en sus refugios durante el día; esperándolos a la salida de los mismos y capturándolos al pasar volando o bien, cazándolos activamente al vuelo. Otro tipo de depredación se presenta cuando las crías o incluso adultos débiles llegan a ser devorados (en ocasiones antes de morir) si caen al suelo, por artrópodos entre los que se encuentran hormigas, cucarachas y arañas (Wilson, 1997).

Area de estudio: Cueva El Salitre, Metztlitlán, Hidalgo y región aledaña. La cueva se encuentra enclavada en la cañada de Metztlitlán, 3 km al Sur de la población del mismo nombre, la cual es además cabecera del municipio homónimo. Sus coordenadas geográficas son: 98° 45' 39" long W, 20° 35' 32" (Figura 1).

El fondo de la cañada presenta vegetación de tipo tropical perennifolio, en las paredes y laderas de la misma, así como fuera de ella hay vegetación de mezquite y en su extremo noroeste, en las partes más altas, se encuentra vegetación de bosque de encino pino o bosque de pino (Alvarez y Polaco, 1980). El área está enclavada en la provincia biótica Sierra Madre Oriental, propuesta por Alvarez y de La Chica (1974) y en la provincia de la Sierra Madre Oriental, Subprovincia de Carso Huasteco (INEGI, 1992). El fondo de la cañada está formado por tierras fértiles, por lo que ha sido utilizado durante muchos años con fines agrícolas, se cultiva maíz, nuez, calabaza, algunas leguminosas y en menor escala plátano y otros frutales, es el principal sitio en el estado de Hidalgo donde se lleva a cabo agricultura de riego y se considera un importante centro de producción agrícola. Desde tiempos precolombinos se tienen asentamientos humanos en la cañada, aunque cabe mencionar que el crecimiento de la población en la región ha sido moderado.

La cueva se encuentra sobre la pared de un pequeño barranco con orientación Norte, que es una derivación de la cañada principal y mantiene vegetación de matorral xerófito subinermes, el substrato del barranco es parcialmente rocoso. La entrada de la cueva tiene orientación Este, mide aproximadamente 33 metros de ancho por seis a ocho de alto, la cámara principal tiene forma alargada y con una inclinación de cerca de 60 grados entre el punto más bajo y el más alto, debajo de esta cámara existen varios túneles cuya altura no excede 1.20 m., excavados para algún tipo de minería. La parte más profunda del recinto principal tiene el techo en forma de domo, con altura máxima de 30 metros, llamada "La Olla" por los lugareños, este sitio tiene muchas grietas (Figura 2), es ahí donde se refugia el mayor número de murciélagos guaneros y siempre se presentan en ese sitio. La cueva se encuentra en terrenos que pertenecen a la comunidad de Sotoltepeque aunque es más visitada y usada por habitantes de los pueblos cercanos a Metztlitlán, de ella se extrae guano cuando menos cada dos años.

OBJETIVO

A partir de datos de captura o detección de las especies de vertebrados e invertebrados en la cueva "El Salitre", se plantea conocer el inventario de las especies que comparten la cueva con los murciélagos guaneros, Tadarida brasiliensis mexicana, tratando de inferir las posibles interacciones que presentan con estos quirópteros, y las implicaciones de esas relaciones para la población de los mismos.

HIPÓTESIS

De acuerdo a lo registrado en la bibliografía, las poblaciones de Tadarida brasiliensis mexicana que habitan el centro de México, pasan parte del año en la región sur de EUA y por lo tanto algunos de sus ectoparásitos pudieran ser los mismos en ambas regiones, entre ellos ácaros y posiblemente moscas hematófagas, considerando que sean los que se mantienen sobre los murciélagos. Una hipótesis de trabajo será: a) Los murciélagos de El Salitre tendrán gran posibilidad de presentar ectoparásitos de la misma especie que los registrados en EUA, si corresponden a una población que migra entre ambas regiones. b): Los murciélagos de El Salitre tendrán escasa posibilidad de presentar ectoparásitos de la misma especie que los registrados de EUA si corresponden a una población diferente a la que migra.

Otra hipótesis es: a) Si un organismo actúa como depredador de T. b. mexicana, entonces en sus excretas o su contenido gástrico, será posible encontrar restos de los murciélagos, si el análisis se realiza en muestras que no sean totalmente digeridas. b): Si un organismo no actúa como depredador de T. b. mexicana, entonces en sus excretas o contenido gástrico, no será posible encontrar restos de los murciélagos aunque el análisis se realice en muestras no totalmente digeridas.

Debido a que no se realizaron análisis de excretas ni de contenido gástrico de los murciélagos guaneros y que no se realizaron observaciones acerca de la depredación de los insectos, no es posible afirmar si se alimentan de algún tipo particular de ellos, por tanto solamente se propone la posibilidad de que si T. brasiliensis actúa como depredador de alguna especie particular de insecto, entonces existe gran posibilidad de que los restos de ellos se encuentren en grandes cantidades en el área cercana a la zona de percha.

METODOLOGÍA.

De 1997 a 1999 y con periodicidad aproximadamente mensual, se realizaron salidas a la cueva "El Salitre", en cada ocasión se colocaron dos redes cubriendo casi totalmente la entrada al refugio, una de 10 y otra de 12 metros, que estuvieron en posición desde antes de anochecer (18:00

hs.) y fueron retiradas hasta el amanecer del día siguiente (entre las 06:00 y 07:00 hs.), salvo en las ocasiones en que el gran número de murciélagos presente obligó a cerrar las redes para evitar una captura demasiado numerosa.

En cada ocasión se obtuvo como mínimo una muestra de 30 ejemplares de Tadarida brasiliensis mexicana que fueron colocados en vasos de unisel por ocho horas como mínimo, a fin de obtener muestras de sus heces y cuyo objetivo inicial fue identificar los insectos consumidos; antes de ser encerrados y al ser liberados, los murciélagos fueron pesados con un dinamómetro (pesola) con capacidad de 100 gr. y con aproximación a décimas de gramo. Con el procedimiento descrito se obtuvo una diferencia de peso, la cual es atribuible en su mayor parte a la masa de los insectos consumidos y en menor grado a la pérdida de líquidos corporales de los mismos murciélagos. De manera arbitraria, la parte en peso correspondiente al volumen de líquidos eliminados junto con las excretas, no fue considerada en el análisis, sin embargo, el error en la medición se tomó constante.

En las redes mencionadas se capturaron además de los murciélagos guaneros, ejemplares de otras especies de quirópteros, los que fueron identificados en el sitio y liberados; en casos muy particulares algunos fueron colectados y llevados al laboratorio para corroborar la identificación previa. Las aves (principalmente búhos) fueron identificadas por medio de la guía de campo de Peterson y Chalif (1998), sin ser colectadas.

Se utilizó una trampa de huellas consistente en un espacio de terreno a la entrada de la cueva, con tierra suelta y de textura fina, el cual fue limpiado y preparado en cada visita al refugio y en el que se registró el paso de diferentes animales, obteniéndose una idea aproximada de las especies y del número de ejemplares que transitaron por la entrada del refugio entre una visita y la siguiente; esta trampa también registró la afluencia de personas.

De otras especies no quirópteros observadas dentro de la cueva, y cuya identificación a nivel específico es difícil de efectuar a distancia, se colectaron algunos ejemplares con la finalidad de realizar una determinación precisa, como en el caso de los ratones de campo del género Peromyscus, o de algunas culebras que representan el mismo problema.

Se obtuvieron egagrópilas de búho real (Bubo virginianus), el cual fue observado en distintas ocasiones acechando a los murciélagos en la parte externa de la cueva al salir éstos. Las regurgitaciones se examinaron con la finalidad de comprobar si los búhos se alimentan realmente de murciélagos guaneros, y de ser así cuanto representan en la composición de la dieta de estas aves, determinando el grado de depredación que ejercen sobre los murciélagos guaneros.

Las egagrópilas fueron disgregadas separando los materiales constitutivos, que se clasificaron en: material óseo, pelo, plumas y miscelánea. El material óseo se identificó a nivel específico a partir de estructuras diagnósticas de dientes o mandíbulas, cuantificando el número mínimo de ejemplares consumidos de cada especie o tipo con base en el número de ramas mandibulares de un solo lado.

También se calculó la biomasa consumida que representan, a partir del peso promedio de los animales vivos procedentes de la misma zona.

Además de las redes que se colocaron de manera rutinaria a la entrada de la cueva en cada salida, en ocasiones se colocaron otras en los alrededores de la misma con el fin de detectar otros murciélagos o aves que se encuentran en la zona mas cercana al refugio, aunque en realidad no se pueda afirmar que lo utilizan también. En varias ocasiones se colocaron líneas de trampas Museum Special, en la entrada y en los alrededores del refugio, a fin de obtener muestras de la fauna de mamíferos pequeños que se encuentran en la región.

Cuando fue posible, se tomaron muestras de ectoparásitos de los murciélagos, los cuales fueron colocados en una solución de formaldehído al 10 %. Asimismo, se recogieron de entre el guano acumulado bajo "La Olla", muestras de alas casi completas de palomillas, que se mantuvieron secas hasta su estudio, sin una preparación particular. Ambos tipos de muestras fueron identificados por el Biólogo Antonio Oviedo del Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N.

RESULTADOS

Especies que comparten el refugio con Tadarida brasiliensis. En las mismas redes donde se capturaron los murciélagos guaneros a la entrada de la cueva, se obtuvieron capturas de otros quirópteros, los cuales se registraron en diferentes épocas: Eptesicus fuscus miradorensis registrado de marzo a octubre, Leptonycteris yerbabuenae de junio, agosto y octubre, Desmodus rotundus murinus, durante todo el año, Antrozous pallidus pallidus en julio y Dermanura azteca azteca registrado únicamente en diciembre. Todos los anteriores, excepto los murciélagos vampiros, parecen usar el refugio en movimientos regionales o en su migración pues sólo se encuentran en una época del año.

En la cueva "El Salitre" se registraron hembras preñadas de todas las especies mencionadas, excepto del frugívoro Dermanura azteca. Del murciélago magueyero (Leptonycteris yerbabuenae = curasoeae) se encontró un feto recién abortado bajo una hembra perchada, la cual era integrante de un grupo de cinco especímenes que descansaban en un pequeño socavón dentro de la cámara principal, aunque en la cueva no hay una colonia permanente de esta especie y mucho menos una de maternidad, se han observado pequeños grupos en varias ocasiones. Los ejemplares mencionados descansaban temporalmente en el refugio, en lo que al parecer es una escala hacia el sitio donde paren a las crías.

Desmodus rotundus murinus forma una colonia permanente en la cueva, de manera que fue colectado en prácticamente todas las salidas y las señales de su presencia se observaron durante todo el año en los tres que duró el estudio. Durante los últimos meses de 2001 y en los primeros de 2002, se llevó a cabo una campaña de control sobre los ejemplares de esta especie, de manera que en esos meses no se encontró ningún ejemplar vivo en la cueva.

Los murciélagos que usan la cueva El Salitre, realizan el reparto del espacio de la siguiente manera: Tadarida brasiliensis mexicana ocupa siempre la parte mas alta de la galería principal, llamada por los lugareños "La Olla" la cual se encuentra 30 metros sobre el suelo y tiene gran cantidad de huecos y grietas, al parecer no hay mezcla con otras especies en ese sitio de percha.

Leptonycteris yerbabuena, fue capturado en la zona media de la galería principal, en un socavón de aproximadamente tres por cuatro metros y con altura cercana a 1.5 m. Desmodus rotundus murinus, se encontró siempre en túneles secundarios bajo la galería principal, los cuales tienen diámetro de 1.50 m en promedio, dichos túneles fueron hechos con la finalidad de realizar algún tipo de explotación minera (Figura 2).

Eptesicus fuscus miradorensis, Antrozous pallidus pallidus, y Dermanura azteca azteca solo fueron detectados en redes, no fue posible observarlos y situarlos en la cueva, sin embargo, siempre fueron capturados en la misma zona de las redes, que en el refugio corresponde a la parte en que el techo es relativamente mas bajo y cercano a la entrada.

En redes colocadas en un pequeño charco semipermanente entre la vegetación de las cercanías de la cueva, se colectaron Choeronycteris mexicana en marzo, abril y noviembre; que no fueron capturados nunca en las redes de la cueva, pero sí a menos de 50 m de la misma.

En la trampa de huellas en la entrada a la cueva, se encontraron en diferentes temporadas pisadas de cacomixtle, Bassariscus astutus astutus, el cual es relativamente abundante en la zona, pero en las excretas revisadas de éstos animales no se encontraron restos de murciélagos. También hubo huellas de la ardilla Spermophilus variegatus variegatus, que es muy común en la región y de la que se observó varias veces al menos un individuo dentro del refugio, además de que se detectaron dos galerías con indicios de actividad, cercanas a la entrada de la cueva.

Otro roedor que habita "El Salitre" es el ratón de campo Peromyscus pectoralis, del que se han visto ejemplares caminando sobre el piso y las paredes de la cueva, de los cuales se colectaron seis, entre adultos y juveniles. Se observaron también rastros de rata de campo, Neotoma albigula leucodon, de esta se colectó un ejemplar en los alrededores y se han observado indicios de su presencia en la cueva, en forma de restos de vegetación apilada que ocupan estas ratas en la construcción de sus nidos (Alvarez et al., 1988); a pesar de estos rastros, y de su presencia comprobada en la zona, no se ha capturado ninguna dentro del refugio.

Depredadores. Como depredadores de Tadarida brasiliensis mexicana en la región, se detectaron: búhos reales, Bubo virginianus, que cazan a los murciélagos en vuelo cuando salen de la cueva y de los que se recuperaron egagrópilas dentro del refugio, además se han observado restos de las mismas en la zona cercana. En las egagrópilas se identificaron restos de murciélagos guaneros; como evidencia adicional, aproximadamente a las 3:00 a.m. del 17 de julio de 2001, un búho derribó una red al atacar a un murciélago guanero que se encontraba atrapado, con lo que se

probó la depredación activa que desarrolla sobre los murciélagos. Varias ocasiones se observaron al atardecer un par de búhos perchados sobre un cacto columnar en la parte alta de la cañada del lado opuesto al de la cueva, al parecer esperando la salida de los murciélagos y se les ha visto volar capturando alguno.

Otro búho de la misma especie, entró a la cueva la tarde en agosto del 2000 y al día siguiente descansaba en un pequeño túnel secundario de no mas de 90 cm. de diámetro, situado aproximadamente a 20 m debajo de "La Olla", lugar donde se reúne la mayor parte de los murciélagos, en esa ocasión no se le vio atacarlos.

Del análisis de dos egagrópilas de Bubo virginianus recolectadas en la entrada de la cueva el 9 de junio de 2001, se obtuvo lo siguiente: el peso total en seco de las mismas fue de 18.8 g., de los cuales 10.3 g. (54.8%) corresponden a restos óseos, 6.0 g. (31.9%) son pelo, 0.7 g. (3.7%) de plumas, y 1.8 g (9.6%) a material variado no identificable (Figura 3).

Las especies consumidas y representadas en las egagrópilas, fueron dos ejemplares de ratones de campo Peromyscus pectoralis y 20 de Tadarida brasiliensis lo que muestra que la mayor parte de la dieta que se registró de este búho está constituida por el murciélago guanero, tanto si se considera en porcentaje como en biomasa y en el número de ejemplares consumidos, en segundo término se encuentran los ratones y por la presencia de plumas se infiere que se alimenta de aves pero en mucho menor proporción (Figura 4).

Por el análisis de los cráneos, se tiene que los ejemplares consumidos de murciélagos y de ratones eran adultos, y con base en que el peso promedio de los ejemplares de T. brasiliensis procedentes de la cueva es 10.6 gr. y el de P. pectoralis de la zona aledaña es 18.2 gr. entonces la biomasa consumida de murciélagos correspondiente a las dos egagrópilas es 212.0 gr. y la de ratones es de 36.4 gr., lo que representa aproximadamente un 82.8 % y un 17.2 % respectivamente. Otro género consumido y registrado a partir de egagrópilas disgregadas encontradas en las cercanías del refugio es Sylvilagus sp.

En la parte mas profunda de la cueva, se colectó una culebra verde Senticolis triaspis intermedia de mas de 1 m de longitud total, la que había subido hasta la zona inmediatamente abajo de "La Olla" y que al ser capturada avanzaba en dirección a la parte superior; como resultado del análisis del contenido gástrico de la misma, sólo se encontró un líquido verdoso oscuro de consistencia viscosa; en este caso no fue posible comprobar ni directa ni indirectamente el consumo de murciélagos o el ataque a ellos. Es importante mencionar que en la gruta de Quintero en Tamaulipas, también se capturó un ejemplar de la misma especie, a la entrada del refugio, en un sitio cercano a su lugar de percha.

Ectoparásitos. Entre los ectoparásitos que se obtuvieron de los murciélagos, se encontraron dípteros de la especie Trichobius sparsus, clase Hexapoda, subclase Pterygota, orden Diptera, suborden Pupipara, familia Streblidae, cuyas larvas se insertan con frecuencia en la piel entre las

orejas (Figura 5). En marzo de 1999, se encontró sobre los murciélagos guaneros pulgas de la especie Nosopsylus fasciatus, orden Siphonaptera, familia Pulicidae, las cuales estaban también en número muy grande caminando sobre el guano que se acumula bajo el sitio de percha de los murciélagos, en algunas zonas se vieron en promedio una pulga por cm². Estas pulgas son típicas de ratas y de manera poco frecuente transmiten enfermedades bacterianas.

El fenómeno de presencia de pulgas en números muy grandes, no fue común durante el estudio, sino que parece debido a que en esas fechas hubo la visita diaria de una persona que extrae guano de la cueva, quien llevaba dos burros para transportar los costales llenos del mismo y que posiblemente fueron los que causaron el aumento en la cantidad de pulgas en el sitio ya que se comprobó que sobre los costales se encontraban pulgas al llegar los burros a la cueva. De manera ocasional, otras veces se colectaron pulgas de la misma especie sobre los murciélagos y aunque son casos relativamente aislados, se detectaron en murciélagos que se capturaron en las redes.

Presas. En julio de 1999, se recogió de entre el guano acumulado bajo el conjunto de murciélagos, alas de mariposillas las que se asumió que fueron consumidas por éstos, solo se pudo identificar el orden Lepidoptera, familia Noctuidae, las alas se encontraron casi completas y en número abundante, no fue posible recuperar restos de los cuerpos de las mariposillas.

A partir de los datos obtenidos de 461 ejemplares colocados en vasos para obtener sus excretas, se tiene que cada murciélago consume mínimo 0.5 g. y máximo 4.0 g. de insectos, la media de peso consumido es 1.27 con desviación estandar de 0.593 y varianza de 0.351. Las frecuencias de ocurrencia y los porcentajes de los diferentes pesos consumidos se muestran en la **Tabla 1** y **Figura 6**, el peso más frecuente fue 1.0 g. presente en 252 de 461 ejemplares revisados, seguido por 2.0 en 98 ejemplares y 0.5 g. en 54 ejemplares; al realizar la prueba de Ji cuadrada a los datos se obtuvo un valor de 1216. 549 con 9 grados de libertad y un valor de probabilidad de 0.000 lo que indica que los murciélagos guaneros consumen en su gran mayoría un gramo de insectos en promedio por noche y por individuo.

Peso	0.5	0.8	1.0	1.12	1.5	1.501	2.0	2.5	3	4
Frecuencia	54	1	252	1	33	1	98	7	13	1
Porcentaje	11.71	0.22	54.66	0.22	7.16	0.22	21.26	1.5	2.82	0.22

Tabla 1. Peso de los insectos consumidos por individuo y por noche para Tadarida brasiliensis mexicana en El Salitre, Metztitlan, Hidalgo.

