

00377



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS**

FACULTAD DE CIENCIAS

**CRECIMIENTO Y DESARROLLO POSTNATAL
EN Leptonycteris curasoae
(PHYLLOSTOMIDAE: GLOSSOPHAGINAE) DE
LA CUEVA "LOS LAGUITOS", CHIAPAS,
MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO
DE MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)

P R E S E N T A

MATÍAS MARTÍNEZ CORONEL

DIRECTOR DE TESIS: DR. FERNANDO ALFREDO CERVANTES REZA

MÉXICO, D. F.

OCTUBRE, 2005

m.352172



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Para Alitzel, Aram y Azu con amor.

A la "Cansampulga" por haberme mostrado las maravillas de la cueva

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

NOMBRE: Martín Coronel

FECHA: 4 de noviembre del 2005

FIRMA: 

Contenido

Agradecimientos.....	IV
Resumen.....	V
Introducción.....	1
Objetivos.....	6
Área de Estudio.....	6
Métodos.....	10
Resultados.....	15
Discusión.....	28
Conclusiones.....	36
Literatura Citada.....	37
Anexos.....	43

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del jurado: Dr. Joaquín Arroyo Cabrales, Dr. Fernando Cervantes Reza, M. en C. Livia León Paniagua, Dr. Ricardo López Wilchis, Dra. María del Carmen Uribe Aranzabal, quienes con sus comentarios enriquecieron el manuscrito original, lo que me permitió mejorar y aclarar algunas ideas.

De manera especial a mí director de tesis, Dr. Fernando Cervantes Reza, por todo el estímulo y confianza brindada para concluir el presente trabajo.

Asimismo, un reconocimiento especial a la Dra. Alondra Castro Campillo y M. en C. Guillermo Pérez Saldaña, quienes desinteresadamente revisaron las primeras versiones de este trabajo y con sus atinados comentarios me permitieron mejorar el manuscrito.

A Marcelina Blas y familia, quienes me han brindado toda su amistad y su apoyo para llevar a cabo este trabajo, ya que me han abierto las puertas de su casa cada vez que visito Tuxtla.

A Marisol Pérez Gutiérrez, Tonatzin y a la Abuelita Ricarda quienes me han brindado su amistad, su casa y su apoyo en Tuxtla Gutiérrez.

A quienes me apoyaron incondicionalmente en el trabajo de campo en 1998 y 2001 y estoicamente soportaron las deshidratadas, hambre, lluvias, moscos, resbalones, fríos, ausencia de luz, etc. en más de una ocasión: Xóchitl Hernández Cruz, Edmundo García Hernández, Agustín Torres Jiménez Roberto Vidal López y Alejandra Riechers Pérez.

A Alitzel por entender mis ausencias durante 1998 y 2001.

A Azu y a la Sra. Oliva por su inapreciable apoyo y por su estímulo constante, así como por haberme recordado que debía terminar lo que inicie.

A mis compañeros de Laboratorio de Citogenética Animal de la UAMI, M. en C. Carolina Müdespacher Ziehl y Biól. Salvador Gaona, de quienes he recibido apoyo incondicional para llevar a concluir el presente trabajo.

Al Biól. Marco Aurelio Pérez y Dra. Alondra Castro Campillo ex-jefes del Departamento de Biología de la UAMI y al Dr. Miguel Ángel Armella Villalpando, actual jefe del Departamento por todo el apoyo, sobre todo por las descargas académicas concedidas para poder completar el presente trabajo.