Enfermedades y lesiones. En una de las salidas, se colectó un ejemplar enfermo de T. brasiliensis, que en el momento de ser manipulado, empezó a inflarse por acumulación de gas bajo la piel, partiendo dicho inflamiento de la zona ventral y extendiéndose hacia los lados y hacia el dorso hasta quedar casi como un pequeño balón, así, antes de inflarse completamente, se le practicó una

pequeña incisión en la piel del abdomen con lo cual salió todo el gas que lo llenaba, volviendo aparentemente a la normalidad; el ejemplar se liberó, volando sin ningún problema aparente. No fue perceptible algún olor particular del gas en cuestión.

Un ejemplar de murciélago guanero capturado en la red cuando regresaba al refugio, presentó una herida profunda de forma semicircular a la altura de las costillas inferiores y que afectaba desde la región dorsal a la ventral, en una región lateral a los miembros posteriores, (Figura 7) la herida aparentemente fue causada por el ataque de un búho y fue notable la capacidad del ejemplar para llegar volando al refugio a pesar de la lesión.

Relaciones con el hombre. Generalmente la influencia del hombre se traduce en disturbios sobre los murciélagos y su hábitat, en El Salitre se encontraron a lo largo de los primeros años del estudio casquillos de bala vacíos, canicas de vidrio, un estuche vacío de diábolos, antorchas quemadas, cohetes pirotécnicos o petardos, un altar fabricado con hojas de yuca, todos elementos que causan fuerte disturbio o que afectan directamente la vida de los animales y aunque no hubo observaciones directas, se tuvieron informes de los lugareños acerca de que con esos objetos se molesta a los animales.

Otra interacción entre el hombre y los murciélagos, es el control que se lleva a cabo sobre los vampiros (Desmodus rotundus murinus) y que aparentemente no ha afectado a Tadarida brasiliensis mexicana (pues no se han encontrado números mayores de ejemplares muertos de esta especie que antes de empezar las campañas de control), pero que potencialmente es peligroso para ellos si no se lleva a cabo de manera controlada y con adecuado conocimiento de cuales son los animales a los que se dirige. Al respecto, se encontró en los últimos meses de 2001, ocho ejemplares del vampiro D. rotundus muertos en los túneles que habitaban en la cueva, y en los primeros meses de 2002 se encontraron otros 12 muertos, no se registró ni en las paredes ni en las redes ningún ejemplar vivo de esa especie. De los murciélagos guaneros, se encontraron dos muertos en febrero de 2002, sin embargo, no fue posible determinar la causa de su muerte.

Respecto a las visitas de turistas y lugareños, las cuales generalmente se traducen en disturbio para los murciélagos, en ataques a los mismos y en vandalismo para el refugio, la afluencia de visitantes registrada por informes de los lugareños, y cuando fue posible por el análisis de la trampa de huellas, disminuyó de 1997 a 2001 de aproximadamente 10-12 visitantes registrados entre una salida de campo de este estudio y la siguiente (un periodo de aproximadamente un mes) en los primeros tres años, hasta menos de seis en los últimos dos años. En los años 2000 y 2001, la presencia de los elementos usados para disturbio de los murciélagos como cohetes pirotécnicos, canicas, etc., se han encontrado mas esporádicamente y en números mucho menores de manera que en esos años los elementos mas comúnmente detectados fueron basura inorgánica como latas, envases de refresco (plásticos) aunque en general las cantidades fueron moderadas.

DISCUSIÓN.

Especies que comparten el refugio con Tadarida brasiliensis. Las especies de vertebrados registradas de la cueva "El Salitre" que la comparten con la población de Tadarida brasiliensis, incluyen cinco de quirópteros: Eptesicus fuscus miradorensis, Leptonycteris yerbabuena, Desmodus rotundus murinus, Antrozous pallidus pallidus, Dermanura azteca azteca, tres de roedores: Spermophilus variegatus variegatus, Peromyscus pectoralis y Neotoma albigula leucodon, una de carnívoros: Bassariscus astutus astutus, un búho: Bubo virginianus y una serpiente: Senticolis triaspis intermedia. De los murciélagos, solo Eptesicus fuscus miradorensis se ha registrado asociado a T. brasiliensis tanto en los Estados Unidos de América (Davis et al. 1962), como en la cueva de El Salitre.

En cuatro de los cinco quirópteros encontrados en El Salitre, Leptonycteris yerbabuena, Desmodus rotundus murinus, Eptesicus fuscus miradorensis y Antrozous pallidus pallidus, se registraron hembras preñadas, excepto de Dermanura azteca azteca, registrada también en el refugio pero que al parecer no lleva a cabo ninguna parte de su ciclo reproductivo ahí. Lo anterior enfatiza la importancia de esta cueva como sitio de nacimiento o de cría para esas especies, o al menos como estación de paso hacia los lugares donde se llevan a cabo los nacimientos, así, de Eptesicus fuscus miradorensis se registraron desde hembras preñadas hasta juveniles con poco desarrollo. Las especies de murciélagos registradas aparentemente realizan reparto de espacio entre ellas, minimizando la competencia si es que esta existe.

Como un posible depredador de T. B. mexicana, está el cacomixtle, Bassariscus astutus astutus, que es relativamente abundante en la zona, pero del que no se encontraron restos de murciélagos en sus excretas. Al respecto, Davis et al. (1962) mencionan que estos animales, los zorillos Mephitis sp. y Conepatus sp., y los mapaches Procyon lotor, son depredadores del murciélago guanero, pero a pesar de tener registros de todos estos en la zona de la cañada, ninguno se corroboró como depredador de T. b. mexicana. Otra especie asociada es la ardilla Spermophilus variegatus (Davis et al., 1962), lo que concuerda en el caso de El Salitre, con Spermophilus variegatus variegatus, que fue vista varias veces dentro del refugio además de que existen dos pequeñas guardas con indicios de actividad, cercanas a la entrada de este.

El otro roedor encontrado como habitante de "El Salitre" es Peromyscus pectoralis, que está en dicho refugio probablemente ocupando el nicho de P. maniculatus, el que es mencionado por Davis et al. (1962) y Wilkins (1989) para Estados Unidos de América. La rata de campo Neotoma albigula leucodon se ha registrado por indicios en la cueva, pero no se observó directamente dentro de ella. A pesar de que los mamíferos domésticos, como gatos y perros se encuentran en el poblado a menos de un kilómetro de distancia, nunca fueron vistos dentro de la cueva ni en las áreas cercanas.

Depredadores. La culebra verde Senticolis triaspis intermedia, es un colúbrido que se consideró como posible depredador de los murciélagos guaneros aunque no se detectaron restos de ellos en su contenido gástrico ni se observó ataque a los mismos. La asignación de S. t. intermedia como depredador de los murciélagos guaneros se hizo con base en los registros de la literatura donde se asienta que se alimenta de quirópteros y que en condiciones adecuadas su digestión es rápida, como es el caso de Elaphe Senticolis, Elaphe triaspis = Senticolis triaspis y de Elaphe obsoleta (Twente, 1955; Davis et al. 1962; Gillette y Kimbrough, 1970; Wilkins, 1989). Además, el ejemplar capturado se encontró en la parte de la cueva más cercana a donde se perchan los murciélagos y se movía en dirección a ellos. No se registró ningún otro reptil ni tampoco ningún anfibio en la cueva, en los tres años que duró el estudio. Es llamativa la presencia de una culebra de la misma especie en la cueva de Quintero, Tamaulipas, relacionada con una población de murciélagos guaneros en ese refugio, que además estaba en la entrada de la cueva a la hora de salida de esos animales, lo que apoya la suposición de que esa especie depreda sobre T. brasiliensis.

De las aves, no hubo ninguna que habite permanentemente la cueva, algunas penetran ocasionalmente, como el búho real, Bubo virginianus, depredador del murciélago guanero y del cual se observaron dos ejemplares cazando murciélagos en vuelo al salir de la cueva. Los búhos consumieron Tadarida brasiliensis y Peromyscus pectoralis, en una proporción de un ratón por diez murciélagos, porcentaje que aparentemente refleja una preferencia, en función de la biomasa, de la disponibilidad y en el número de ejemplares consumidos. Por la presencia de plumas se infiere que se alimenta de aves pero en mucho menor proporción.

La gran cantidad de murciélagos guaneros encontrados en las egagrópilas, podría reflejar preferencia alimentaria por parte de Bubo virginianus en esa temporada del año, sin embargo, se tiene que la cantidad de murciélagos en esos meses se ha calculado cercano al millón de ejemplares (Figura 8), mientras que los números de los ratones son del orden de decenas como máximo en la zona alrededor del refugio, así, las diferencias en números de población aunado a los hábitos de los ratones y de los quirópteros, pueden ocasionar diferente disponibilidad y afectar su presencia en las egagrópilas; tal diferencia puede deberse también a la mayor facilidad para capturar a murciélagos o ratones, pues parece ser más fácil y más productivo, atrapar murciélagos en vuelo al salir en grandes cantidades de su refugio, que capturar ratones que se mueven entre rocas o entre vegetación.

Con respecto a las estrategias de forrajeo, la lechuza de campanario, Tyto alba, utiliza dos métodos principales de captura, uno llamado cacería desde perchas, y el otro, cacería al vuelo, las cuales son hasta cierto punto complementarias y se presentan también en otras aves que se alimentan de pequeños mamíferos como cernicalos (Taylor, 1994) y otros búhos. Estas dos estrategias depredatorias, son útiles en condiciones diferentes, se acepta que en épocas en las que es necesario capturar grandes números de presas se usa la cacería al vuelo, en la que se invierte

mayor cantidad de energía para llevarla a cabo, pero redundante en una mayor cantidad de presas capturadas también; este tipo de trueque se presenta sobre todo en tiempo de reproducción (verano) de las aves de presa, cuando los requerimientos de energía para el mantenimiento de las crías es más elevado, o cuando se lleva a cabo la preñez y cuidado de la nidada (Taylor, 1994).

Las egagrópilas analizadas fueron colectadas en época de verano, cuando el número de población de Tadarida brasiliensis mexicana alcanza sus números máximos anuales en la cueva "El Salitre", y poco antes de que las hembras, que están preñadas en ese tiempo, abandonen el refugio para reunirse en las cuevas de maternidad. De los búhos no fue posible comprobar si en esa época se encuentran en reproducción, pero las evidencias apuntan al hecho de que la estrategia de cacería al vuelo que se usó en el forrajeo por parte de Bubo virginianus es la apropiada para la captura de un número grande de presas, tal como ha sido descrita para Tyto alba.

El gran consumo de murciélagos guaneros por los búhos reales enfatiza la importancia de los quirópteros para estos depredadores; no es posible afirmar que se presenta una preferencia de tipo alimentario pues el número de población de los murciélagos presente cuando se colectaron las egagrópilas, fue cercano al millón de ejemplares, y los ratones siempre han sido poco abundantes en la misma zona (los murciélagos y los ratones estaban en proporción aproximada de mil a uno en esa época). Tomando las proporciones relativas en la naturaleza, y contrastándolas con las proporciones en las regurgitaciones, los ratones están más representados en las egagrópilas en relación a los murciélagos de manera que podría presumirse alguna preferencia por los ratones.

Ectoparásitos. En cuanto a los invertebrados, los ectoparásitos encontrados en T. b. mexicana de El Salitre, incluyen a las moscas Trichobius sparsus, dípteros ya registrados sobre murciélagos de Estados Unidos de América por Davis et al. (1962), con lo cual se amplía la posibilidad de que las poblaciones de murciélagos en ambas localidades tengan relación por medio de migraciones. A diferencia de lo anterior, las pulgas Nosophylus fasciatus cuyos hospederos habituales son roedores, entre ellos Ratus ratus, Mus musculus y Peromyscus sp. (Biol. Antonio Oviedo, com. pers.) no están registradas para poblaciones de Norteamérica, pues Davis et al. (1962), mencionan solo a Sternopsylla sp. En este punto, la presencia de un número muy elevado de pulgas N. fasciatus puede considerarse circunstancial pues solo se registró asociado a burros usados en la carga de guano, y muy esporádicamente sin ese factor, de manera que la hipótesis de que la población de El Salitre esté relacionada a las de Norte América parece plausible, sin embargo, no se puede afirmar completamente.

Presas. Con respecto a los animales depredados por T. b. mexicana, las palomillas de la familia Noctuidae, registradas por la presencia de sus alas bajo el sitio de percha, son las únicas presas que pudieron ser identificadas y corroboradas. Al respecto, Black (1974) menciona un alto consumo de palomillas correspondientes a la familia Gelechiidae en EUA.

En relación al consumo de insectos por los murciélagos guaneros de El Salitre, la diferencia en el peso de los ejemplares examinados antes y después de ser encerrados para obtención de excretas, seguramente no se debe solo a la cantidad de insectos consumidos, sino que probablemente también implica la pérdida de líquidos corporales por los murciélagos, sin embargo, aquí se asume arbitrariamente que la pérdida es pequeña y que la mayor parte del peso registrado corresponde a los insectos. En ese contexto, se corrobora el gran consumo de estos registrado por McCracken (1987, 1996); el resultado de este análisis es que cada individuo toma en promedio 1.28 gr. lo cual implica cerca del 12 % de su propio peso en insectos por noche, el máximo es 4 gr, con mínimo de 0.5 gr, aunque la gran mayoría consumen 1.0 gr. Estas cifras están calculadas para un solo periodo de forrajeo por noche.

Considerando el peso promedio de los insectos consumidos por murciélago por noche y con una población de un millón de ejemplares en la época en que se reúnen en mayor cantidad (Mayo-Junio-Julio) en la cueva, se estima un consumo cercano a 1270.00 Kg de insectos por noche al menos durante tres meses en la Cañada de Metztlán. Lo anterior enfatiza el fuerte impacto ecológico de estos animales como depredadores de insectos. Al mismo tiempo se hace evidente la importancia económica que representan al controlar plagas potenciales de insectos y evitar la necesidad de aplicar una mayor cantidad de plaguicidas en esa región de Hidalgo, la mas importante en cuanto a agricultura de riego en el estado (INEGI, 1992).

Enfermedades y lesiones. Durante el estudio, solamente se detectó externamente una afección de los murciélagos guaneros, en la cual el ejemplar en cuestión se llenó de gas que el mismo produjo, no se investigó el origen del fenómeno y aparentemente el animal no sufrió daños mayores. Relativo a lesiones se detectó el ataque de búhos sobre murciélagos guaneros, el mas grave consistió en daños en piel y músculos de el costado, que interesaron del dorso al vientre, confirmando la depredación por aves mencionada en la bibliografía (Herreid, 1960; Taylor, 1964; Gillette y Kimbrough, 1970; Wilkins, 1989).

Relaciones con el hombre. Un estrés nuevo y comúnmente implicado en la declinación del tamaño de las poblaciones es el uso de pesticidas como el DDT (productos órganoclorados) y el Dieldrin, los cuales se acumulan en la grasa del cuerpo. Sin embargo, el envenenamiento con pesticidas no es el único efecto contra los murciélagos, es también de extrema importancia el efecto combinado de químicos y metales pesados, junto con el impacto del disturbio, el vandalismo y destrucción del hábitat. En Eagle Creek, Estados Unidos de América, se han encontrado casquillos de arma de fuego dentro y en la entrada de esa cueva, una de las que ha sufrido fuerte declinación documentada en Estados Unidos de América; otra es la de Carlsbad en la cual la causa es la apertura de un hueco en el techo de la parte principal de descanso de los murciélagos para facilitar la

extracción de guano, alterando la temperatura, humedad y los patrones de flujo del aire dentro de la cueva (MacCracken, 1987).

En la cueva El Salitre en los años de 1997 a 1999, se encontraron cohetes pirotécnicos, canicas de vidrio, un casquillo de bala calibre 45, afortunadamente la presencia de tales artefactos disminuyó en los últimos años y con ello el disturbio por estas causas.

En la región de Metztlán, se han registrado concentraciones de metales pesados más altas que lo permisible, en las aguas de la laguna del mismo nombre, por ejemplo, el plomo se encontró 46.5% y el cadmio seis veces por encima de lo normal en aguas de origen urbano, el manganeso también está un poco por arriba de lo normal, aunque no se sabe al momento cual sea la consecuencia de tales condiciones sobre las poblaciones de murciélagos e incluso sobre las humanas (Camargo-Cruz, 1998).

Para MacCracken (1987), la modificación del habitat, el disturbio humano, y la destrucción de los refugios son interacciones con el hombre que provocan declinaciones graves en la cantidad de murciélagos en las zonas donde se registran esos factores. Afortunadamente, en Metztlán el disturbio registrado ha disminuido en los últimos años, además de que la Cañada ha sido declarada como área natural protegida en 2001, lo que deberá tener un efecto positivo en la conservación de la cueva el Salitre y en la viabilidad de la colonia de Tadarida brasiliensis y de las otras especies que ahí se refugian; es necesario asimismo el monitoreo periódico de la población de murciélagos guaneros de El Salitre con el fin de corroborar este hecho.

CONCLUSIONES

Al menos una parte de la población de Tadarida brasiliensis mexicana que se refugia en El Salitre, parece ser migratoria, y tener relación con poblaciones mas boreales, pues comparten al ectoparásito Trichobius sparsus, díptero ya registrado sobre murciélagos guaneros en Estados Unidos de América. Por lo tanto la hipótesis acerca de ectoparásitos de la misma especie en poblaciones norteañas y del centro de México, solo se corrobora parcialmente.

T. b. mexicana en la cueva de El Salitre es depredado por una ave, Bubo virginianus, por derméstidos Dermestes sp. y tenebrionidos, Tenebrio sp.; se presume que es depredado por otros vertebrados e invertebrados, entre ellos un mamífero, Bassariscus astutus astutus, y un reptil Senticolis triaspis intermedia. La hipótesis sobre depredadores de T. b. mexicana solo se comprueba por completo en B. virginianus.

T. b. mexicana depreda sobre insectos, consumiendo hasta 4.0 g por noche y por individuo. En promedio cada ejemplar consume 1.27 gr. lo que los convierte en importantes depredadores y en eficaces controladores de poblaciones de insectos. Solo fue posible corroborar con relativa seguridad al orden Lepidoptera, familia Noctuidae,

La cueva de El Salitre es muy importante para la conservación de T. b. mexicana, pero lo es también para la conservación de al menos otras cinco especies de quirópteros e indirectamente para tres especies de mamíferos, una de aves y una de reptiles.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVAREZ, T., J. C. LÓPEZ-VIDAL Y O. J. POLACO. 1988. Estudio de las Madrigueras de la rata magueyera Neotoma mexicana (Rodentia) en la Reserva de la Biósfera "La Michilía", Durango, México. An. esc. Nac. Cienc. biol., México., 32:133-153.
- ALVAREZ, T Y F. DE LA CHICA. 1974. Zoogeografía de los Vertebrados de México. pp 219-232 in El Escenario geográfico. Recursos Naturales. Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1-335.
- ALVAREZ, T. y O. J. POLACO, 1980. Nuevos registros de murciélagos para el estado de Hidalgo, México. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México, 23:135-143.
- AUTINO, A. G., G. L. CLAPS y R. M. BARQUEZ. 1999. Insectos ectoparásitos de murciélagos de las Yungas de la Argentina. Acta Zoológica Mexicana (n. s.), 78:119-169.
- BEGON, M., J. L. HARPER. y C. R. TOWNSEND. 1995. Ecología, Individuos, poblaciones y comunidades. Ediciones Omega, S. A. España. i-xii+1-886.
- BLACK, H. L. 1974. A north temperate bat community: structure and prey populations. Journal of Mammalogy, 55(1):138-157.
- CAMARGO-CRUZ, E. 1998. Determinación de metales pesados en el anfibio Bufo valliceps en la zona agrícola de Metztlán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM, México. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana. Vol. 8(1):21.
- CONSTANTINE, D. G., 1948. Great bat colonies attract predators. Bulletin of National Speleological Society. 10:97-99.
- DAVIS, R., C. HERREID II y H. SHORT. 1962. Mexican free-tailed bats in Texas. Ecological Monographs., 32(4):311-346.
- DAVIS, R. M., y R. B. LOOMIS. 1971. The intranasal chigger Microtrombicula merrihewi (Acarina: Trombiculidae) in the North American free-tailed bat, Tadarida brasiliensis. Southwestern Naturalist. 15:437-458.
- DOODLEY, T. J., J. R. BRISTOL, y A.G. CANARIS. 1976. Ectoparasites from bats in extreme west Texas and south-central New Mexico. Journal of Mammalogy. 57(1):189-191.
- ELIZALDE-ARELLANO, C., E. URÍA-GALICIA y J. C. LOPEZ-VIDAL. 2002. Morfología Comparada de lenguas de Tadarida brasiliensis (L. Geoffroy St. Hilaire, 1824) y Balantiopteryx plicata (Peters, 1867) (Mammalia, Chiroptera). Acta Zoológica Mexicana, N. S. 86: (En Prensa).
- FRENCH, B. & A. LOLLAR. 1998. Observations on the reproductive behavior of captive Tadarida brasiliensis mexicana (Chiroptera: Molossidae). The Southwestern Naturalist. 43(4):484-490.