RESUMEN

Se describe el crecimiento y desarrollo postnatal de una colonia de *Leptonycteris curasoae yerbabuena* que habita la cueva de "Los Laguitos", 4 km NW Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (16° 46' 42" LN; 93° 08' 55" LW), 730 m.s.n.m. El estudio se basó en información recuperada de 17 machos y 20 hembras en 1998 y de 20 machos y 17 hembras en el 2001. El ambiente cavernícola fue en 1998 muy húmedo (H.R. 100%) con una temperatura promedio de 33.2° C, mientras que en el 2001 la humedad relativa fue de 95% y la temperatura de 34° C. En 1998 el periodo de partos duró 29 días y en el 2001 fue de 33 días. En ambos años los individuos nacieron con las orejas plegadas, el meato auditivo y los ojos cerrados, cuerpo rosado y patagio ligeramente grisáceo. El meato auditivo se abrió al tercer día. Las orejas empezaron a separarse desde el primer día y estuvieron completamente erectas entre los 5-25 días. Los ojos empezaron abrirse desde el primer día y quedaron abiertos completamente entre los 5-25 días. El cuerpo empezó a pigmentarse y cubrirse de pelo desde el día 5, el pelaje juvenil apareció a partir del día 20. Los neonatos permanecieron quietos y solitarios en su sitio de percha, pero a medida que se desarrollaron integraron grupos. El vuelo sostenido inició a los 20 días en 1998 y a los 15 días en el 2001. No se encontró evidencia de dimorfismo sexual en la longitud del antebrazo, longitud de la epífisis cartilaginosa de la unión metacarpo-falange del cuarto dedo y el peso en ninguna de las categorías de edad analizadas. La longitud del antebrazo y el peso mostraron un aumento lineal durante los primeros 20 días, después la tasa de crecimiento disminuyó. La epífisis cartilaginosa del cuarto alcanzó su máxima separación entre los días 10-15, después empezó a cerrarse. El modelo de crecimiento logístico describió mejor el comportamiento de la longitud del antebrazo y del peso en comparación con el modelo de Gompertz. Los ejemplares de 1998 exhibieron una mayor variabilidad en las medidas somáticas (CV=9.03) en comparación con los ejemplares del 2001 (CV=7.99), pero esta variabilidad no se puede asignar al tamaño de camada ni al sexo, en cambio se relacionó con las condiciones de menor temperatura que hubo en la cueva en 1998 en comparación con el 2001.

INTRODUCCIÓN

La cueva de “Los Laguitos” sirve de refugio diurno a 10 especies de murciélagos, entre las que sobresale *Leptonycteris curasoae yerbabuena* Martínez y Villa, 1953. Esta especie tiene, entre febrero y septiembre, una población residente de aproximadamente 200 individuos, a la cual se agregan, entre finales de septiembre y principios de octubre, más de 25 000 hembras adultas para integrar una colonia de maternidad. En esta colonia los partos ocurren a finales de octubre y principios de noviembre, mientras que la lactancia se extiende hasta enero. Una vez que pasa el período de lactancia, desarrollo y crecimiento de las crías, tanto adultos como juveniles abandonan la cueva en febrero (Martínez-Coronel *et al.*, 1996).

Leptonycteris curasoae yerbabuena se distribuye desde el sur de los Estados Unidos de América, México y llega hasta El Salvador y Guatemala (Arita y Humphrey, 1988). Las poblaciones de esta subespecie son migratorias (Álvarez *et al.*, 1999; Ceballos *et al.*, 1997; Fleming, 1993; Martínez-Coronel *et al.*, 1996; Rojas-Martínez *et al.*, 1999; Wilkinson y Fleming, 1996), no obstante hasta el momento no se conoce con precisión las rutas por donde se mueven las diferentes poblaciones. Ya que mientras Wilkinson y Fleming (1996) reportan que *L. c. yerbabuena* esta conformada por dos grupos, que se corresponden con dos haplotipos de DNA mitocondrial, uno que viaja por la costa oeste de México hacia el suroeste de Arizona y otro que lo hace por el centro del país con destino hacia el sureste de Arizona. Otros datos sugieren que las poblaciones del centro de México no migran a Estados Unidos de América como lo hacen las del occidente (Álvarez *et al.*, 1999; Rojas-Martínez *et al.*, 1999). De las del sur de México se desconoce su comportamiento, sin embargo es posible que tampoco migren al norte de México, ya que existe evidencia de la presencia de la especie todo el año en el estado de Chiapas (Martínez-Coronel *et al.*, 1996; Vidal-López, 1998). Por otro lado, se han reportado diferencias en la época reproductiva entre las poblaciones con distribución en el norte de México y sur de Estados Unidos de América y las del centro-sur de

México: las del norte se reproducen en primavera, mientras que las del centro-sur lo hacen en otoño-invierno (Ceballos *et al.*, 1997; Quiroz *et al.*, 1986 y Martínez-Coronel *et al.*, 1996). El hábitat que ocupa este murciélago va desde los matorrales xerófilos y cardonales, en el norte de su distribución, a selva baja caducifolia en el sur de México. Esta especie consume el néctar y polen de cactáceas, agaváceas, fabáceas y bombacáceas principalmente (Alcorn, 1962; Alcorn *et al.*, 1961; Álvarez & González-Quintero, 1969; Cockrum & Petryszyn, 1991; Fleming *et al.*, 1993; Riechers-Pérez *et al.*, 2003; Quiroz *et al.*, 1986; Villa, 1966). La especie es cavernícola obligada (Arita, 1993), con un metabolismo basal bajo y una zona termoneutral entre 32-37 °C, por la cual usa cuevas calientes como refugio diurno y sitios de reproducción (Arends *et al.*, 1995).