- FREEMAN, W. P. 1981. Correspondence of food habits and morphology in insectivorous bats. *Journal of Mammalogy*, 62(1):166-173.
- GILLETTE, D. D. y J. D. KIMBROUGH. 1970. Chiropteran mortality. 262-283, *In* About bats, a Chiropteran Symposium, Slaughter and Walton, Eds. Southern Methodist University Press. Texas. i-viii+1-339.
- HERREID, C. F., II. 1960. Roadrunner a predator of bats. *Condor*, 62:67.
- HILL, J. E. y J. D. SMITH, 1984. Bats a Natural History. University of Texas Press, Austin. 1-243.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1992. Síntesis Geográfica del estado de Hidalgo. iii+1-134.
- KREBS, C. J. 1985. Ecología, Estudio de la distribución y la abundancia. 2ª. Edición. Harla S. A. de C. V. México. i-xxxii+1-753.
- KUNZ, T. H. 1973. Resource utilization: Temporal and spatial components of bat activity in Central Iowa. *Journal of Mammalogy*, 54(1):14-32.
- KUNZ, T. H. and J. O. WHITAKER, Jr. 1983. An evaluation of fecal analysis for determining food habits of insectivorous bats. *Canadian Journal of Zoology*, 61:1317-1321.
- McCRACKEN, G. F. 1987. Why are losing our mexican free-tailed bats?. *Endangered species. Technical Bulletin Reprint. The University of Michigan*. 4(4):1-3.
- McCRACKEN, G. F. 1996. Bats aloft, a study of high altitude feeding. *Bats*. 14(3):7-10.
- MENDEZ, E. 1988. Parasites of vampire bats. 191-206 *In* Natural History of Vampire Bats, A. Greenhall, Ed. CRC Press, Inc. Florida. 1-246.
- MUÑOZ, L., M. AGUILERA y M. E. CASANUEVA. 2003. Prevalencia e intensidad de Ectoparásitos asociados a *Tadarida brasiliensis*. Geoffroy – Saint Hilaire, 1824) (Chiroptera: Molossidae) en Concepción. *Gayana*. 67(1):1-8.
- PETERSON, R. T. y E. L. CHALIF, 1998. Aves de México. Guía de campo. Editorial Diana, México. xxiv+1-473.
- ROSS, A. 1961. Notes on food habits of bats. *Journal of Mammalogy*, 42(1):66-71.
- ROSS, A. 1967. Ecological aspects of the food habits of insectivorous bats. *Proceedings of the Western Foundation of Vertebrate Zoology*, 1(4):205-263.
- STUDIER, E. H. and T. H. KUNZ. 1995. Nitrogen and mineral accretion in suckling bats, *Tadarida brasiliensis* and *Myotis velifer*. *Journal of Mammalogy*, 76(1):32-42.
- TAYLOR, I. 1994. Barn Owls. Predator-prey relationships and conservation. Cambridge University Press. i-xvi+1-304.
- TAYLOR, J. 1964. Noteworthy predation on the guano bat. *Journal of Mammalogy*. 45:300-301.
- TWENTE, Jr., J. W. 1955. Aspects of a population study of cavern-dwelling bats. *Journal of Mammalogy*, 36(2) :379-390.

- VAUGHAN, T. A. 1966. Morphology and flight characteristics of molossid bats. *Journal of Mammalogy*, 47(2):249-260.
- VILLA-R., B. 1956. Tadarida brasiliensis mexicana (Saussure), el murciélago guanero es una especie migratoria. *Acta Zoológica Mexicana*. 1(11):1-11.
- VILLA-R., B., y E. L. COCKRUM. 1962. Migration in the guano bat, *Tadarida brasiliensis*. *Journal of Mammalogy*. 43(1):43-64.
- WHITAKER, J. O., C. NEEFUS, and T. H. KUNZ. 1996. Dietary variation in the mexican free-tailed bat (Tadarida brasiliensis mexicana), *Journal of Mammalogy*, 77(3):716-724.
- WILKINS, K. T., 1989. Tadarida brasiliensis. *Mammalian species*. 331:1-10.
- WILSON, D. E. 1997. *Bats in Question: The Smithsonian Answer Book*. Smithsonian Institution Press. Washington. xvi+1-168.

RESUMEN

Se presentan los resultados de un estudio de tres años acerca de las especies de vertebrados e invertebrados que comparten la cueva "El Salitre", en Metztlán, Hidalgo, con el murciélago guanero. Como depredadores o posibles depredadores de *Tadarida brasiliensis* se encuentran un mamífero, *Bassariscus astutus astutus*, un reptil, *Senticolis triaspis intermedia* y una ave, *Bubo virginianus*. Comparten el refugio con los murciélagos guaneros, cinco especies de quirópteros más, de las cuales cuatro llevan a cabo parte de su ciclo reproductivo en la cueva. Se presentan especies de ácaros y dípteros parásitos de los murciélagos mencionados. *T. b. mexicana* consume gran cantidad de insectos, mas de una tonelada por noche en la época en que el número de población alcanza cerca de un millón de murciélagos. La cueva de El Salitre es importante en la conservación de al menos cinco especies de murciélagos e indirectamente en la de otros vertebrados.

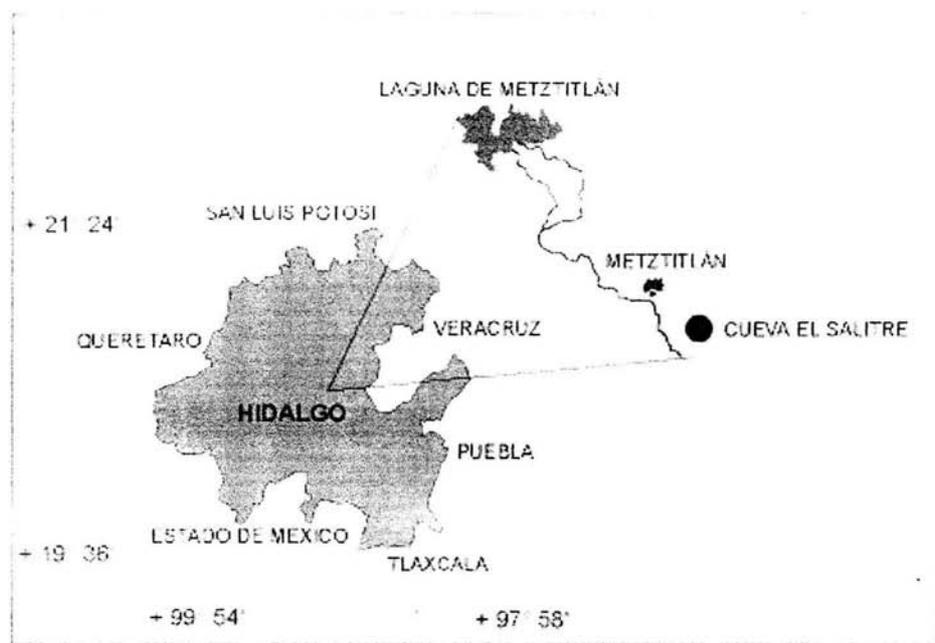


Figura 1. Localización de la cueva "El Salitre" Metztlán, Hidalgo.

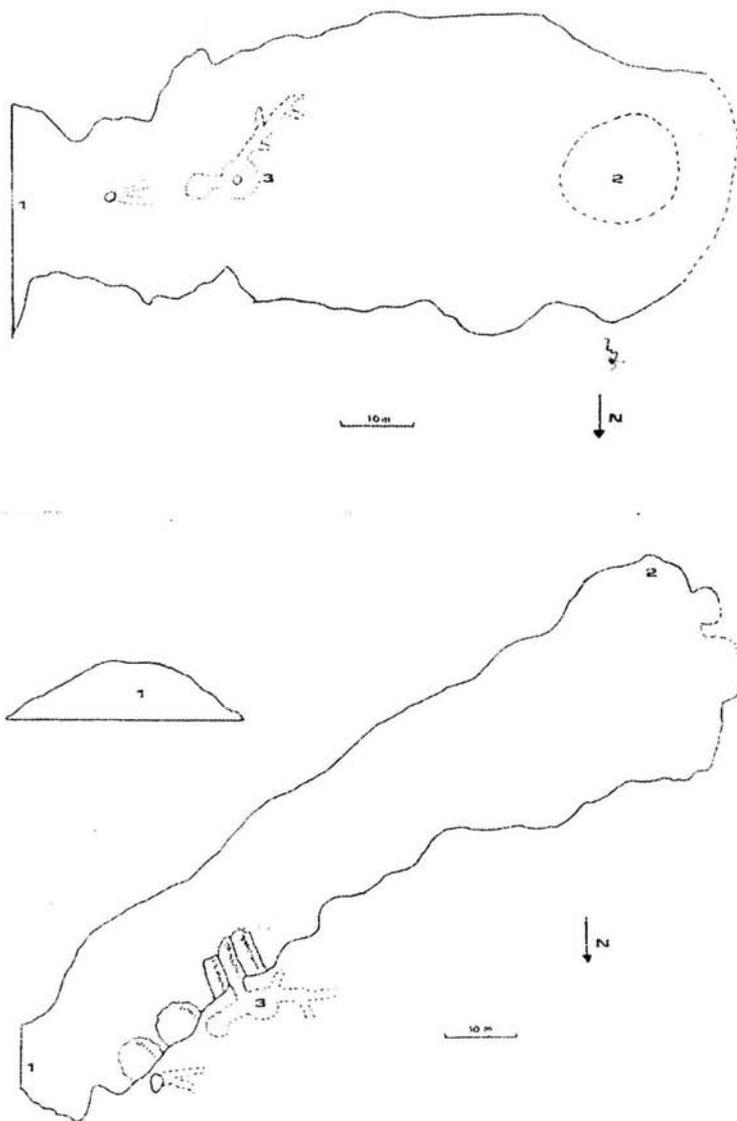


Figura 2. Cueva "El Salitre" . Se muestra un plano en vista superior y el corte .
(1) Entrada, (2) "La Olla", (3) Túneles excavados artificialmente.

ELEMENTOS CONSUMIDOS *Bubo virginianus*

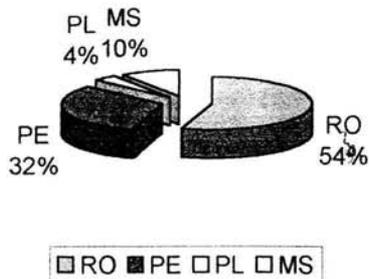


Figura 3. Elementos encontrados en egagrópilas de *Bubo virginianus*, RO. Restos óseos; PE. Pelo; PL. Plumaz; MS. Miscelánea.

Especies consumidas

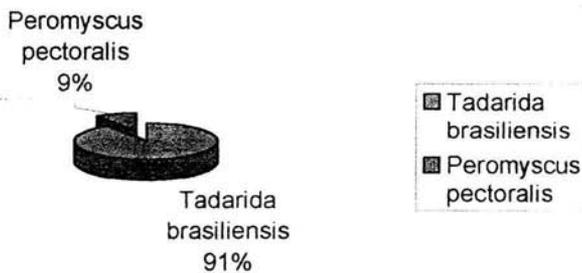


Figura 4. Porcentajes de las especies consumidas por *Bubo virginianus* en El Salitre, Metztitlán, Hidalgo.



Figura 5. Larva de diptero implantado en la base de la oreja de *Tadarida brasiliensis* mexicana

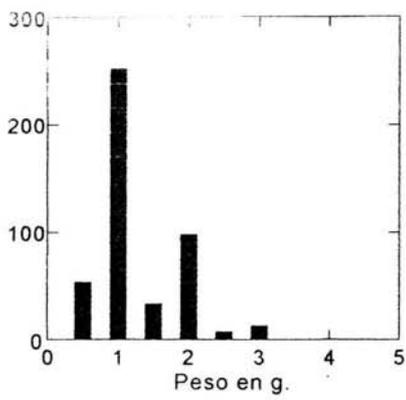


Figura 6. Frecuencias de los pesos calculados de insectos consumidos por individuo de Tadarida brasiliensis



Figura 7. Ejemplar de Tadarida brasiliensis mexicana, con una lesión en la base del plagiopatagio; nótese la pierna sin piel y el orificio que atraviesa del vientre al dorso.

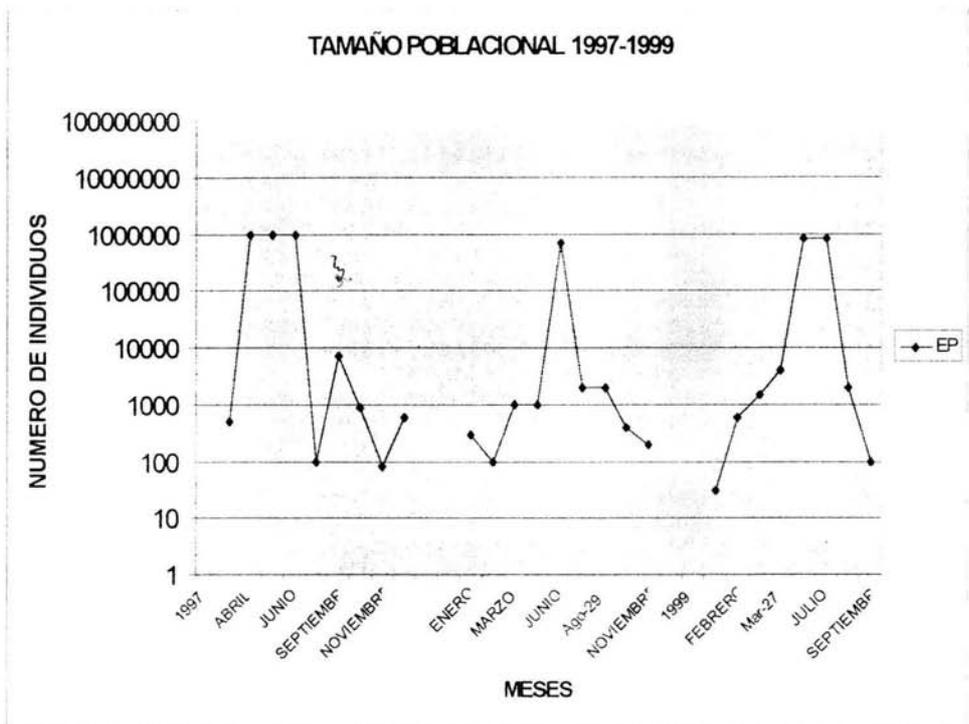


Figura. 8. Tamaño estimado de la población de *Tadarida brasiliensis* presente en la cueva El Salitre, por mes de 1997 a 1999.

CAPITULO V

VARIACIÓN DEL TAMAÑO POBLACIONAL DE *Tadarida brasiliensis* EN LA CUEVA “EL SALITRE”, METZTITLÁN, HIDALGO.

INTRODUCCIÓN.

Las poblaciones del murciélago guanero, *Tadarida brasiliensis mexicana* forman las mayores congregaciones de los mamíferos, de las cuales se han registrado hasta cerca de 20 millones de individuos en la cueva de Ney en Texas y más de cinco millones en la cueva de Carlsbad (Constantine, 1967; McCracken, 1987; Wilson, 1997). En México, existen varios refugios que albergan poblaciones importantes de estos animales, entre ellos están: la cueva de El Salitre en Metztitlán, Hidalgo, la de Quintero en Tamaulipas, la de Janitzio en Michoacán y la de la Boca en Nuevo León de las que al menos las dos primeras son ocupadas todo el año por *T. b. mexicana*.

Las cuevas en que se refugian las poblaciones más grandes de murciélagos, incluyen a *T. b. mexicana* (murciélago guanero), entre las especies que albergan (Cockrum, 1969; Arita, 1993). En ninguno de los refugios de México se han registrado poblaciones tan grandes como las de cuevas más boreales.

Algunos aspectos básicos a investigarse cuando se pretende conocer el estado de conservación de las poblaciones, son entre otros, las características de sus movimientos, si realizan migraciones, su presencia o ausencia en ciertas temporadas, las variaciones del número poblacional en periodos multianuales, o cambios del tamaño poblacional a lo largo del año (Constantine, 1967; Villa-R., 1967; Cockrum, 1969; McCracken, 1987).

Así, la tendencia al incremento o decremento del tamaño poblacional a través de intervalos de varios años, es un indicador del estado de conservación de las poblaciones. Tales cambios multianuales pueden deberse a factores como la variación en la cantidad de alimento disponible, influido a su vez por la precipitación, la temperatura y la humedad en las diferentes estaciones del año. Otros factores que provocan disminución en los números poblacionales, incluyen enfermedades, envenenamiento por insecticidas o por metales pesados, disturbio humano en las cuevas donde se refugian, o en los habitats externos a esos refugios y que les son críticos para obtener alimento y protección, así como reducción de las poblaciones por acciones directas sobre los animales, tales como el control de los que se sospecha que transmiten el virus de la rabia, o su destrucción indiscriminada en los refugios usando antorchas, fogatas, piedras, armas de fuego y otros artefactos.

Las variaciones del tamaño poblacional a lo largo del año, son indicativas también de los movimientos o migraciones y de las actividades relacionadas a la reproducción, de la sobrevivencia, de

la calidad y cantidad de elementos alimenticios así como el estado de conservación o disturbio de sus refugios diurnos, dando una idea de la salud individual y de la población en sí (McCracken, 1989).

El murciélago guanero es una especie ampliamente estudiada en los Estados Unidos de América (EUA), donde se tiene conocimiento de sus movimientos, aspectos reproductivos, alimentación, estado de las poblaciones, etc. Desgraciadamente acerca de las colonias que se distribuyen en México se sabe relativamente poco, en general se acepta que los individuos, al menos los que se distribuyen al norte del paralelo 26° de latitud norte, pasan la mayor parte del año en el sur de EUA, donde se lleva a cabo gran parte de la reproducción, incluyendo el desarrollo postnatal hasta poco antes del estado adulto (Davis *et al.*, 1962; Villa-R., 1967; Mc Cracken y Wilkinson, 2000; Krutzsch *et al.*, 2002).

Se ha registrado que las poblaciones de este murciélago están reduciéndose en los últimos tiempos, lo cual está documentado en EUA (McCracken, 1987), como principales causas, se reconocen el uso excesivo de insecticidas y el disturbio humano en sus refugios diurnos, así como cambios en el hábitat y en el microhábitat. La presente contribución aporta datos acerca de la situación de la especie en México, en particular para la cueva El Salitre y el área aledaña a Metztlán, Hidalgo.

Con objeto de obtener datos acerca de la biología básica de las poblaciones del murciélago guanero cuya distribución involucra el centro de México, como parte del proyecto "Aspectos Biológicos de *Tadarida brasiliensis mexicana* en la cueva El Salitre, Metztlán, Hidalgo" (incluido en el Programa para la Conservación de los murciélagos migratorios de México y Estados Unidos de América), se registraron las variaciones en el tamaño de la población en la cueva durante tres años. Se investigan las relaciones de tales fluctuaciones con factores como temperatura y humedad, temporada de lluvias en la zona, épocas del año y movimientos de la población, así como la relación del tamaño poblacional con el ciclo reproductivo de estos animales y por último, intentar establecer si existe relación del mencionado tamaño con la intensidad de disturbio antropogénico, tanto en la cueva como en los alrededores en un radio de 1.0 km. a la redonda, inmediato al refugio.

ANTECEDENTES.

A partir de datos obtenidos en los EUA, se ha determinado que varias de las poblaciones de *T. b. mexicana* muestran una marcada tendencia a la reducción en el tamaño de sus poblaciones. En la cueva de Carlsbad, New México, la cual es un refugio de maternidad, se estima que la población ha disminuido sus números respecto a cálculos de la década de los treinta, cuando se estimó que había cerca de 8.7 millones, así, en la actualidad el tamaño calculado de la población es cercano al millón de ejemplares. La anterior y otras poblaciones han sido amenazadas por el disturbio en sus refugios, el caso más llamativo es el de la cueva de Eagle Creek, Arizona, donde en 1963 el número de ejemplares se estimó mayor a 25 millones, pero seis años después, la población sufrió un colapso muy fuerte debido a modificaciones

en el techo del refugio, reduciéndose a cerca de 30,000 individuos, una disminución de casi 90 % (McCracken, 1987).

Tadarida brasiliensis mexicana ocupa diferentes tipos de refugios naturales y artificiales (Cockrum, 1969) y se ha propuesto que cada uno sirve para diferentes fases de su historia de vida. Las cuevas grandes se usan como refugios de maternidad (Barbour y Davis, 1969), algunas más pequeñas son usadas como lugares de encuentro de ambos sexos, mientras otras cuevas y en general estructuras hechas por el hombre son usados como refugios temporales o de paso (Davis y Cockrum, 1963) y ocasionalmente por residentes (Eads *et al.*, 1957); en algunos casos se ha registrado el uso de estructuras humanas como refugios de maternidad (Romano *et al.*, 1999).

En un estudio sobre uso de refugios en Texas, Fraze y Wilkins (1990) compararon el patrón de uso de algunos refugios naturales contra el uso de artificiales, calculando las fluctuaciones estacionales del número poblacional por medio de estimaciones de tres tipos, la primera por la cantidad de ejemplares que cubren las paredes, la segunda por la cantidad de guano producido en períodos determinados de tiempo, y la tercera por captura recaptura. Registraron un éxodo casi absoluto de las hembras en el refugio de Belton, Texas, inmediatamente antes del periodo de partos y posteriormente un retorno masivo de hembras adultas y de juveniles de ambos sexos, después de que las crías maduraron. Posterior a esto, se tuvo un súbito descenso del tamaño de la población en colonias de maternidad, coincidente con el uso repentino de refugios previamente no usados, aparentemente debido al regreso de las hembras adultas y los juveniles.

Existen referencias relacionadas a la disminución de las poblaciones de murciélagos guaneros en México, de manera que se conocen datos de cuevas que mantenían poblaciones grandes en pasadas décadas y que se registraron después con poblaciones reducidas o ya sin murciélagos; así, de nueve revisadas por McCracken y Vawter durante 1986, las cuales se conocían como habitadas en tiempos históricos recientes, cinco ya no estuvieron ocupadas (McCracken, 1987). Desgraciadamente, para México no se ha tenido seguimiento de las cuevas por periodos de tiempo largos y se tienen solamente datos de visitas esporádicas a los refugios (Villa-R., 1967; Cockrum, 1969; Álvarez y Polaco, 1980; McCracken, 1987).

Las causas de la disminución de las poblaciones son diversas. Enfermedades como la rabia, la cual ha sido detectada en varias especies de murciélagos incluido Tadarida brasiliensis mexicana (Villa-R. 1967), posiblemente causen la disminución del número de individuos del murciélago guanero. Este tipo de padecimientos podrían tener efectos muy fuertes al transmitirse con gran facilidad entre los individuos gracias a sus hábitos gregarios y a las exorbitantes cantidades en que se reúnen, de manera que se piensa que pueden alcanzar niveles epidémicos y en esa forma disminuirían drásticamente el tamaño poblacional (McCracken, 1987); a pesar de lo anterior, son pocas las evidencias acerca de que alguna enfermedad sea la responsable de la declinación de las poblaciones de estos animales.

Otra de las causas a las que se ha atribuido la disminución de los murciélagos, ha sido el uso indiscriminado de insecticidas y pesticidas organoclorados, como el DDT y Dieldrin (Geluso *et al.*, 1976, 1981), los cuales se acumulan en la grasa almacenada y pueden ser pasados a las crías por medio de la leche, alcanzando niveles letales cuando la grasa se metaboliza durante la migración o durante otros periodos de estrés (McCracken, 1987).

En los últimos tiempos, se han resaltado otras causas para la reducción poblacional de Tadarida brasiliensis mexicana, como el disturbio humano directo sobre los murciélagos guaneros, que frecuentemente son muertos por visitantes de las cuevas o en otro tipo de refugios, tanto diurnos como nocturnos (incluidas construcciones humanas), en cuyo caso la afectación es también muy marcada. Se acepta que la disminución de las poblaciones de murciélago guanero, corresponde a los efectos combinados del vandalismo, el disturbio y la reducción del hábitat útil y refugios de estos animales, pues en algunos casos las cuevas han sido incluso dinamitadas (McCracken, 1987; 1989).

Como un claro ejemplo de lo anterior, se tiene la cueva de Carlsbad en EUA, ya mencionada, donde se hizo un hueco en el techo del refugio con la finalidad de extraer guano de manera más fácil. El orificio provocó alteraciones del flujo de aire dentro de la cueva, así como también la temperatura y la humedad interna, afectando las condiciones requeridas por la población que se refugiaba ahí, la cual disminuyó drásticamente. El hueco fue cerrado posteriormente, con una recuperación gradual de la población hasta alcanzar casi los niveles originales (McCracken, 1987). Un efecto adicional a la modificación del hábitat se presenta al disminuir el número de ejemplares en un refugio, pues debido a pérdidas mayores en los números de agregación, se provoca una disminución en la temperatura de origen fisiológico, junto con un incremento en el desorden en los refugios, lo que se ha asociado a una mortalidad mayor a la normal (Gillette y Kimbrough, 1970).

La acumulación de metales pesados en los tejidos de los murciélagos es otro problema que se considera afecta la salud de los ejemplares, disminuyendo el tamaño de las poblaciones (Cockrum, 1969). A pesar de no tener resultados particulares para la población de murciélagos guaneros en la zona de Metztitlán, Hidalgo, es importante mencionar que se ha detectado la presencia de alta concentración de metales pesados como Cadmio (seis veces arriba de lo permisible para uso humano) en el agua de la Laguna de Metztitlán y de Plomo y Cadmio en sedimentos (Camargo-Cruz, 1998), los cuales son absorbidos por los animales y posiblemente por el mismo hombre, afectando su salud; en los sapos Bufo valliceps de la zona, los metales pesados se encontraron en tejidos de los adultos, en larvas y en huevos en oviducto (Camargo-Cruz, 1998).

El análisis para determinar la presencia de metales pesados no se realizó en los murciélagos de este estudio; sin embargo, si se asume la posibilidad de que beban de los mismos cuerpos de agua (río y laguna), podría esperarse un esquema de acumulación parecido al de los sapos y aún mas si se considera que los insectos de que se alimentan, también estén siendo contaminados.

Además de la disminución de origen extrínseco en el tamaño de las poblaciones, existen fluctuaciones intrínsecas naturales, que pueden abarcar ciclos anuales o periodos multianuales y estar influenciados por movimientos, por actividades reproductivas o por parámetros ambientales.

Con base en datos obtenidos a partir de marcaje de ejemplares, se ha considerado que los murciélagos guaneros son migratorios y viajan al menos entre México y el sur de EUA (Villa-R., 1956; Villa-R. y Cockrum, 1962; Constantine, 1967; Cockrum, 1969; McCracken *et al.*, 1994). En trabajos más recientes se plantea que las migraciones conocidas involucran poblaciones con distribución al norte del paralelo 26, hasta el sur de EUA (Krutzsch *et al.*, 2002). Sin embargo en el rubro de movimientos, poco se sabe de México y de poblaciones con distribución más austral.

Varios autores han relacionado la presencia o ausencia de los murciélagos en determinadas cuevas, con desplazamientos migratorios que se llevan a cabo tanto por alimentación como por reproducción (Griffin, 1940), pero que en general influyen en la cantidad de ejemplares presentes en un refugio en un momento determinado, así, se han observado y registrado periodos de ocupación de cuevas (Alvarez y Polaco, 1980) y cantidades de ejemplares en esos periodos (Villa-R. y Cockrum, 1962).

El movimiento de estos murciélagos se tiene documentado desde la cueva de Carlsbad, en EUA, hasta la cueva de Las Garrochas, 10 Km al suroeste de Soyatlán del Oro, en Jalisco, México, lo que representa un viaje de más de 1340 Km (Villa-R., 1956). De acuerdo a esos registros se acepta en general que las poblaciones de México son migratorias, pues la mayoría de los datos en la literatura mencionan que los animales se encuentran en los refugios en algunas épocas y en otras se ausentan de los mismos (Villa-R. y Cockrum, 1962; Villa-R., 1967; Alvarez y Polaco, 1980). A pesar de lo anterior, existe también registro de poblaciones residentes; Constantine (1967) expone la posibilidad de que T. b. mexicana se encuentre en México y las partes más cálidas de EUA durante todo el año; los resultados de otros capítulos de esta tesis también apuntan en el sentido de una gran posibilidad de la existencia de poblaciones residentes en México.

Un indicio de la posible disminución de la población de T. b. mexicana en la cueva El Salitre, se obtuvo de los pobladores de la región que aprovechan el guano producido por los murciélagos, quienes indican que la cantidad de éstos que llegan al refugio se ha reducido notablemente en los últimos años, de manera que esas heces se recogen con periodicidad bianual puesto que la cantidad producida ya no es suficiente para hacer el aprovechamiento anual.

Las enfermedades, la cantidad de alimento y agua disponibles, el número de lugares de refugio y la depredación dentro de las cuevas o en su zona inmediata, se han propuesto como factores que causan fluctuaciones en el tamaño de la población. La cantidad de alimento, las enfermedades y el número de refugios son los factores, que según Twente (1955), mostraron tener menos importancia en la variación del tamaño de la población, mientras que los depredadores se consideraron más importantes,

sobre todo en tiempo de hibernación. Para MacCracken (1987), el factor más importante en la disminución de poblaciones de murciélago guanero es el disturbio humano.

Tratando de investigar si existe un decremento real en el tamaño de la población, o si las variaciones observadas son debidas a la presencia de una fluctuación poblacional multianual, así como también analizar los cambios a nivel anual en el tamaño poblacional, se revisó la posible relación entre los aspectos de disturbio, modificación del habitat, vandalismo, etc. con las fluctuaciones del tamaño poblacional durante tres periodos anuales. También se intentó relacionar las diferentes fases del ciclo reproductivo anual con los tamaños poblacionales presentes en la cueva en el momento en que ocurrieron las mismas. Con base en lo anterior, se ha planteado el siguiente

OBJETIVO

Discutir las posibles relaciones del tamaño de la población presente en la cueva El Salitre, Metztlán, Hidalgo, con los parámetros ambientales, de disturbio humano, y de características del ciclo reproductivo anual en la misma zona.

HIPÓTESIS.

Con base en lo anterior, se proponen las siguientes hipótesis:

Las actividades humanas (excluida la extracción de guano, la cual se consideró de bajo impacto), sí tienen efecto sobre el tamaño de la población que se refugia en la cueva El Salitre. y: Las actividades humanas no tienen efecto sobre el tamaño de la población presente en esa cueva.

Los factores ambientales como temperatura y humedad internas y las de precipitación y temperatura en los alrededores de la cueva sí tienen influencia sobre el tamaño de la población que se refugia en la misma en las diferentes épocas del año, o bien: Los factores ambientales mencionados no tienen influencia sobre el tamaño poblacional presente en la cueva en las diferentes épocas del año.

Por último: Las fases del ciclo reproductivo de T. b. mexicana tienen influencia en las fluctuaciones de la población durante el año en la cueva El Salitre, o bien: Las fluctuaciones en el tamaño de la población no están influidas por las diferentes fases de su ciclo reproductivo.

METODOLOGÍA.

A fin de corroborar o desechar las hipótesis mencionadas, en la cueva "El Salitre", se obtuvieron datos acerca de las épocas de ocupación en el año y del tamaño poblacional de los murciélagos guaneros en cada una de ellas, durante tres años consecutivos, obteniendo un patrón de ocupación del refugio. La temperatura y la humedad fueron registradas dentro y a la entrada de la cueva y se obtuvo la información pertinente acerca del régimen de lluvias y de temperaturas extremas

en el mismo periodo, según datos de la estación meteorológica más cercana, correspondiente al poblado de Metztlán.

Se realizaron durante 1997, 1998, parte de 1999 y principios del 2000, 29 visitas (**Tabla1**) a la cueva El Salitre de Metztlán, Hidalgo (**Figura 1**). En cada ocasión se trabajó una noche, para 28 de muestreo, excepto la primera salida, que fue prospectiva.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	11	22	28 y 29	19 y 20	24 y 25	28 y 29	26 y 27		6 y 7	4 y 5	1 y 2	5 y 6
1998	10 y 11	14 y 15	14 y 15	18 y 19		13 y 14	22 y 23			10 y 11	7 y 8	
							29 y 30					
1999	30 y 31	27 y 28	6 y 7		29 y 30		19 y 20	14 y 15	11 y 12			
			27 y 28									
2000	29 y 30											

Tabla1. Años y fechas de visitas de trabajo, Cueva El Salitre.

En cada visita a la cueva, se registró la influencia humana en forma de disturbio sobre el refugio y en sus alrededores, así como ataques directos a las poblaciones de quirópteros que ahí se refugian. Con ese fin, se anotaron los cambios en el habitat, tanto en el interior de la cueva como en su región aledaña, obteniéndose datos sobre los cambios en la vegetación debidos a disturbio humano, como poda o destrucción total de la misma en áreas cercanas al refugio, o incluso en la entrada, y el periodo en que ocurrieron; asimismo se tomaron datos sobre la extracción de materiales de los alrededores de la cueva, como rocas y troncos, que en la zona son usados para construcciones humanas.

Las visitas de turistas o de lugareños, se registraron cada salida mediante una "trampa de huellas", conformada por tierra suelta, de textura fina, y que consistió de un terreno de aproximadamente 2.5 m por lado que fue limpiado y alisado en la entrada de la cueva, sobre el camino principal de entrada. En cada ocasión se revisó dicha área, buscando huellas nuevas, lo que arrojó datos acerca de las visitas humanas; aunque no fue posible por este medio determinar la cantidad de visitantes en cada periodo intermedio entre viajes de estudio, sólo se registró la visita de

personas o la ausencia de tales entradas. Como complemento a lo anterior se tuvo el apoyo de pobladores del sitio que informaron en el caso de visitas numerosas en los diferentes periodos.

Para consignar disturbio interno y externo sobre el refugio, en cada salida se recorrió el interior así como sus alrededores cercanos, utilizando la siguiente clasificación: Nulo, con valor = 0, cuando no existió cambio aparente en las condiciones registradas con respecto a la salida anterior. Leve =1, si los cambios involucraron sólo una parte de la cueva o sus alrededores y sin modificación de la vegetación o rocas aledañas. Medio =2, si la modificación de la vegetación y rocas aledañas a la cueva fue evidente involucrando la misma y sus alrededores. Intenso =3, si el disturbio incluyó además de alguno de los puntos considerados arriba, alteraciones directas a los murciélagos o al medio interno de la cueva más cercano al sitio de percha.

Para registrar las proporciones de sexos, así como los diferentes estadios de edad de los ejemplares de Tadarida brasiliensis, en cada viaje se colocaron dos redes a la entrada de la cueva, una de 15 y una de 10 metros, para un total de 25 metros de red por salida y por noche, las que se mantuvieron en posición durante siete horas en promedio cada vez. El inicio de la salida de los murciélagos y su regreso en la mañana siguiente, determinaron la actividad de la captura, que se llevó a cabo desde el crepúsculo hasta el amanecer en horario aproximado de las 19:00 o 20:00 horas de un día a las 6:00 o 7:00 horas del día siguiente, la revisión de las redes estuvo influida por la cantidad de ejemplares que se capturaron, siendo cada hora en condiciones de baja afluencia y cada 10 min. con números grandes. Las redes fueron cerradas en ciertos periodos cuando el número de murciélagos en la cueva era muy grande, evitando captura excesiva, o la cantidad de ejemplares necesarios para el análisis ya se había obtenido.

Dado que las condiciones de captura no fueron planeadas para determinar la abundancia relativa de las diferentes especies, sino para obtener una muestra representativa de la población del murciélago guanero a fin de determinar la proporción de sexos, estado reproductivo, estado de salud, etc., y que no se capturaron todos los ejemplares de alguna de las especies, el método propuesto por Medellín (1993) para calcular la abundancia relativa de las especies es aplicable con reservas. Así, el esfuerzo de captura, calculado por el producto del número de horas por los metros de red por noche, siempre fue el mismo: 25 metros de red por noche multiplicado por 7 horas en promedio = 175 MxH en cada salida. La estimación de la abundancia relativa se da sólo para T. brasiliensis.

La proporción de sexos se obtuvo con base en el número de machos y hembras capturados al azar en cada salida, y se expresa como un macho respecto al número proporcional de hembras; se considera que no existe sesgo que pudiera deberse a ejemplares no voladores pues la categoría de crías no se registró en todo el estudio.

Durante 1997 y principios de 1998 se obtuvieron los aparatos reproductores de cuatro ejemplares por salida, dos hembras y dos machos, que se preservaron en formaldehído con buffer de

fosfato, estos fueron procesados con técnicas histológicas para la determinación del ciclo reproductivo, lo que constituyó la tesis de licenciatura de Rocío Cruz García (Cruz García, 2001).

A fin de estimar el número de ejemplares presente en la cueva en cada salida, se probaron varios métodos: se hizo un cálculo del área que cubrían los murciélagos perchados sobre techo y paredes y, considerando la distancia entre ellos, se calculó su cantidad por metro cuadrado. Con esos datos se multiplicó el área total cubierta por animales, por la cantidad de murciélagos promedio en cada unidad de área para obtener la estimación de la población presente. La cifra estimada que así se obtiene, resultó la más confiable; este cálculo se llevó a cabo en la misma forma siempre, de manera que de existir un sesgo, este sea constante.