Los estudios sobre crecimiento y desarrollo en murciélagos son escasos y la mayoría de los que se han llevado a cabo corresponden a especies con distribución en áreas templadas, básicamente de la familia Vespertilionidae. En la más reciente revisión del tema Kunz y Hood (2000) enumeran 41 especies de las cuales se conoce su tasa de crecimiento, de estas, 20 corresponden a vespertiliónidos, 10 son pteropódidos y las restantes representan a otras cinco familias. De especies de filostómidos se han reportado datos sobre crecimiento de *Artibeus jamaicensis*, *Carollia perspicillata*, *Desmodus rotundus*, *Phyllostomus discolor* y *P. hastatus* (Kunz y Hood, 2000). De *L. c. yerbabuena* el único reporte corresponde a la población de Carbo, Sonora, de la cual se sabe que los neonatos tienen el cuerpo cubierto de pelo, con los ojos cerrados, el meato auditivo abierto y que emiten un solo tipo de sonido (Gould, 1975). Por tal motivo y ante la ausencia de información sobre el desarrollo y el crecimiento de *L. c. yerbabuena* para las poblaciones del sur de México, fue planteado el presente trabajo.

Las poblaciones de *L. c. yerbabuena* de Sonora y de Chiapas están separadas por más de 2000 Km de distancia, ocupan hábitat con diferentes condiciones (matorral xerófilo en Sonora, selva baja caducifolia en Chiapas) y es

poco probable que entre estas poblaciones exista flujo génico (Alvarez *et al.* 1999; Rojas Martínez *et al.*, 1999; Wilkinson y Flemig, 1996). Al vivir en hábitat con condiciones disímiles, las poblaciones están sujetas a diferentes presiones de selección, por lo tanto se espera que además de la diferente época reproductiva que existe entre ellas, haya diferencias en el grado de desarrollo al nacer, en la existencia de dimorfismo sexual o bien en el ritmo de crecimiento de los juveniles. Ya que en especies con amplia distribución, es común que existan diferencias reproductivas entre sus poblaciones. Tal es el caso de *Eptesicus fuscus*, especie en la cual las poblaciones del este de Estados Unidos de América paren gemelos mientras que las del oeste tienen un solo crío (Hill y Smith, 1984).

Los neonatos de los murciélagos son grandes, comparados con los demás mamíferos pequeños, variando entre un 12 a 43% del peso postparto de la madre (Kurta y Kunz, 1987). En *Balantiopteryx plicata* este representa el 33%, en *Artibeus lituratus* el 25%, mientras que en *Choeronycteris mexicana* el 17.3% (Orr, 1970). Al nacer, los críos son capaces de colgarse de la madre o del sitio de percha, por lo tanto no sorprende que la pata sea grande. Por ejemplo, en *Antrozous pallidus* ésta equivale al 71% de la longitud del adulto. En cambio la longitud del antebrazo del recién nacido equivale al 40% del adulto en *N. humeralis* y el 30% en *Plecotus townsendi* (Orr, 1970). No obstante el tamaño grande que tienen los murciélagos al nacer, no son animales precoces como el resto de los mamíferos que paren neonatos de gran talla, sino dependientes totalmente de la madre (Racey y Entwistle, 2000).

La dependencia materna de los murciélagos se debe a que muchos nacen desnudos, con una baja capacidad para termo regular y son incapaces de volar para procurarse su alimento por sí mismos. Razón por la cual son vulnerables, principalmente a los cambios bruscos de humedad y temperatura y a los depredadores (Tuttle y Stevenson, 1982). La piel desnuda pierde humedad y calor fácilmente y en caso de bajas temperaturas, el desarrollo y el crecimiento se

retrasan. Por lo tanto, la elección del refugio es un factor determinante para la supervivencia del neonato, de manera que las madres deben elegir sitios protegidos, donde las variaciones ambientales sean mínimas. Las cuevas y minas abandonadas son refugios idóneos para los críos de especies cavernícolas, asimismo, estos sitios los hace menos accesibles a potenciales depredadores (Kunz, 1982). Asimismo, el ambiente de algunas cuevas es relativamente estable a lo largo del año; no obstante, para aprovechar al máximo estas condiciones, algunas especies integran colonias de maternidad, de manera que el calor generado por toda la colonia amortigua los cambios bruscos que llegasen a presentar durante el período de partos (Racey y Entwistle, 2000; Tuttle y Stevenson, 1977).