Otros métodos probados para estimar el tamaño poblacional durante la salida de los murciélagos fueron: conteos a intervalos de tiempo y con duración predeterminada; conteo de ejemplares durante un periodo determinado y fijo y extrapolación al tiempo total que duraba saliendo la colonia y el de enumeración por medio de fotografías de "La Olla", sitio donde se perchan la mayoría de los murciélagos dentro de la cueva. Se prefirió el método de área ocupada sobre los otros, principalmente por las siguientes razones: la entrada de la cueva es muy amplia, lo que dificulta la enumeración durante la salida de los ejemplares, por otro lado, la altura en el techo del refugio en "La Olla" es de aproximadamente 30 m, y no fue posible obtener fotografías con la definición adecuada para evaluar los animales presentes, considerando además que fue necesario el uso de una fuente de luz potente, la cual causaba fuerte disturbio en los ejemplares y no se usó más.

Es necesario mencionar que los cálculos de la cantidad de ejemplares pueden estar subestimados pues estos animales se perchan frecuentemente dentro de grietas y huecos en los que no es posible determinar cuantos son, por lo que el cálculo se realiza con base en los que se encuentran a la vista asumiendo que la gran mayoría están en un solo plano. En ocasiones aunque no se encuentren dentro de grietas, los murciélagos se enciman unos sobre otros, lo que también puede ser fuente de error, sin embargo, se prefirió un sesgo por subestimación.

En cada salida de trabajo se registraron datos acerca de la edad, sexo y estado reproductivo de una muestra de la población tomada al azar, procurando que fuera de alrededor de 200 ejemplares; sin embargo la cantidad varió de acuerdo al número de individuos presente.

La edad relativa se determinó en el campo mediante el examen de la osificación del disco interfalangeal de las alas, que junto con la coloración de los ejemplares, permitió definir tres categorías de edad (modificado de Anthony, 1988), este método se usó por ser de fácil aplicación en el campo y a que los resultados son confiables para asignar los ejemplares a categorías de edad arbitrarias: Adulto (A).- Disco interfalangeal bien osificado y coloración pardo con tintes rojizos, tamaño grande. Subadulto (SA).- Disco interfalangeal relativamente bien osificado y coloración pardo grisáceo con tintes rojizos, tamaño prácticamente igual al del adulto. Juvenil (J).- Disco interfalangeal

cartilaginoso o poco osificado, coloración grisácea o negruzca, tamaño menor que las anteriores categorías.

Los datos de sexo y estado reproductivo de los ejemplares, se asignaron según Racey (1988) y se relacionaron con las edades (Ver capítulo sobre reproducción en esta mismo trabajo).

Area de estudio.- La climatología de la zona corresponde a los Climas Secos y Semisecos de la Sierra Madre y Eje Neovolcánico, en la cañada, el clima es seco semicálido con lluvias en verano, BS₁kw, la temperatura media anual es de 18.5°C, con 24.7°C de máxima en junio, y la mínima en enero con 8.3°C, la precipitación total anual es de 364.6 mm (INEGI, 1992).

La cueva El Salitre, tiene una entrada de cerca de 30 m de anchura y hasta 6 m de altura; existe una cámara principal cuya pendiente en el piso es de aproximadamente 60° en las partes más inclinadas. Existen varios túneles secundarios bajo el piso de la cámara mayor, la mayoría fueron hechos para aprovechamiento minero, el techo es irregular y en la parte más profunda es abovedado con gran cantidad de grietas y huecos, en la parte abovedada, se refugia la mayoría de los murciélagos y es llamada "La Olla" (Figura 2).

La temperatura y humedad relativa se midieron a la misma hora (09:00 horas): las registradas a la entrada de la cueva, fueron denominadas Temperatura externa (TE) y Humedad externa (HE); las que se registraron bajo "La Olla", se denominaron Temperatura interna (TI) y Humedad interna (HI). Ambos parámetros se obtuvieron por medio de un higrómetro con termómetros de bulbo húmedo y seco. La precipitación (PP) y las temperaturas mínima (T_{mi}) y máxima (T_{ma}) de la región se obtuvieron de datos de la estación meteorológica más cercana, correspondiente al poblado de Metztlitlán.

Fueron elaboradas gráficas para relacionar el tamaño estimado de la población por mes, con la temperatura interna y con la externa, la humedad interna y la externa, así como con la precipitación pluvial y las temperaturas máxima y mínima. El mismo método gráfico se utilizó para el análisis de la relación del ciclo reproductivo con variaciones en el tamaño poblacional.

RESULTADOS.

En la primera salida, de enero de 1997, no se detectaron murciélagos guaneros en la cueva, debido a que no fueron colocadas redes para su captura. Posteriormente se comprobó que en esa temporada del año, la cantidad de ejemplares es tan pequeña que es difícil detectarlos sin usar redes; se midió la humedad y las lecturas de temperatura de la cueva a las 13:30 horas, fueron de 20° C en la entrada y 26° C bajo "La Olla".

Temperatura y Humedad en la Cueva El Salitre

En todas las visitas de trabajo a "El Salitre", se registró la temperatura y la humedad, la variación de la temperatura fuera de la cueva fue mayor que dentro de ella. La media de la temperatura externa

considerando los tres años fue de 21.1 grados Celsius, con mínima de 16, máxima de 26 y variación hasta de 10 grados. La temperatura interna se mantuvo entre los 23 y los 26 grados, lo que representa una variación de solo tres grados en los tres años, con una media de 25.1 grados registrada bajo "La Olla" (Figuras 3 y 4). La temperatura registrada en el interior de la cueva fue siempre más alta que la del exterior, tomadas a la misma hora; asimismo es mayor en la parte más profunda y alta, cercana al techo, que en la zona más baja cercana a la entrada. Lo anterior corresponde a la condición que se presenta en las llamadas cuevas de calor (Silva-Taboada, 1977).

Las humedades relativas tanto externa como interna, mostraron fuerte variación a lo largo del año, pero con patrones anuales parecidos; los meses de invierno son los más secos, tanto dentro como fuera de la cueva, mientras los de verano son los más húmedos. La humedad relativa externa tuvo una amplitud de variación de 53 % con valores desde 29% hasta 82% y promedio de 58.4% en los tres años, siendo 1999 el más seco. La humedad interna fue más constante, con una amplitud de variación de 37%, valores extremos de 38% a 75% y promedio de 53.1%, tomando en consideración los tres años (Figura 3).

Al analizar la gráfica que relaciona las temperaturas y las humedades internas y externas con el tamaño poblacional, se tiene que al principio del año la humedad tanto interna como externa es cercana a 60%, posteriormente hay un descenso en la humedad externa, en el periodo de secas. A partir de marzo o abril, empieza la temporada de lluvias en la región, aumentando de nuevo la humedad externa hasta poco más de 80%, y la interna hasta un poco más de 70%; en el periodo en que la humedad externa aumenta se tiene el arribo de la mayor parte de la población, y el máximo tamaño poblacional se alcanza poco antes de los máximos anuales de humedad interna y externa.

De acuerdo a los resultados, parece haber una relación directa entre el número de ejemplares en la cueva y la humedad relativa interna, este efecto puede ser consecuencia de la respiración y transpiración de los murciélagos. Sin embargo, el máximo de humedad interna no necesariamente coincidió con el máximo número poblacional.

La temperatura interna se mantiene relativamente constante con o sin la presencia de murciélagos, estando entre 23 y 27° C, y la externa (registrada a la entrada de la cueva) muestra poca relación con el tamaño poblacional. Así, en el tiempo en que la temperatura es más baja se presenta el tamaño menor, pero la temperatura máxima no corresponde al máximo de la población.

Temperatura y Precipitación en la región de Metztitlán, Hidalgo.

A partir de los datos de temperatura obtenidos de la estación meteorológica de Metztitlán, se tiene que en 1997 la mínima se registró en diciembre y la máxima en marzo, mientras que el máximo de precipitación sucedió en septiembre y el mínimo en enero, febrero y diciembre. En 1998 la temperatura mínima se tuvo en febrero y la máxima en abril y mayo, en ese año la precipitación

máxima se presentó en septiembre y la mínima un periodo de marzo a mayo y en diciembre. Para 1999, la temperatura mínima se presentó en febrero y la máxima en abril, respecto a la precipitación, el máximo se tuvo en octubre y el mínimo en marzo. En los tres años considerados, las temperaturas mínimas se presentaron en invierno y las máximas en primavera, la máxima precipitación ocurrió en otoño y la mínima en invierno (Figura 5).

El patrón anual de precipitación en la zona de la cueva El Salitre, obtenido con base en los registros de 1997, 1998 y 1999 consiste de un periodo corto de lluvias escasas al principio del año, en el mes de enero, febrero o hasta marzo, seguido de un periodo estival seco que ocupa generalmente febrero y marzo. Posterior al estío empieza la estación de lluvias en junio o julio, hay un aumento gradual en la cantidad de precipitación, hasta alcanzar un máximo generalmente en octubre (Figura 5). Respecto a la variación en el tamaño poblacional con relación a la precipitación, al empezar el periodo de lluvias intensas o hasta un mes después, se tiene el aumento en el número de población. En 1997, que fue un año seco, no hubo periodo de lluvias en enero ni febrero, y el máximo poblacional se tuvo en los meses de abril a junio, durante el primer pico de lluvias anuales, en los dos años siguientes el máximo poblacional se tuvo entre mayo y julio principalmente en junio, poco antes del máximo de precipitación (Figura 6).

El análisis de las gráficas correspondientes a los tres años del estudio sugiere que el régimen de precipitación pluvial tiene influencia directa en las fluctuaciones de la población y en el ciclo reproductivo de *Tadarida brasiliensis mexicana* en la cueva El Salitre, se observó una tendencia definida consistente en el aumento de la población en los meses en que empieza la temporada de lluvias intensas y por lo tanto aumenta la humedad atmosférica y del terreno. Los adultos llegan a la cueva en su gran mayoría en fechas inmediatamente anteriores al momento de mayor cantidad de precipitación pluvial, por lo tanto aumentan los números de población en relación directa con el aumento de la precipitación y se alcanza el máximo poblacional uno o dos meses antes del máximo de lluvias.

La temperatura máxima considerando todas las lecturas mensuales de los tres años, se mantuvo entre 31.5° y 41° C y su relación con la fluctuación del tamaño poblacional muestra que el máximo de población se presentó en los tres años, coincidente con el mes en que hubo la temperatura más alta o un mes después presentarse esta. La temperatura mínima del periodo de estudio estuvo entre 1.5° y 17°. El patrón de variación del tamaño poblacional respecto a la temperatura, indica que los periodos de menor temperatura corresponden a los mínimos en los números poblacionales (Figura 6).

Datos generales de la población.

En enero de 1977 no se detectó ningún ejemplar de *T. b. mexicana*, en febrero, solo se encontró uno y en marzo, cuando se empezó a estimar el tamaño de la población mediante el proceso detallado en la metodología, se calculó el número en aproximadamente 500, ese año el

mínimo fue de 80 en noviembre y el máximo de 1,000,000 en abril, mayo y junio; en 1998 el mínimo fue de 100 ejemplares en febrero y el máximo de 700, 000 en junio; en 1999, el mínimo fue .30 ejemplares en enero y el máximo de 800, 000 en mayo y julio; aunque no se trabajó junio, se infiere que en ese mes el número fue también alto como en los años anteriores (figuras 7 y 8).

Las estimaciones del tamaño poblacional fueron registradas como sigue: el mínimo fue de aproximadamente 30 ejemplares, coincidente con los meses de invierno en las temporadas de menor ocupación de la cueva. El tamaño máximo en cada año fue cercano al millón en la época de verano. Al comparar el tamaño poblacional estimado en los meses en que este es máximo, y que se registraron desde mayo hasta julio de cada uno de los tres años del estudio, se observó una disminución, la que correspondió a 1,000, 000 en 1997, 700,000 en 1998, y 800,000 en 1999.

Se revisaron al azar 2, 684 ejemplares de *Tadarida brasiliensis* en total, de los cuales, 624 fueron hembras (23.25 %) y 2060 fueron machos (76.75%). Por año, considerando los totales anuales, las hembras se presentaron siempre en números menores e incluso abandonaron completamente el refugio durante los meses de julio a septiembre en 1997, de junio a septiembre de 1998 y de julio a septiembre de 1999 (Figura 9).

El patrón de comportamiento anual en la proporción de sexos obtenida por salida (Figura 9 y 10) fue parecido en los tres años: En 1997, las hembras y los machos se encontraron 1:1 en marzo y abril; en mayo las hembras fueron ligeramente más numerosas que los machos, aquellas empezaron a abandonar el refugio en junio, estuvieron ausentes de julio a septiembre y volvieron a encontrarse de nuevo a partir de octubre. En noviembre se presentaron de nuevo casi en igual proporción ambos sexos, la población en ese mes incluyó además de adultos, un gran número de subadultos y pocos juveniles.

De enero a marzo de 1998, las hembras se encontraron de nuevo en proporción baja, para aumentar a casi tres por macho en abril de ese año y disminuyendo a casi uno a uno en junio, después desaparecieron de junio a septiembre y volvieron a registrarse en octubre y noviembre pero en proporciones otra vez muy bajas. En 1999, en enero y febrero la proporción de hembras fué baja, aumentó en marzo y llegó a más de dos hembras por macho en mayo, de julio a septiembre estas abandonaron por completo el refugio de nuevo (Figura 10).

El peso de los murciélagos guaneros tiene como valor mínimo 8 g que corresponde a ejemplares juveniles y el máximo de 16 g correspondiente a hembras preñadas . En orden descendente de frecuencia, sin discriminar edad ni sexo, la categoría más frecuente de peso es la de 10 y 11 gr, la segunda entre 12 y 13 gr, seguida de 8 y 9 gr, luego la de 14 a 15 gr y la de menor frecuencia es la de 16 gr. Es necesario indicar que solamente se capturaron dos juveniles en todo el periodo del estudio por lo que los pesos registrados corresponden a ejemplares adultos en su mayor proporción y a subadultos en segundo término, categorías de edad que constituyen la mayor cantidad

de ejemplares que utilizan el refugio, los mayores pesos corresponden principalmente a hembras preñadas en avanzado estado de desarrollo de sus embriones.

Analizando los pesos por categoría de edad, en 1997 el más frecuente entre los adultos fue 10 gr (30.94%), con 487 casos, seguido por 11 gr (19.82%) con 312, luego 9 gr (9.91%) con 156 y 12 gr (9.72%) con 153. Entre los subadultos, el peso más frecuente fue 10.0 gr con 126 casos (8.01%), con peso 11 gr hay 60 (3.81%), el peso 9 gr con 56 (3.56%) y 19 con peso 12 gr (1.21%), los porcentajes fueron obtenidos considerando el total de los individuos, sin discriminar sexo pues a pesar de que Wilkins (1989) menciona que existe dimorfismo sexual, al realizar una prueba de t a un 95 % de confianza, a los datos de los adultos y subadultos de ambos sexos sin considerar hembras preñadas, no se encontró dimorfismo alguno ($P = 0.114$).

Usando datos de la longitud del antebrazo de 50 hembras y 50 machos adultos escogidos en los meses en que se lleva a cabo la cópula, se llevó a cabo una prueba de t para un 95% de confianza, en la que se encontró una media de longitud de 43.022 para la hembras, media de 42.958 para los machos y varianza de 0.258 por lo que no se halló dimorfismo sexual en esa medida ($P = 0.797$).

Al considerar el esfuerzo de captura utilizando los metros de red por noche (Medellín, 1993), se tienen máximos de población de abril a junio y en septiembre y octubre (Figura 11), lo que coincide con los cálculos de tamaño de población mediante la estimación por área ocupada, confirmando las épocas de ocupación de los murciélagos; sin embargo, es necesario señalar que el cálculo usando el esfuerzo de captura puede estar sesgado, dado que no se contabilizaron todos los ejemplares que fueron capturados y liberados de las redes.

Reproducción.

En el Salitre se registró el ciclo reproductivo de los murciélagos guaneros casi completo, a excepción de los nacimientos. Por el estudio de los tractos reproductivos, se sabe que las hembras preñadas presentaron embriones muy avanzados en su desarrollo de mayo a junio de 1997 y en los mismos meses de 1998. Además, se colectó en julio de 1999 una hembra lactante cuyas glándulas lactógenas fueron las más desarrolladas registradas en el estudio, indicando una fuerte posibilidad de nacimientos en México, así como la permanencia de esta población durante todo el año en la región central del país.

Disturbio.

La alteración por disturbio antropogénico sobre el hábitat en los alrededores y dentro de la cueva se evaluó en general como de mediana intensidad, con un valor de 3 en 1997 y valores de 2 en 1998 y 1999. La vegetación presentó poca alteración en un radio de un kilómetro aledaño sobre las laderas de

la cañada, a pesar de que en el fondo de la misma se tienen campos de cultivo de riego, cuyo uso es continuo durante el año y la modificación es fuerte ahí, el efecto total es de mediana intensidad.

El principal disturbio afectando a la cueva, se tuvo en dos periodos, de enero a marzo y de agosto a noviembre de 1997, cuando se consideraron intensos, con valor de 3. En esos meses se encontró una canica de vidrio en el guano bajo "La Olla", que se asume que probablemente fue lanzada contra los murciélagos; también se halló en la entrada de la cueva un casquillo de bala calibre 38 usado poco antes de ser encintrado, lo que prueba la detonación de armas de fuego en el refugio; hubo restos de juegos pirotécnicos como "cohetes" y "palomas" detonados en varios lugares dentro del refugio. Se encontró asimismo un altar fabricado con hojas de yuca (*Yucca* sp). en la cámara principal que atestigua la realización de algún tipo de rito religioso.

En el periodo mencionado (1997), se registró vandalismo con pintas en las paredes, excavaciones en la entrada, en la primera parte de la cueva y en los túneles secundarios que se encuentran bajo el piso de la cámara principal. En septiembre la vegetación inmediata a la entrada fue podada y parcialmente destruida. En noviembre dicha vegetación apenas se recuperó relativamente y durante 1998 no fue perturbada. En el interior del refugio, se hallaron antorchas quemadas y restos de una fogata. El disturbio disminuyó después.

A pesar de la relativa disminución del disturbio, durante los años del estudio y aún posteriormente, se siguieron encontrando en las paredes letreros con nombres de los visitantes, los que ocupan principalmente la parte interna correspondiente al vestíbulo de la cueva. En noviembre de 1999, hubo otro pico de disturbio consistente en extracción de rocas, fracturándolas de las paredes cercanas a la entrada, de manera parecida a cuando se realiza la toma de muestras geológicas, algo parecido se observó en los meses de enero y febrero de 2000; al hablar con los lugareños, se supo que extrajeron las piedras, ramas y troncos como materiales para construcción.

Otra fuente de disturbio fue la extracción de guano; en enero de 1997 dos personas realizaron esa actividad, pero no fue posible determinar la cantidad obtenida. En marzo de 1999 se registró otra persona, trabajando al menos tres semanas, quien recogió un mínimo observado de 45 costales de guano, cada uno con peso aproximado de 15 kg, para un total estimado de 675 kg; cabe mencionar que esta cantidad no representa el total obtenido pues hubo parte del periodo de extracción que no pudo ser observado.

DISCUSIÓN

La fluctuación de la humedad relativa en la entrada de la cueva es amplia en general (Figura 3) y aunque la variación de este parámetro es relativamente menor en la parte interna, ambas reflejan el régimen de precipitación. La humedad relativa interna es más variable de lo que se esperaba. La temperatura, sin embargo, tuvo poca variación en los tres años y es casi constante en el interior de la

cueva cuando el número de ejemplares presentes alcanza el máximo anual. Así la temperatura interna es uniforme durante dos o tres meses en verano, con valores cercanos a los 26° C (Figura 4), y es similar al valor más bajo mencionado por Cagle (1950) para una población de Texas, pero es muy baja en comparación con la que refiere Herreid (1967) como límite superior de temperatura preferida, que es de 35° C.