La tasa de desarrollo y crecimiento postnatal de los murciélagos es afectada por diversos factores como la ubicación geográfica, el clima, la estacionalidad, las condiciones del refugio, el tamaño de camada, el sexo, la dieta, la disponibilidad de alimento, así como por factores maternos y sociales (Heideman, 2000; Hoying y Kunz, 1998; Kunz y Hood, 2000; Porter y Wilkinson, 2001; Tuttle y Stevenson, 1982). La mayoría de las especies de murciélagos producen camadas de un solo crío, aunque hay especies que producen hasta cinco críos por camada, como en *Lasiurus borealis* (Hill y Smith, 1984). Dado que la cantidad de leche que una madre produce esta limitada por la disponibilidad de alimento y por su capacidad de metabolizarla (Kunz, 1987), los integrantes de una camada mayor a uno, están limitados en la cantidad de leche que recibirán, en consecuencia habrá un retraso en su desarrollo y/o crecimiento. Por ejemplo, en *Antrozous pallidus* y en *Eptesicus fuscus* la tasa de crecimiento del antebrazo y del peso fue mayor en camadas de un solo crío que en los gemelos (Basset, 1984; Holroyd, 1993, citado por Kunz y Hood, 2000).

El dimorfismo sexual es un fenómeno raro en los murciélagos, no obstante se tiene evidencia de la influencia del sexo en el desarrollo y crecimiento de los murciélagos. Por ejemplo, en *Lasiurus cinereus* las hembras son más grandes que

los machos y su tasa de crecimiento fue mayor (Koehler y Barclay, 2000), el fenómeno contrario ocurre en *Phyllostomus hastatus*, especie en la cual los machos son los de mayor talla (Kunz y Hood, 2000; Stern y Kunz, 1998). Los adultos de *L. c. yerbabuena* no presentan dimorfismo sexual, por lo tanto se espera que no existan diferencias significativas entre los sexos en la talla y en la condición en que nacen los críos, así como tampoco en el ritmo de desarrollo y crecimiento de los juveniles.

En los microquirópteros el vuelo aparece entre la semana 2-6, aunque la membrana alar alcance su máxima talla a los 2-3 meses (Tuttle y Stevenson, 1982). El tiempo para que los neonatos inicien a volar es variable, aún entre la misma especie. Por ejemplo, los juveniles de *Myotis lucifugus* iniciaron a volar a los 14-15 días según O'Farrel y Studier (1973) o bien entre los 21-30 días según Burnett y Kunz (1982). Los neonatos de *Plecotus townsendii* aprenden a volar entre los 18-21 días, pero salen del refugio hasta después del día 40. El vampiro común (*Desmodus rotundus*) es un caso excepcional, ya que requiere de 8-10 semanas para aprender a volar (Orr, 1970; Tuttle y Stevenson, 1982). Un aspecto interesante que se ha presentado en algunas especies de murciélagos, es la pérdida de peso al inicio del vuelo sostenido, fenómeno que posiblemente este relacionado con el estrés al que están sometidos los individuos durante esta etapa (Kunz, 1987)

La tasa crecimiento en los murciélagos es acelerado, de hecho, es la más rápida que se conoce en los mamíferos de su misma talla. Este fenómeno deber ser consecuencia del destete, que parece ser brusco en estos animales, de manera que llegado el momento, los juveniles deben estar preparados para dejar a su madre, saber volar y orientarse adecuadamente para buscar su propio alimento. Por ejemplo, la ganancia de peso diaria es de 0.3 a 0.47 g en *Eptesicus fuscus* y hasta de 1 g en *Nyctalus lasiopterus*. Por su parte el antebrazo aumenta diariamente desde 0.4 mm en *Lasiurus cinereus* y hasta 2 mm en *Myotis myotis*. Entre los microquirópteros, la mayoría de las especies son destetadas alrededor del mes,

mientras que en el vampiro común (un caso raro), el destete se prolonga hasta cerca de los nueve meses (Tuttle y Stevenson, 1982).

Con base en los aspectos mencionados para otras especies y debido al desconocimiento que se tiene del estado de desarrollo al nacer y el ritmo de crecimiento de los críos de *L. c. yerbabuenae* de Chiapas, en el presente trabajo se propuso cumplir con los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

Objetivo General: Describir el desarrollo y el crecimiento de los neonatos de *Leptonycteris curasoae yerbabuenae* Martínez y Villa, 1953, de la cueva de "Los Laguitos", Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Objetivos Particulares:

- ◆ Describir el desarrollo de los ojos, las orejas, la pigmentación y el pelaje.
- ◆ Describir el desarrollo del vuelo
- ◆ Describir el patrón de crecimiento de los críos con base en: longitud del antebrazo, longitud de la epífisis cartilaginosa y peso.
- ◆ Determinar la influencia de la temperatura y humedad ambiental del refugio sobre la tasa de desarrollo y crecimiento de los críos.

ÁREA DE ESTUDIO

La cueva de "Los Laguitos" se localiza a 4 Km NW de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (16° 46' 42" N, 93° 08' 55" W), a 781 msnm, sobre la pared derecha de una cañada entre el Cerro "El Tambor" y la Loma "Tarai", la cual abre en la Colonia El Calichal (Fig. 1). La cueva es horizontal y consta de un túnel principal y de dos laterales que se subdividen en túneles cortos. La entrada se encuentra a 3.5 m del piso sobre una pared rocosa. A 1 m de la entrada, del lado izquierdo se forma

una cámara de 6 m de longitud. A los 65 m de la entrada, el túnel central se une con dos túneles laterales, formando una cámara amplia. El túnel de la derecha presenta

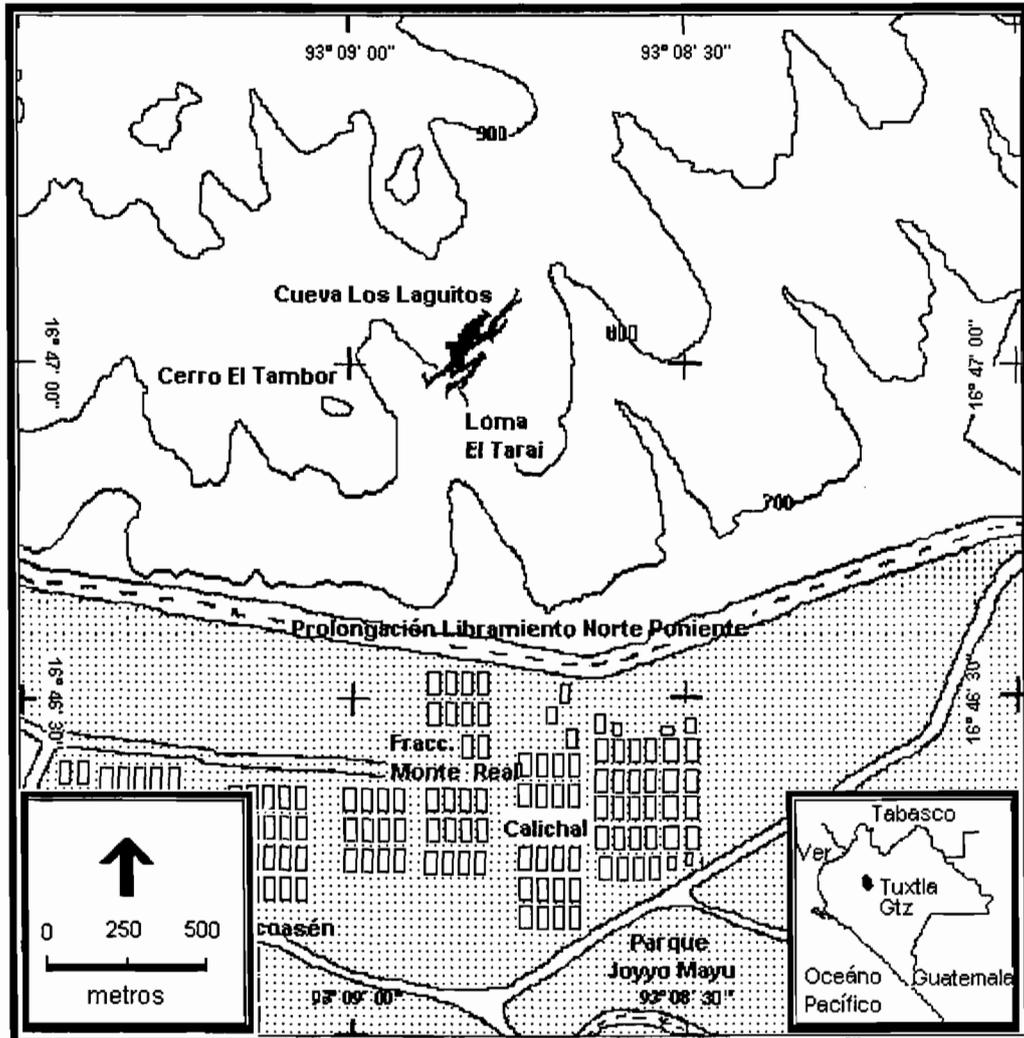


Figura 1.- Localización geográfica de la cueva de “Los Laguitos”, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