El mayor tamaño poblacional estimado en cada año, coincidió con las temperaturas internas más altas en los mismos periodos, las cuales fueron de 25° a 26° C y con un intervalo de variación de humedad relativa interna de entre 40% y 65%, la que muestra una tendencia a aumentar conforme aumenta el número de individuos en la cueva (Figura 3 y 4). La temperatura y la humedad externas registradas inmediatamente afuera de la cueva, muestran una relación con el tamaño poblacional parecida a la encontrada respecto a la precipitación en la zona, así como con la temperatura máxima y mínima.

A diferencia de los valores internos, los datos de precipitación pluvial y temperaturas máximas y mínimas en la zona, presentan variaciones fuertes en la temperatura mínima y en la precipitación entre los meses, siendo más constante la temperatura máxima. Las variaciones de la temperatura en la región van de 1.5° bajo cero en diciembre de 1997 hasta 41° C en mayo de 1998.

Vargas-Contreras (1998) encontró que el factor que tiene más importancia en la selección del refugio diurno en la Región de Gómez Farías y en la reserva de la Biosfera El Cielo, ambas en Tamaulipas, es la temperatura. Las cuevas con temperatura más alta son las que tienen la mayor incidencia de murciélagos; sin embargo, los refugios con mayor abundancia en el área fueron los fríos y húmedos mientras los que presentan al mismo tiempo mayor abundancia y riqueza fueron los calientes y húmedos, correspondientes a las partes tropicales de esa región.

Los refugios que Vargas-Contreras (1998) estudió, albergan poblaciones multiespecíficas de baja abundancia. Siguiendo el criterio de este investigador y de acuerdo al esquema empírico que propone, la cueva El Salitre corresponde a un refugio caliente y seco, pues la temperatura interna de la misma es prácticamente constante a lo largo del año, cercana a 23 ° C y la humedad está entre los 60 y 80 %. Este refugio alberga una población multiespecífica de alta abundancia, dado que se han registrado ahí ocho especies, de las cuales Tadarida brasiliensis mexicana alcanza tamaños de población de hasta un millón de animales en los meses de verano.

Si se parte de la premisa de que los refugios con mayor abundancia y riqueza son los calientes y húmedos, los resultados obtenidos en El Salitre aparentemente estarían en desacuerdo con Vargas-Contreras (1998). Sin embargo, es necesario hacer algunas consideraciones al respecto: a) El esquema propuesto por Vargas-Contreras para el gradiente estudiado en Tamaulipas, no se planteó como absoluto y puede tener variaciones en diferentes regiones. b) La presencia de Tadarida brasiliensis mexicana en El Salitre, aporta el 99.99% del total de murciélagos que componen la comunidad de la

cueva en meses de verano, cuando alcanza su máximo tamaño. c) Las otras especies son mucho más escasas, la que mayor número presenta es Eptesicus fuscus, cuyas poblaciones reproductivas mixtas de machos y hembras suman aproximadamente 30 individuos; de las demás, no se ha registrado alguna colonia mayor a 10 individuos, por lo tanto el conjunto de las especies sin contar a los murciélagos guaneros es cercana a los 60 individuos.

Basado en lo anterior, es importante marcar el hecho de que si T. b. mexicana no ocupara la cueva, la riqueza y la abundancia corresponderían a lo esperado a partir del esquema propuesto por Vargas-Contreras (1998), esto es, la abundancia sería mucho menor. En las condiciones actuales, El Salitre es un refugio que alberga a una comunidad multispecífica de alta abundancia, mientras los del estudio referido en Gómez Farías son multispecíficos de baja abundancia.

De los dos factores ambientales registrados en el interior de El Salitre, el más importante en relación con el tamaño de la población dentro de la cueva y que además influye mayormente en el sitio de percha de los murciélagos, es la humedad; lo anterior se afirma basado en que la mayor humedad se ha registrado siempre bajo el sitio de percha de los murciélagos. En contraste a lo anterior, la temperatura permanece constante durante casi todo el año, con o sin la presencia de estos animales; por lo tanto, se considera que no ejerce influencia importante sobre las variaciones en el tamaño poblacional pero sí en la selección de la cueva como refugio y en la selección de la zona de percha.

La cueva El Salitre sería caliente seca, de acuerdo al criterio de Vargas-Contreras (1998), si el esquema localmente válido de este autor pudiera extenderse justificablemente a la situación en Metztlán. Al parecer, no reúne las características de humedad ni de temperatura necesarias para albergar colonias de maternidad de T. b. mexicana; tales parámetros se han registrado como de 50 a 70% de humedad atmosférica para una población en cautiverio (Baer y Holguin, 1971) y la temperatura en la cueva Ney. Texas, es de 38° C (Cagle, 1950).

El refugio ofrece condiciones para el acoplamiento de los individuos, como la topografía del techo, el cual es abovedado, con gran número de grietas y huecos, que lo hacen útil como lugar de reunión de los adultos con fines de cópula y para el desarrollo de las fases prenatales de las crías. Se ha observado que los machos mantienen a las hembras en lugares aislados durante el periodo de cópula (Baer y Holguin, 1971).

Analizando los totales de ejemplares durante los tres años, los machos son más numerosos; sin embargo, en los meses en que se reúnen los sexos, las hembras son más abundantes, como se muestra en la proporción de sexos correspondientes a abril y, principalmente en mayo, cuando alcanzan hasta tres hembras por macho. McCracken y Wilkinson (2000) indican que Lollar (1995) observó la formación de territorios en el comportamiento sexual del murciélago guanero y French y Lollar (1998) mencionan la formación de un harem por parte de algunos de los machos. En la colonia de Metztlán no fue posible determinar si este tipo de comportamiento se lleva a cabo, debido a las condiciones del sitio.

Con base en la proporción de sexos durante la temporada de cópula, lo único que es posible afirmar es que los machos podrían tener contacto con más de una hembra durante el periodo de acoplamiento.

Los machos fueron registrados todos los meses en la cueva, aunque en invierno su número es muy bajo; las hembras en cambio abandonan por completo el refugio desde julio hasta octubre, regresando en ese último mes. La mayor cantidad de estas se registró de marzo a principios de junio. La mayoría de los machos llegan antes en el año y están sexualmente activos al llegar la mayoría de las hembras. Esto indica reunión con fines reproductivos. Lo anterior se afirma tanto por los resultados del estudio histológico-anatómico de los tractos reproductivos, de acuerdo a los cuales, en ese periodo se lleva a cabo el acoplamiento, así como por la presencia de las hembras en verano y su ausencia en otoño, que coincide con la época de los nacimientos.

A partir de los datos del estudio sobre determinación del ciclo reproductivo y del seguimiento de los ejemplares presentes en el refugio, se encontró que al menos una parte de la población se encuentra en la cueva durante todo el año y lleva a cabo su ciclo casi por completo en México, pues la única fase que no se tiene documentada es la de los nacimientos. El periodo en que se sabe que suceden los nacimientos coincide con la ausencia de hembras en "El Salitre", por lo que se supone que probablemente se encuentren entonces en un refugio de maternidad; a pesar de que no se encontró ninguna cueva de nacimientos en la región, es posible inferir por el avanzado grado de desarrollo de los embriones analizados (de acuerdo a su tamaño, algunos ya estaban prácticamente por nacer), que las hembras no realizan viajes muy largos hasta el sitio de nacimiento de las crías, de manera que se piensa que el sitio donde nacen podría entonces estar en México. Esto se apoya también en la proporción de sexos registrados por salida (Figura 9 y 10) el cual durante los tres años, tuvo un patrón anual similar ya descrito en resultados.

Lo anterior está en desacuerdo con lo propuesto por Short (1961), Kunz y Robson (1995) y por Kruztsch *et al.*, 2002, que consideran que sólo el apareamiento y cópula se llevan a cabo en México, con nacimientos a finales de junio en EUA. Al respecto, Kruztsch *et al.* (2002) mencionan que los individuos de las poblaciones con distribución al norte de la latitud 26° N en Sinaloa y Sonora se aparean en refugios de paso durante el vuelo migratorio al norte y su ciclo reproductivo continúa en refugios de maternidad en el suroeste de EUA.

A partir del análisis del ciclo reproductivo de los murciélagos guaneros en Metztlán se encontró que la variación del número poblacional y las diferentes fases del ciclo, están relacionadas (Cruz-García, 2001; observaciones personales), alcanzando los números máximos cuando ocurre el acoplamiento. Por otro lado, la variación climática a lo largo del año, principalmente el régimen pluvial también se relaciona con el tamaño de población, siendo máximo en la época del inicio de lluvias.

Disturbio.

Al analizar los tres años, la alteración por disturbio antropogénico sobre el hábitat en los alrededores de la cueva se consideró de mediana intensidad, pues la vegetación fue poco alterada en un radio de un kilómetro, sobre todo hacia las laderas de la cañada.

El disturbio más intenso se concentró en los periodos de enero a marzo y de agosto a noviembre de 1997 según se describe en resultados. El procedimiento para la extracción de guano es, poco disruptivo para los murciélagos pues se lleva a cabo generalmente en la época en que la colonia no es muy grande, se lleva a cabo por la mañana aprovechando la luz natural que entra de manera indirecta hasta el fondo de la cueva, evitando el uso de antorchas o algún otro tipo de iluminación artificial y termina cuando la luz natural ya no alcanza la zona de trabajo bajo la olla, por lo que la molestia para los murciélagos es mínima y el aprovechamiento es muy redituable para quienes lo realizan.

De la gráfica de disturbio contra tamaño poblacional máximo (Figura 12), se tiene que en 1997, la perturbación fue intensa y se concentró en los meses en que se reúnen los sexos y en los que regresan las hembras con los machos que nacieron ese año. La población presente en 1998 disminuyó notablemente, y volvió a aumentar en 1999, después de un año de relativamente poca perturbación. Aunque con esas bases no se puede asegurar que el disturbio sea el responsable de las fluctuaciones en el tamaño, si es evidente que tiene gran influencia, confirmando lo registrado por McCracken (1987).

No se cuenta con datos que permitan plantear inferencias a favor o en contra del efecto de las enfermedades sobre el tamaño poblacional; sin embargo, a pesar de que Tadarida brasiliensis mexicana se considera vector de la rabia (Constantine, 1967; Villa-R. 1967), los ejemplares estudiados no presentaron algún síntoma de esa enfermedad, al menos no en forma epidémica, que permita pensar que ese factor afecte al tamaño de la población.

Respecto a los depredadores, los mamíferos, aves y reptiles registrados como tal en El Salitre, no representan un factor importante pues la presión que ejercen dado el tamaño de la colonia es mínima. Así, se registró en dos ocasiones a Bassariscus astutus en las cercanías de la cueva, pero el análisis de 10 excretas, solo mostró restos de vegetales principalmente semillas de garambullo, de pirul, e insectos (Coleoptera). Bubo virginianus consume entre 10 y 15 murciélagos cada 5 días aproximadamente y se registraron dos ejemplares de esta especie en el trascurso del estudio en la época de mayor abundancia de la colonia, esto corresponde aproximadamente a 730-1095 murciélagos por año por individuo de búho que depreda en el refugio, o bien cerca de 1460-2190 quirópteros consumidos en un año por las dos aves.

Se encontró un ejemplar de Senticolis triaspis dentro de la cueva con el estómago vacío. Con base en lo anterior, se considera que la presión que ejercen es baja, de solo unos cuantos ejemplares por cada depredador y no se considera como un factor que influya de manera importante en la variación del tamaño poblacional en este refugio.

El tamaño de la población sufrió un descenso en el curso del segundo año de estudio y a pesar de que en el último año se incrementó de nuevo el número poblacional estimado, es necesario un periodo de muestreo mayor para determinar si la variación en el tamaño poblacional máximo es imputable a disturbio, al efecto de los depredadores, a la aplicación de insecticidas en exceso, a otras causas de mortalidad de los murciélagos o bien tengan su origen en la existencia de ciclos multianuales intrínsecos.

CONCLUSIONES.

Respecto a las dos primeras hipótesis, se encontró que los factores ambientales y los de disturbio humano si tienen efecto sobre el tamaño poblacional.

Las actividades humanas (excepto la extracción de guano, que se consideró de bajo impacto) tienen efecto sobre la cantidad de murciélagos que se presentan en el refugio; el año en que se presentó el mayor disturbio fue 1997 y en 1998 la población disminuyó. En 1999 el tamaño poblacional creció poco, aunque son escasos los datos, es llamativa la concordancia de la mayor cantidad de disturbio seguida de una disminución concomitante en la población el siguiente año.

La humedad externa tiene influencia directa sobre la interna y es el factor ambiental que mostró mayor influencia en los cambios del tamaño poblacional. Referente a la temperatura y humedad, los mayores tamaños poblacionales se presentan al mismo tiempo que las mayores temperaturas internas y son seguidas por un aumento en la humedad relativa interna de la cueva. Las fluctuaciones en el tamaño poblacional están relacionadas más con la humedad que con la temperatura.

Respecto de la tercera hipótesis, el ciclo reproductivo sí influye en el tamaño de la población a lo largo del año. Los machos se reúnen antes que las hembras y algunos están presentes a lo largo del año. Las hembras quedan preñadas entre marzo y mayo, viajan a otro sitio a parir en un periodo comprendido entre julio a septiembre. La cueva de El Salitre es usada para la reproducción en su fase de cópula y durante los estadios de desarrollo intrauterino. Las hembras se encontraron en igual proporción que los machos en los meses de primavera (marzo, abril y mayo), abandonan el refugio en verano y principios de otoño y una parte de la población de ese sexo regresa durante finales de otoño, manteniéndose hasta la nueva primavera; los machos se encontraron todo el tiempo. De lo anterior se tiene que las fluctuaciones en el tamaño de la población están relacionadas con el ciclo reproductivo de T. b. mexicana, los mayores tamaños poblacionales se presentan en los meses de verano, coincidentes con la temporada reproductiva de la especie en México.

Al menos parte de la población permanece en la cueva todo el año aunque en números muy bajos en los meses de invierno. El mínimo tamaño de población registrado fue 30 ejemplares en red en las temporadas coincidentes con los meses de invierno y de cerca de un millón en la época de verano,

cuando los murciélagos de ambos sexos se reúnen. La población mostró un descenso durante el periodo del estudio.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVAREZ, T. y O. J. POLACO, 1980. Nuevos registros de murciélagos para el estado de Hidalgo, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, 23:135-143.
- ANTHONY, E. L. P., 1988. Age determination in bats. 47-58 pp., *in* *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. Smithsonian Institution, xxii + 1-533.
- ARITA, H. T., 1993. Conservation Biology of the cave bats of Mexico. *Journal of Mammalogy*, 74(3):693-702.
- BAER, G. M. and G. M. HOLGUIN. 1971. Breeding Mexican Freetail Bats in Captivity. *The American Midland Naturalist*, 85(2):515-517.
- BARBOUR, R. W. y W. H. DAVIS. 1969. *Bats of America*. University of Kentucky Press, Lexington, 199-212.
- CAGLE, F. R. 1950. A Texas colony of bats, *Tadarida mexicana*. *Journal of Mammalogy*, 31(4):400-402.
- CAMARGO-CRUZ, E. 1998. Determinación de metales pesados en el anfibio *Bufo valliceps* en la zona agrícola de Metztlán, Hidalgo. (Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM), México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, Vol. 8(1):21.
- COCKRUM, E. L. 1969. Migration in the guano bat, *Tadarida brasiliensis*. *Miscellaneous Publications, Museum of Natural History, University of Kansas*, 51:303-336.
- CONSTANTINE, D. G. 1967. Activity Patterns of the Mexican free-tailed bat. *University of New México Publications in Biology*, (7):79pp.
- CRUZ-GARCÍA, M. del R. 2001. Determinación del ciclo reproductivo de *Tadarida brasiliensis mexicana* en la cueva El Salitre, Metztlán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México. 1-75.
- DAVIS, R., C. HERREID II y H. SHORT. 1962. Mexican free-tailed bats in Texas. *Ecological Monographs*, 32(4):311-346.
- DAVIS, R. B. y E. L. COCKRUM. 1963. Bridges utilized as day roosts by bats. *Journal of Mammalogy*, 44:428-430.
- EADS, R. B., J. S. WISEMAN, y G.C. MENZIES. 1957. Observations concerning the Mexican free-tailed bat, *Tadarida mexicana* *Texas Journal of Science*, 9:227-242.
- FRENCH, B. y A. LOLLAR. 1998. Observations on the reproductive behavior of captive *Tadarida brasiliensis mexicana* (Chiroptera: Molossidae). *The Southwestern Naturalist*, 43(4):484-490.

- FRAZE, R.K y K. T. WILKINS. 1990. Patterns of use of man-made roosts by Tadarida brasiliensis mexicana in Texas. *The Southwestern Naturalist*, 35(3):261-267.
- GELUSO, K. N., J. S. ALTENBACH y D. E. WILSON. 1976. Bat mortality: pesticide poisoning and migratory stress. *Science*, 194:184-186.
- GELUSO, K. N., J. S. ALTENBACH y D. E. WILSON. 1981. Organochlorine residues in young Mexican free-tailed bats from several roosts. *American Midland Naturalist*, 105:249-257.
- GILLETTE, D. D. y J. D. KIMBROUGH. 1970. Chiropteran mortality. 262-283. *In* About bats, a Chiropteran Symposium, Slaughter and Walton, Eds. Southern Methodist University Press. Texas, i-viii+1-339.
- GRIFFIN, D.R. 1940. Migrations of New England cave bats. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard*, 76:181-187.
- HERREID, C. F. 1967. Temperature regulation, temperature preference and tolerance, and metabolism of young and adult free-tailed bats. *Physiological Zoology*, 40:1-22.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. 1992. Síntesis Geográfica del estado de Hidalgo, iii+1-134.
- KRUTZSCH, P. H., T. H. FLEMING y E. G. CRICHTON. 2002. Reproductive Biology of male mexican free-tailed bats (Tadarida brasiliensis mexicana). *Journal of Mammalogy*, 83(2):489-500.
- KUNZ, T. H. and S. K. ROBSON. 1995. Postnatal growth and development in the mexican free-tailed bat (Tadarida brasiliensis mexicana): birth size, growth rates and age estimation. *Journal of Mammalogy*, 76(4):769-783.
- LOLLAR, A. 1995. Notes on the mating behavior of a captive colony of Tadarida brasiliensis. *Bat Research News*. 5(1),5.
- MCCRACKEN, G. F. 1987. Why are losing our mexican free-tailed bats?. *Endangered species. Technical Bulletin Reprint. The University of Michigan*, 4(4):1-3.
- MCCRACKEN, G. F. 1989. Cave conservation: special problems of bats. *Bulletin of the National Speleological Society*, 51:49-51.
- MCCRACKEN, G. F., M. K. MCCRACKEN y T. VAWTER. 1994. Genetic structure in migratory populations of the bat Tadarida brasiliensis mexicana. *Journal of Mammalogy*, 75(2):500-514.
- MCCRACKEN G. F. y G. S. WILKINSON. 2000. Bat Mating Systems. *In* Reproductive Biology of Bats, Crichton, E. G. y P. H. Krutzsch (Eds). Academic Press. i-xii+1-510.
- MEDELLIN, R. A. 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. 333-354. *In* Avances en el estudio de los mamíferos de México. Publicaciones especiales. Vol. 1. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. México D. F. Medellín, R. A. y G. Ceballos (Eds.). 1-464.