una longitud de 122 m y el izquierdo es de una longitud mayor pero más ancho. El túnel principal mide 170 m de longitud en dirección NE y de 4 a 5 m de ancho, con una altura máxima de 15 m y una mínima de 1 m (Fig. 2). La parte más baja del techo se ubica entre los 18 y 26 m de la entrada. El piso muestra una elevación de 7° desde la entrada hasta los 31 m, de manera que este se convierte en un

obstáculo para el libre intercambio de humedad y calor con el exterior. Debido a este accidente topográfico, la temperatura en el interior de la cueva es superior a los 32°C. La diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior y el ambiente cavernícola es mayor a 8°C.

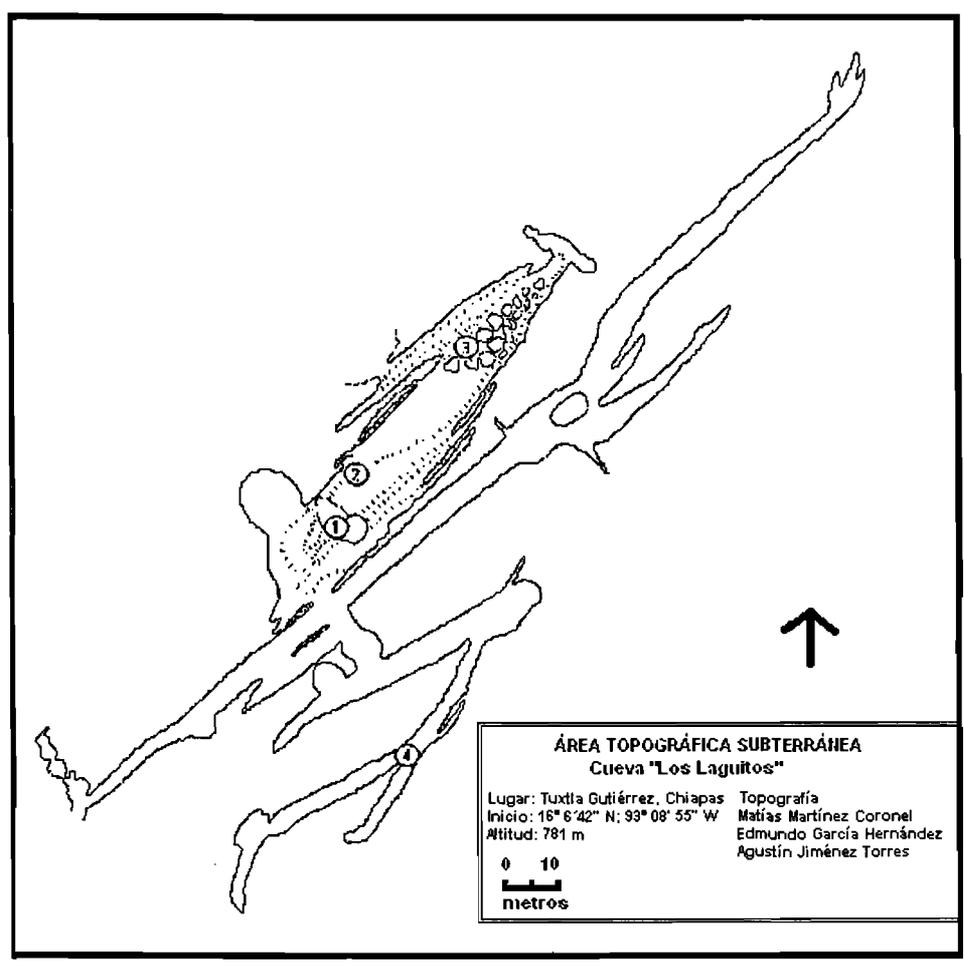


Figura 2.- Planta de la Cueva "Los Laguitos". Los números indican los sitios donde se hizo el monitoreo de las condiciones ambientales y medición de los neonatos de *Leptonycteris curasoae yerbabuena*.

Por su parte la humedad relativa es siempre mayor al 90% en el interior de la cueva.

Por tales condiciones la cueva de "Los Laguitos" se clasifica como una "cueva de calor" (de la Cruz, 1992; Martínez-Coronel *et al.* 1996 y 2002). Las cuevas de calor se caracterizan por alcanzar niveles de temperatura y humedad relativa superiores a los de la media anual del ambiente externo. A lo largo del año las condiciones de temperatura y humedad son más estables que las presentes en cuevas con más de una entrada. La principal fuente de calor y humedad de estas cuevas proviene de los organismos que la habitan, que en este caso son murciélagos (de la Cruz, 1992; Martínez-Coronel *et al.* 1996; Silva-Taboada, 1979).

Fisiografía: La cueva de "Los Laguitos" se ubica en la región fisiográfica "Sierras de Chiapas y Guatemala" dentro de la subprovincia "Altos de Chiapas", con una topografía de llanura asociada con lomeríos y sistema de topografía aluvial (INEGI, 1987).

Clima: Al área norte de Tuxtla Gutiérrez, donde se ubica la cueva, le corresponde la fórmula climática Awo"(w)(i)'g, que identifica a un cálido subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación en el mes seco menor a 60 mm, con lluvia invernal inferior a 5% de la anual. De acuerdo a su grado de humedad, es el más seco de los cálidos subhúmedos, con un cociente P/T menor de 43.2 mm/°C. Presenta poca oscilación anual de temperatura, la media mensual varía de 5 a 7 °C. La marcha de la temperatura es de tipo Ganges, con la temperatura media anual de 24.7°C (Cardoso, 1979, Fig. 3).

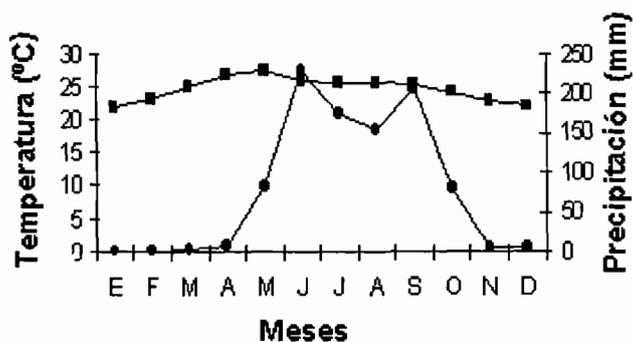


Figura 3.- Climograma de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (Cardoso, 1979).

Vegetación: La vegetación que rodea a la cueva es Bosque Tropical Caducifolio (Miranda y Hernández-X, 1963). De acuerdo con Miranda (1998) la altura de la vegetación es de 8 a 15 m. Los árboles y arbustos que lo constituyen, típicamente deciduos, permanecen desnudos de follaje durante un largo período en la época seca. Normalmente empiezan a perder sus hojas de octubre a diciembre; en enero la mayor parte de árboles y arbustos están desnudos y con las primeras lluvias a finales de mayo o principios de junio, vuelve el paisaje a tornarse verde.

Los árboles del estrato superior más frecuentes son: camarón o plumajillo (*Alvaradoa amorphoides*), guajpó o namo (*Heliocarpus reticulatus*), mosmot o lantá (*Ceiba acuminata*), pochota (*Ceiba aesculifolia*), pomposhuti o tamborcito (*Cochlospermum vitifolium*), mulato (*Bursera simaruba*), tincuí o San Felipe (*Gyrocarpus americanus*), higo (*Ficus cookii*). En los lugares más rocosos son característicos: sospó (*Pseudobombax ellipticum*), flor blanca (*Plumeria rubra*). Los arbolitos o arbustos de 1 a 8 metros abundantes son: nanche (*Byrsonima crassifolia*), patzipocá o Santa Rosa (*Cassia skinnerii*), punú o pascuíta (*Euphorbia leucocephala*), ishcanal (*Acacia collinsii*). Los bejucos más representativos son: tzinón o cepillo (*Combretum farinosum*), tzaicui (*Dalbergia glabra*), pájaro bobo (*Ipomea populina*).

MÉTODOS

Para cumplir con los objetivos planteados se visitó la cueva de Los Laguitos en 1998 y en el 2001. En ambos años las visitas fueron a partir del 15 de octubre para establecer el día de inicio de los nacimientos. En 1998 el monitoreo de los neonatos se llevó a cabo del 26 de octubre al 26 de noviembre, mientras que en el 2001 fue del 24 de octubre al 28 de noviembre.