- RACEY, P. A. 1988. Reproductive Assessment in bats, 31-45 pp., in Ecological and Behavioral methods for the study of bats. Smithsonian Institution. xxii + 1-533.
- ROMANO, M. C., J. I. MAIDAGAN y E. F. PIRE. 1999. Behavior and demography in an urban colony of Tadarida brasiliensis (Chiroptera: Molossidae) in Rosario, Argentina.
- SHORT, H. L. 1961. Growth and development of the mexican free-tailed bat. The Southwestern Naturalist, 6:156-163.
- SILVA-TABOADA, G. 1977. Algunos aspectos de la selección de habitat en el murciélago Phyllonycteris poeyi Gundlach in Peters 1861 (Mammalia:Chiroptera). Poeyana. Instituto de Zoología, Academia de Ciencias de Cuba, (168):1-10.
- TWENTE, J. W. 1955. Some aspects of habitat selection and other behavior of cavern-dwelling bats. Ecology, 36:706-732.
- VARGAS-CONTRERAS, J. A. 1998. Factores microclimáticos y selección del refugio diurno por murciélagos cavernícolas en Gómez Farías, Tamaulipas. Tesis de Grado, Maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 1-109.
- VILLA-R., B. 1956. Tadarida brasiliensis mexicana (Saussure), el murciélago guanero es una especie migratoria. Acta Zoológica Mexicana, 1(11):1-11.
- VILLA-R., B. 1967. Los murciélagos de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. i-xi+1-491.
- VILLA-R., B., y E. L. COCKRUM. 1962. Migration in the guano bat, Tadarida brasiliensis. Journal of Mammalogy, 43(1):43-64.
- WILKINS, K. T., 1989. Tadarida brasiliensis. Mammalian species, 331:1-10.
- WILSON, D. E. 1997. Bats in Question: The Smithsonian Answer Book. Smithsonian Institution Press. Washington, xvi+1-168.

RESUMEN

De 1997 a 1999, se realizó un estudio sobre las fluctuaciones de tamaño poblacional del murciélago guanero, Tadarida brasiliensis en la cueva El Salitre, Metztlán Hidalgo, buscando relacionar dichas variaciones con factores como el disturbio humano, la temperatura dentro y fuera del refugio, la temperatura máxima y mínima y la precipitación en la zona, y con aspectos reproductivos. Los resultados indican que los principales factores que afectan el tamaño poblacional en un ciclo anual, son la precipitación (régimen de lluvias) y la temporalidad del ciclo reproductivo en la zona. A nivel multianual, la evidencia parece mostrar un fuerte influencia del disturbio antropogénico, más que influencia de enfermedades o de los depredadores.



Figura 1. Localización de la cueva "El Salitre" Metztitlán, Hidalgo.

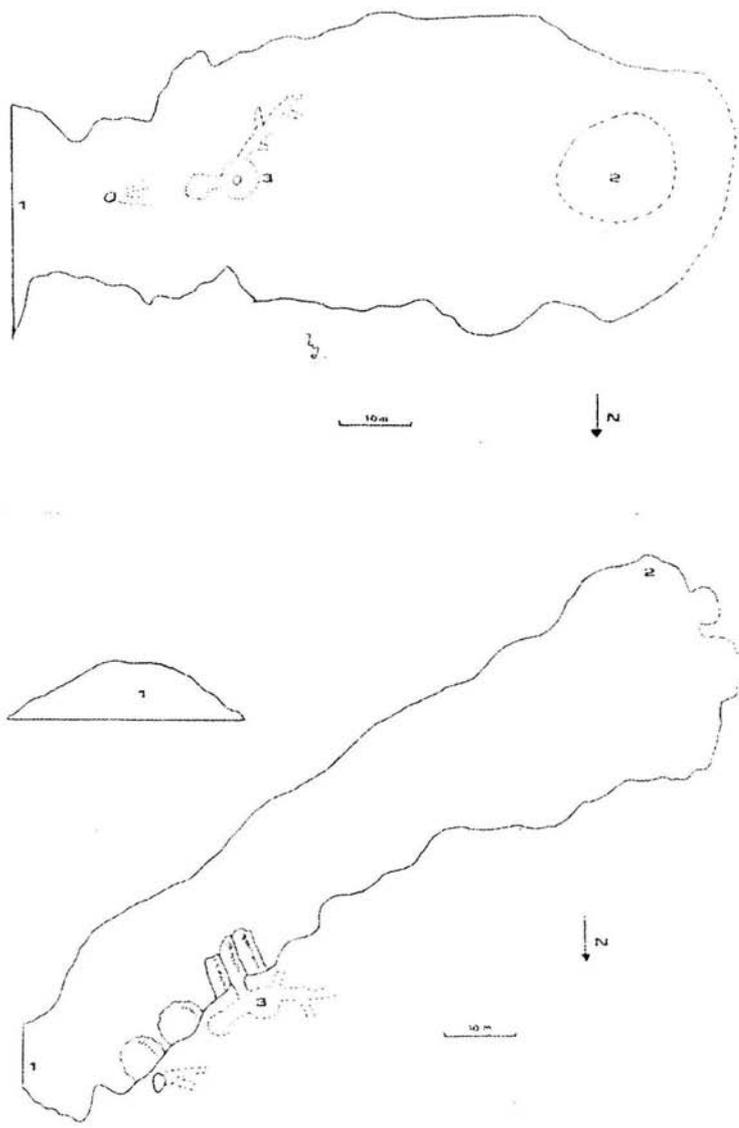


Figura 2. Cueva "El Salitre" . Se muestra un plano en vista superior y el corte .
(1) Entrada, (2) "La Olla", (3) Túneles excavados artificialmente.

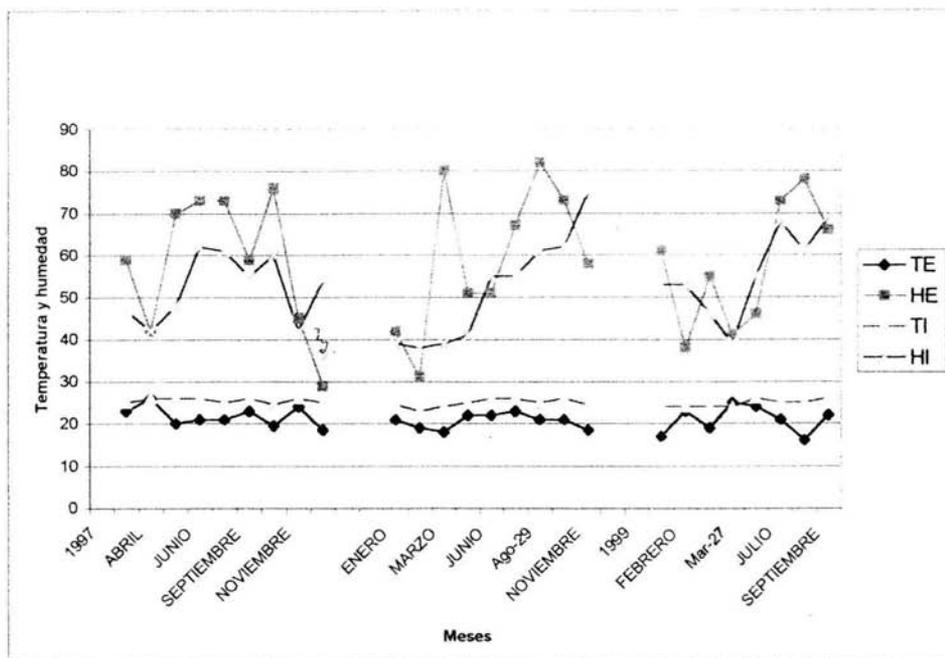


Figura 3.- Gráfica de la Temperatura y Humedad de la cueva El Salitre, de 1997 a 1999. TE: Temperatura externa; TI: Temperatura interna; HE: Humedad externa; HI: Humedad interna.

	EP	TE	HE	TI	HI
1997					
MARZO	500	23	59	25	47
ABRIL	1000000	26	42	26	42
MAYO	1000000	20	70	26	48
JUNIO	1000000	21	73	26	62
JULIO	100	21	73	25	61
SEPTIEMBRE	7000	23	59	26	55
OCTUBRE	900	20	76	25	60
NOVIEMBRE	80	24	45	26	42
DICIEMBRE	600	19	29	25	54
Min 1	80	19	29	25	42
Máx 1	1000000	26	76	26	62
Promedio 1	334353.3	22	58	26	52
Desvest 1	499239.6	2.4	16.5	0.6	7.9
Var 1	2.4924E+11	5.8	273.0	0.4	62.3
1998					
ENERO	300	21	42	25	39
FEBRERO	100	19	31	23	38
MARZO	1000	18	80	24	39
ABRIL	1000	22	51	25	41
JUNIO	700000	22	51	26	55
Ago-22	2000	23	67	26	55
Ago-29	2000	21	82	25	61
OCTUBRE	400	21	73	26	62
NOVIEMBRE	200	19	58	25	75
Min 2	100	18	31	23	38
Máx 2	700000	23	82	26	75
Promedio 2	78555.6	21	59	25	52
Desvest 2	233042.8	1.7	17.4	1.0	13.1
Var 2	54308940278	3.0	303.8	1.0	172.8
1999					
ENERO	30	17	61	24	53
FEBRERO	600	23	38	24	53
Mar-06	1500	19	55	24	46
Mar-27	4000	25	41	24	39
MAYO	800000	24	46	26	55
JULIO	800000	21	73	25	68
AGOSTO	2000	16	78	25	61
SEPTIEMBRE	100	22	66	26	69
Min 3	30	16	38	24	39
Máx 3	800000	25	78	26	69
Promedio 3	201028.8	21	57	25	56
Desvest 3	369695.3	3.3	14.8	0.9	10.3
Var 3	1.36675E+11	10.7	219.4	0.8	106.3
Mínimo general	30	16	29	23	38
Máximo general	1000000	26	82	26	75
Promedio general	204785	21.1	58.4	25.1	53.1
Desvest general	383652.1	2.5	15.7	0.9	10.4
Var general	1.47E+11	6.1	246.8	0.8	107.8

Figura 4.- Tabla que relaciona el número de ejemplares estimado por mes, de 1997 a 1999 en la cueva "El Salitre" con la humedad y la temperatura. EP, Estimación poblacional; TE, temperatura externa; TI, Temperatura interna; HE, Humedad externa; HI, Humedad interna.

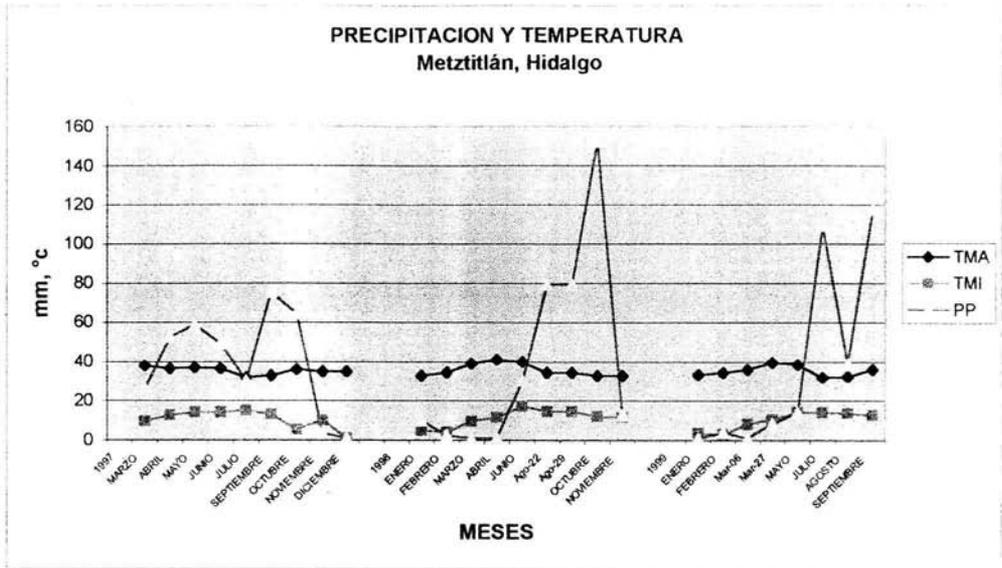


Figura 5.- Gráfica de la precipitación pluvial y la temperatura en Metztitlán, Hidalgo. TMA, Temperatura máxima, TMI, Temperatura mínima, PP, Precipitación pluvial.

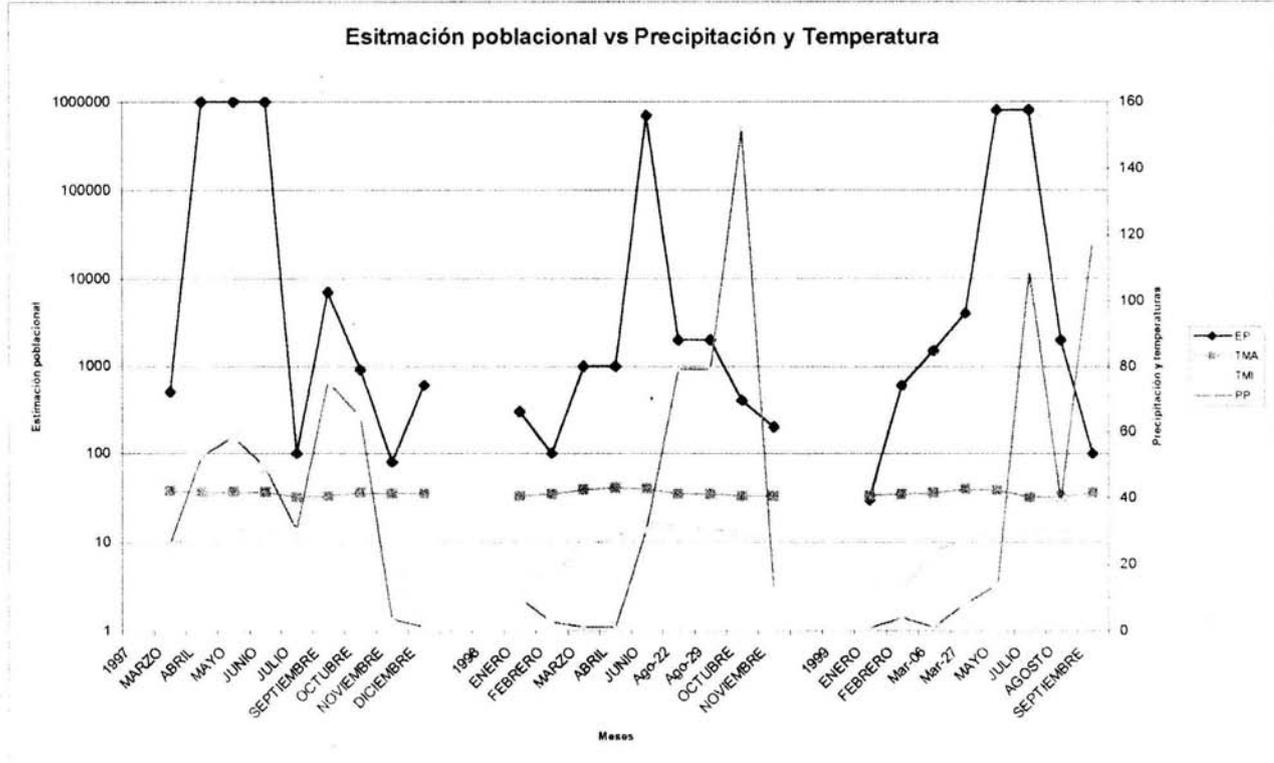


Figura 6.- Temperatura y precipitación de la zona relacionadas a la estimación del tamaño poblacional. EP, Estimación poblacional; TM, temperatura máxima; TMI, Temperatura mínima; PP, Precipitación Pluvial.

FECHA	TAMAÑO POBLACIONAL EP
1997	
MARZO	500
ABRIL	1000000
MAYO	1000000
JUNIO	1000000
JULIO	100
SEPTIEMBRE	7000
OCTUBRE	900
NOVIEMBRE	80
DICIEMBRE	600
1998	
ENERO	300
FEBRERO	100
MARZO	1000
ABRIL	1000
JUNIO	700000
Ago-22	2000
Ago-29	2000
OCTUBRE	400
NOVIEMBRE	200
1999	
ENERO	30
FEBRERO	600
Mar-06	1500
Mar-27	4000
MAYO	800000
JULIO	800000
AGOSTO	2000
SEPTIEMBRE	100

Figura 7.- Tabla de la variación anual del tamaño estimado de población de Tadarida brasiliensis en El Salitre. EP= Estimación del tamaño de la población (número de ejemplares).

TAMAÑO POBLACIONAL 1997-1999

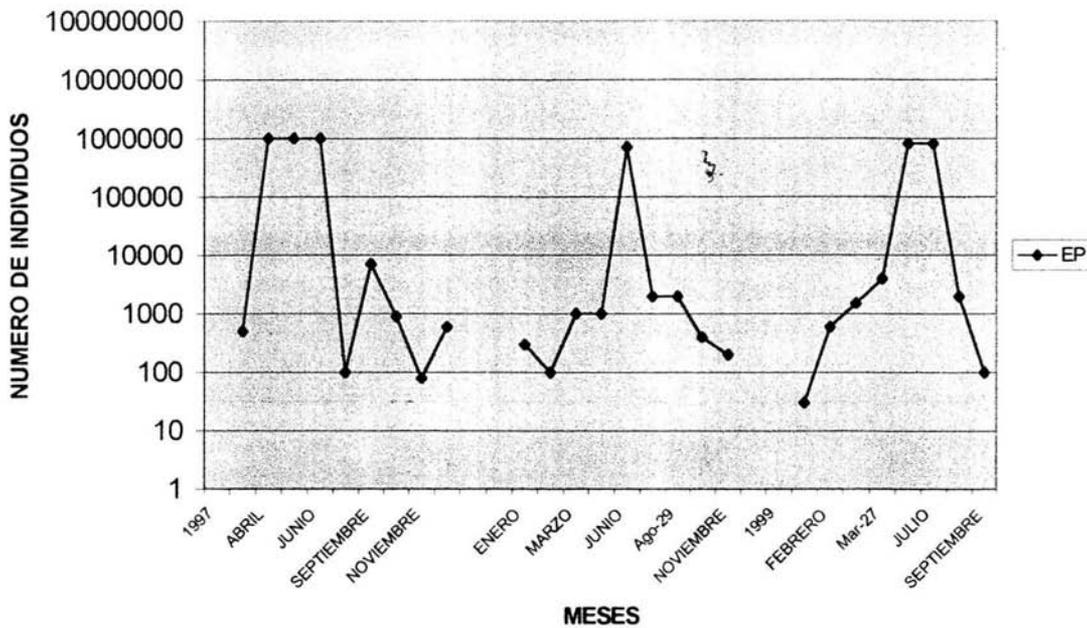


Figura 8. - Gráfica de la variación en el tamaño poblacional en El Salitre.

	Machos	Hembras	M/H Proporción
1997			
Marzo	31	29	1.07
Abril	89	87	1.02
Mayo	103	89	1.16
Junio	4	270	0.01
Julio	0	31	0.00
Septiembre	0	251	0.00
Octubre	3	146	0.02
Noviembre	5	13	0.38
Diciembre	14	139	0.10
1998			
Enero	28	83	0.34
Febrero	6	15	0.40
Marzo	34	113	0.30
Abril	79	27	2.93
Junio	50	61	0.82
Jul-22	0	105	0.00
Jul-29	0	92	0.00
Octubre	15	114	0.13
Noviembre	24	30	0.80
1999			
Enero	21	87	0.24
Febrero	15	33	0.45
Mar-06	6	74	0.08
Mar-27	30	43	0.70
Mayo	65	32	2.03
Julio	1	40	0.03
Agosto	0	12	0.00
Septiembre	0	45	0.00

Figura 9.- Tabla con la variación anual en la proporción de sexos.

PROPORCION DE SEXOS 1997-1999

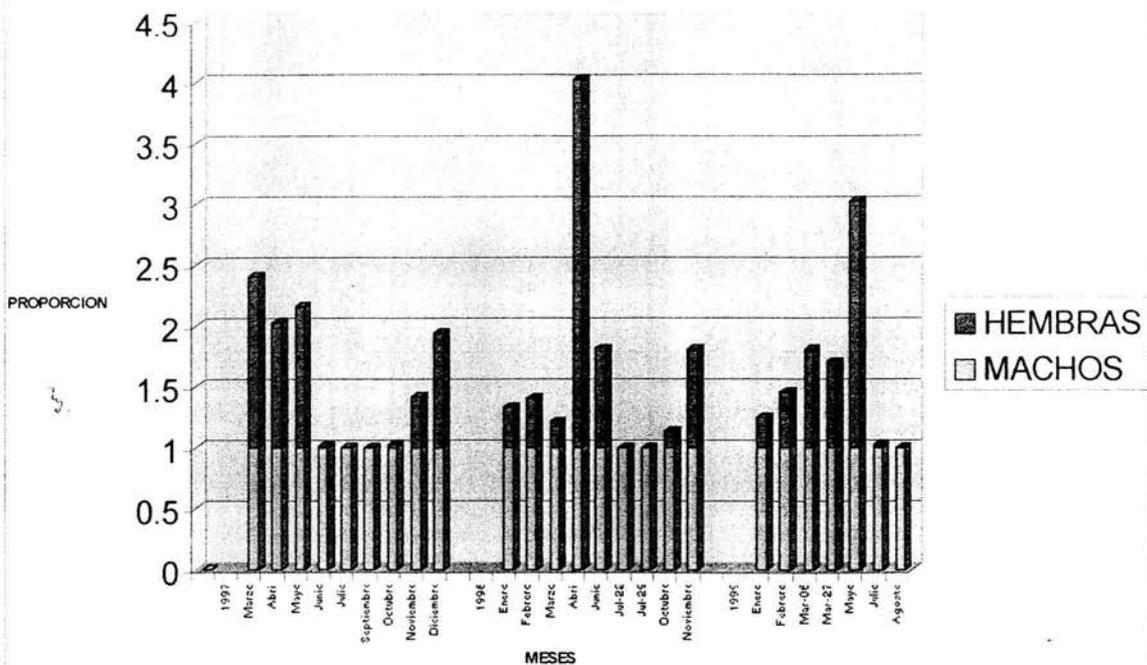


Figura 10.- Gráfica con la proporción de sexos anual en El Salitre.

	N Murcielagos	MxH	Murc./M xH	Mt red	Noches por salida
1997					
Marzo	60	175	0.3428	25	1
Abril	176	175	1.0057	25	1
Mayo	192	175	1.0971	25	1
Junio	274	175	1.5657	25	1
Julio	31	175	0.1771	25	1
Septiembre	251	175	1.4342	25	1
Octubre	149	175	0.8514	25	1
Noviembre	18	175	0.1028	25	1
Diciembre	153	175	0.8742	25	1
1998					
Enero	111	175	0.6342	25	1
Febrero	21	175	0.12	25	1
Marzo	137	175	0.7828	25	1
Abril	106	175	0.6057	25	1
Junio	111	175	0.6342	25	1
Jul-22	105	175	0.6	25	1
Jul-29	92	175	0.5257	25	1
Octubre	129	175	0.7371	25	1
Noviembre	54	175	0.3085	25	1
1999					
Enero	108	175	0.6171	25	1
Febrero	48	175	0.2742	25	1
Mar-06	80	175	0.4571	25	1
Mar-27	73	175	0.4171	25	1
Mayo	97	175	0.5542	25	1
Julio	41	175	0.2342	25	1
Agosto	12	175	0.0685	25	1
Septiembre	45	175	0.2628	25	1

Figura 11.- Esfuerzo de captura y abundancia relativa de *Tadarida brasiliensis* de 1997 a 1999, según Medellín (1993). M= metros de red usados; H= horas que se mantuvieron funcionando las redes.

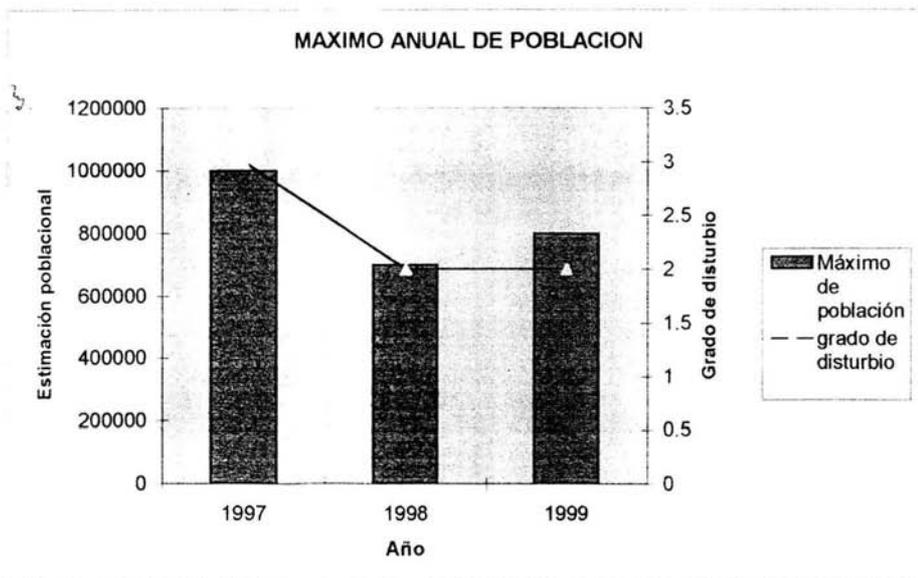


Figura 12. Gráfica de disturbio humano en la cueva El Salitre, y su relación con el tamaño poblacional máximo durante tres años consecutivos.

CAPITULO VI

SÍNTESIS Y CONCLUSIONES GENERALES

Los capítulos que constituyen la presente tesis, excepto el primero, el cual es introductorio y el presente, que sintetiza los aportes y conclusiones generales, han sido escritos con la finalidad de que puedan ser publicados como artículos separados, por lo que su estructura refleja ese objetivo.

El capítulo Primero (Introductorio) integra las características generales conocidas de los murciélagos guaneros (Tadarida brasiliensis mexicana; se describen las particularidades del área de estudio, los antecedentes y la metodología general.

El capítulo Segundo (Movimientos y comportamiento), analiza los movimientos y el comportamiento de los murciélagos guaneros que usan la cueva "El Salitre" en Metztlitlán, Hidalgo. Se concluye que aparentemente, existe más de un grupo poblacional que usa el refugio, lo cual se sospecha con base en el comportamiento en la forma de salida de la cueva, presentándose dos tipos: salida formando una columna ordenada con exploración previa de unos cuantos individuos y la otra consiste en salir en conjunto desordenado sin mediar exploración. Los dos tipos de comportamiento ya han sido descritos para dos condiciones relativas a la cantidad de individuos dentro de las cuevas; sin embargo en el caso analizado aquí, ambos se llevaron a cabo el mismo día con la misma condición de número de población, por lo que se asignó al fenómeno una causa comportamental que denotaría dos grupos poblacionales diferentes.

La conclusión que puede ser esbozada a partir de los datos disponibles sobre los movimientos, confirmaría que los ocupantes de la cueva forman parte de dos grupos poblacionales de la especie, uno que se mantiene ocupando el refugio o está en zonas cercanas al mismo durante todo el año, pues sus integrantes se reproducen en la región y, por lo tanto, es considerado residente realiza movimientos cortos. El otro grupo, parece realizar movimientos de largo alcance; ocupa el refugio como una estación en su recorrido, por el que únicamente transita en los meses de primavera (existiendo la posibilidad de que lo haga en otoño o en invierno) y es considerada aquí como migratoria, la existencia de este grupo se sospecha solamente por la salida en columna. Los datos muestran que se tiene la presencia de individuos durante todo el año, aunque el tamaño del grupo poblacional es muy pequeño durante el invierno.

Las preferencias de hábitat en dos refugios analizados, la cueva de El Salitre en Hidalgo y la de Quintero en Tamaulipas, corresponden a cuevas altas con techo en forma de domo y múltiples grietas en el mismo. En ambas, los huecos y grietas están situados a más de 30 m de altura sobre el nivel del piso, en la parte más alta de la cueva, donde la luz natural no llega. El

techo, en la parte donde se encuentra el domo, presenta la roca madre expuesta; en el refugio de El Salitre, esa zona del techo es llamada "La Olla" por los lugareños. Todas las características mencionadas se consideran como preferidas por los murciélagos guaneros y han sido registradas con anterioridad para otras cuevas.

Las adaptaciones en la morfología de la lengua, como el pliegue lingual que permite a estos animales mantener la boca abierta mientras vuelan capturando y masticando insectos, sugiere que la forma de forrajeo coincide con lo registrado en la bibliografía, es decir, forrajean alto sobre la vegetación con un vuelo recto, rápido y sostenido, interrumpido eventualmente por vueltas cortas y rápidas.

El horario de actividad ocupa del crepúsculo al amanecer con pequeñas variantes, hay dos periodos de forrajeo por noche y en el primero se consume en promedio 1.27 g de insectos por individuo.

En el capítulo Tercero (Reproducción), se resumen los resultados del estudio efectuado durante tres años, en que se determinó el ciclo reproductivo y otros aspectos de la reproducción de T. b. mexicana en "El Salitre", Metztitlán, Hidalgo. Para el ciclo reproductivo se utilizaron datos colectados desde mayo de 1997 hasta agosto de 1998; para otros aspectos se utilizaron los datos de 1997 a 1999.

El ciclo reproductivo de T. b. mexicana en la Cueva El Salitre Metztitlán, Hidalgo, corresponde a un patrón boreal muy similar al reportado en los EUA, con algunas diferencias; y es totalmente diferente en temporalidad respecto a las poblaciones de T. brasiliensis de Sudamérica, las que presentan un patrón austral. Se corrobora la hipótesis de que se presentan algunas diferencias entre el ciclo reproductivo en El Salitre y el de poblaciones más boreales.

De acuerdo a los resultados, T. b. mexicana lleva a cabo la mayor parte de su ciclo reproductivo en México, como fue documentado en El Salitre. Las únicas fases de la reproducción que no pudieron ser registradas son los nacimientos y la lactancia; sin embargo, debido al avanzado desarrollo de los embriones registrados en hembras capturadas en el mes de Julio, es muy posible que estas fases sucedan también en México. El patrón reproductivo es monoestral estacional. Hay desarrollo gradual de los folículos ováricos de octubre a marzo, en este mes ocurre la ovulación y, únicamente entonces, se presenta la receptividad sexual de las hembras.

Se realizaron estudios anatómicos e histológicos de los aparatos reproductores de ambos sexos. En machos se analizó el desarrollo de testículos y glándulas accesorias (próstata

y vesícula seminal) y el proceso de espermatogénesis. En hembras, el desarrollo ovárico, el de los cuernos uterinos, los procesos de ovogénesis, la implantación y el desarrollo embrionario.

Los machos solamente son activos reproductivamente de mediados de febrero a mediados de abril, cuando la actividad de testículos y glándulas accesorias propician que alcancen las mayores tallas; es el único período del año en que se encontraron espermatozoides en testículo y en epidídimo. La espermatogénesis ocupa la mayor parte del año, de finales de junio a mediados de abril, con regresión durante mayo. Existe sincronía en los procesos reproductivos de ambos sexos, la gametogénesis termina al mismo tiempo, no hay almacenamiento de esperma, ovulación retrasada ni otra forma de retraso en el proceso de gestación o fertilización. Algunos machos presentan coloración oscura en el epidídimo, la cual está asociada a inmadurez sexual, similar a la que se conoce en las familias Vespertilionidae y Rhinolophidae.

La receptividad de las hembras se presenta en marzo y pueden ser preñadas entre marzo y mayo, el periodo de gestación dura aproximadamente tres meses, ocurriendo de finales de marzo a finales de junio, naciendo una cría por hembra. Los nacimientos ocurren de mediados de junio a mediados de julio en un refugio diferente a "El Salitre" que, por las evidencias, no debe estar muy lejos de dicha cueva. Después de la cópula y la preñez ocurridas en "El Salitre", las hembras abandonan el lugar. Hay asimetría anatómica y funcional del aparato reproductor, los óvulos e implantaciones solo se producen en el ovario derecho y cuerno uterino del mismo lado.

La actividad reproductiva de los machos parece comenzar en su segundo año de edad. Las evidencias apuntan a que las hembras se reproducen desde su primer año de vida.

El sistema de apareamiento es parecido al descrito en los Estados Unidos de América, poligino estacional de multimachos/multihembras. Los dos sexos se reúnen desde febrero y marzo con la finalidad de acoplarse; la población alcanza su máximo (cerca de un millón de individuos) en junio-julio, además de que en ese período se encontraron en proporción de tres a uno hembras por macho. El ciclo reproductivo influye sobre las fluctuaciones del tamaño poblacional, los mayores tamaños se presentan en los meses de verano, coincidentes con la temporada reproductiva en la fase de apareamiento y primera parte del desarrollo embrionario. La cópula se presenta en los meses de marzo-abril, los nacimientos en junio-julio y los juveniles del año se encuentran ya en septiembre-octubre.

La humedad ambiental, determinada por la precipitación pluvial, tiene relación con el ciclo reproductivo, sin embargo la temperatura no mostró tal influencia, por lo que la hipótesis

de que los parámetros ambientales influyen en el ciclo reproductivo es, al menos, parcialmente correcta.

La época de lluvias parece estar relacionada con la temporalidad de la reproducción, la fase de apareamiento se presenta poco después de un primer pico en las lluvias y el final de la lactancia tiene lugar durante la última parte de un segundo pico máximo de lluvias anuales. Esto tiene relación con la presencia de una mayor cantidad de alimento disponible. Por otra parte, el periodo correspondiente al final de la lactancia sucede durante el pico máximo anual de la temperatura.

El capítulo Cuarto (Relaciones con otras especies de vertebrados e Invertebrados), trata algunos de los animales que comparten el refugio con los murciélagos guaneros y sus posibles interrelaciones.

Al menos una parte de la población de T. b. mexicana que se refugia en El Salitre, parece ser migratoria, y tener relación con poblaciones más boreales, pues comparten al ectoparásito Trichobius sparsus, díptero ya registrado sobre murciélagos guaneros en Estados Unidos de América. Por lo tanto la hipótesis acerca de ectoparásitos de la misma especie en poblaciones norteñas y del centro de México, solo se corrobora parcialmente.

Viviendo sobre los murciélagos guaneros fueron registradas pulgas de la especie Nosophylus fasciatus (orden Siphonaptera, familia Pulicidae) y moscas parásitas de la especie Trichobius sparsus (clase Hexapoda, subclase Pterigota, orden Diptera, suborden Pupipara, familia Streblidae). Las larvas de las moscas se insertan con frecuencia en la piel entre las orejas. Se sugiere que al menos algún grupo poblacional que se refugia en Hidalgo puede ser considerado migratorio.

T. b. mexicana en la cueva de El Salitre es depredado por una ave, Bubo virginianus, por deméstidos Dermestes sp. y tenebrionidos, Tenebrio sp.; se presume que es depredado por otros vertebrados e invertebrados, entre ellos un mamífero, Bassariscus astutus astutus, y un reptil Senticolis triaspis intermedia. La hipótesis sobre depredadores de T. b. mexicana solo se comprueba por completo en B. virginianus.

Cinco especies de quirópteros (Leptonycteris yerbabuenae, Eptesicus fuscus miradorensis, Antrozous pallidus pallidus, Dermanura azteca azteca, Desmodus rotundus murinus), comparten el refugio con los murciélagos guaneros, de ellas, cuatro llevan a cabo parte de su ciclo reproductivo en la cueva, habiéndose capturado hembras preñadas o juveniles.

T. b. mexicana depreda sobre insectos, consumiendo hasta 4.0 g por noche y por individuo. En promedio cada ejemplar consume 1.27 gr. lo que los convierte en importantes depredadores y en eficaces controladores de poblaciones de insectos. Se considera que en la

época en que el número de población alcanza cerca de un millón de murciélagos, el consumo de insectos es de más de una tonelada por noche. Solo fue posible corroborar con relativa seguridad al orden Lepidoptera, familia Noctuidae.

De acuerdo a lo anterior, la cueva de El Salitre es muy importante para la conservación de T. b. mexicana, pero lo es también para al menos otras cinco especies de quirópteros e, indirectamente, para otras tres de mamíferos, una de aves y una de reptiles.

En el capítulo Quinto (Variación del tamaño poblacional) se revisan las relaciones de algunos factores del medio como la temperatura y humedad internas y externas al refugio y como el disturbio humano en la cueva y alrededores, con el tamaño poblacional.

Las actividades humanas (excepto la extracción de guano) tienen efecto sobre la cantidad de murciélagos que se presentan en el refugio; el año en que se presentó el mayor disturbio antropogénico fue 1997 cuando se extrajeron materiales de construcción, se hicieron podas e incluso los animales fueron molestados con petardos y en 1998 la población disminuyó. Ya en 1999 el tamaño poblacional registró un crecimiento moderado. Aunque son muy escasos los datos, es llamativa la concordancia de la mayor cantidad de disturbio seguida de disminución concomitante en la población el siguiente año.

La humedad externa tiene influencia directa sobre la interna y es el factor ambiental que mostró mayor influencia en los cambios del tamaño poblacional. Referente a la temperatura y humedad, los mayores tamaños poblacionales se presentan al mismo tiempo que las mayores temperaturas internas y son seguidas por un aumento en la humedad relativa interna de la cueva. Los datos indican que las fluctuaciones en el tamaño poblacional están relacionadas más con la humedad (precipitación pluvial) que con la temperatura.

El ciclo reproductivo sí influye en el tamaño de la población a lo largo del año. Los machos se reúnen antes que las hembras en la cueva. Las hembras quedan preñadas entre marzo y mayo, viajan a otro sitio a parir en un periodo comprendido entre julio a septiembre. La cueva de El Salitre es usada para la reproducción en su fase de cópula y durante los estadios de desarrollo intrauterino. Las hembras se encontraron en igual proporción que los machos en los meses de primavera (marzo, abril y mayo), abandonan el refugio en verano y principios de otoño cuando van a otro refugio a parir en un periodo entre julio a septiembre, una parte de la población de ese sexo regresa durante finales de otoño, manteniéndose hasta la nueva primavera; todo el tiempo se encontraron machos. Con base en lo anterior se concluye que las fluctuaciones en el tamaño de la población están relacionadas con el ciclo reproductivo de T. b. mexicana, los mayores tamaños poblacionales se presentan en los meses de verano, coincidentes con la temporada reproductiva de la especie en México.

Durante el periodo del estudio el número de individuos mostró un descenso en general. Al menos parte de la población permanece en la cueva todo el año aunque en números muy bajos en invierno. Así, el mínimo tamaño de población fue 30 ejemplares en invierno y de cerca de un millón en la época de verano, cuando ambos sexos se reúnen.

Los resultados del estudio apuntan hacia el hecho de que los principales factores que afectan el tamaño poblacional en un ciclo anual, son la precipitación (régimen de lluvias) y la temporalidad del ciclo reproductivo en la zona. A nivel multianual, los resultados parecen mostrar que las variaciones en número poblacional son influidas más por el disturbio antropogénico, que por la acción de enfermedades o de los depredadores.