La medición de las condiciones del ambiente cavernícola, así como la medición y observación de los neonatos se hicieron en cuatro sitios que fueron seleccionados con base a la accesibilidad a los neonatos: sitio 1, corresponde a una pared de 6 m²; sitio 2, fue una pared de 21.5 m²; sitio 3, corresponde a la cara inferior de una roca atravesada la cual midió 4.5 m² y el sitio 4 corresponde a la parte media del túnel derecho (Fig. 2). En el túnel derecho no hubo nacimientos en los dos años de estudio, como si sucedió en 1996 y 1997, por lo cual solo se midieron las condiciones en la parte media del túnel.

Del ambiente físico de la cueva fueron medidas la temperatura (°C) y la humedad relativa (HR%), con un Psicrómetro Taylor. Una lectura fue tomada a las 19:00 hrs y otra a las 23:00 hrs, ambas sobre la superficie de los sitios de percha de los neonatos y a 1.20 m de altura. Para comparar las condiciones de temperatura y HR entre sitios y entre años, se usó una prueba de *t* de Student pareada (Zar, 1994). Los resultados de este análisis se emplearon para determinar la influencia de la temperatura y HR sobre el crecimiento y desarrollo de los ejemplares.

La tasa de desarrollo y crecimiento de los neonatos de *L. c. yerbabuena* se estimó con la información obtenida de individuos de edad conocida. Por lo cual los ejemplares fueron marcados individualmente con anillos de plástico numerados. Los números se inscribieron con una aguja aliente. Los anillos fueron fabricados a partir de popotes blancos para globo, y tuvieron 5 mm de diámetro y 5 mm de ancho. El anillo fue colocado en el antebrazo izquierdo a las hembras y en el derecho a los machos. Todos los ejemplares que marcados tenían el cordón umbilical y la placenta fresca, el cuerpo arrugado y la piel de color rosado, criterios que Kunz y cols. han interpretado como características de ejemplares de un día de edad (Kunz y Anthony, 1982; Stern y Kunz, 1998).

El horario de trabajo fue entre las 19:00 hrs y 23:00 hrs, tiempo durante el cual las madres dejaban a su crío en el sitio de percha y salían a forrajear. No fue

posible continuar las observaciones después de esta hora, debido a que ellas regresaban para amamantar a sus críos alrededor de las 22:30 hrs y los cambiaban de lugar. Los ejemplares fueron manipulados de manera individual, a un lado de su sitio de percha y en el menor tiempo posible (normalmente menor a 5 minutos), después fueron dejados en el mismo sitio donde estaban. Durante el tiempo de manipulación, no se emplearon guantes de látex, ni se lavaron las manos cada vez que se manejó un individuo diferente, debido a que en un estudio preliminar (1996) se constató que las madres no rechazaron ni abandonaron al crío por tener el anillo o por haber sido manipulado sin guantes, aun después de haber trabajado con otros individuos.

Todos los individuos marcados fueron miembros de camadas de un solo crío. Y fueron los que nacieron al inicio del periodo de partos, los cuales estaban aislados y separados de otros, hecho que fue interpretado que eran hijos únicos, ya que si fueran gemelos, la madre no tendría porque emplear dos sitios de percha distintos. Además, desde 1996 se ha monitoreado esta colonia de murciélagos y solamente en 1997 ha sido capturada una hembra con dos críos en el interior de la cueva.

Para determinar el periodo y el patrón de los partos, en cada visita se contabilizaron los nuevos individuos que ocuparon los sitios elegidos. Esto fue posible hacerlo, ya que las hembras son fieles al sitio de percha donde dejan al crío. La información se presenta en un gráfico de dispersión.

El tamaño de la población, de hembras adultas que ocuparon la cueva durante 1998 y el 2001, fue estimada con la información de los censos anteriores y con los resultados de un conteo de todos los neonatos visibles en el túnel derecho y el central, llevado a cabo el 2 de noviembre de 1998 y 2001. La fecha del conteo se eligió con base en observaciones preliminares (1996 y 1997), donde se constató que la mayoría de los críos aun no vuelan a principios de noviembre.

DESARROLLO

El despliegue de las orejas, abertura de los ojos, pigmentación y desarrollo del pelaje, al igual que otros procesos del desarrollo, son fenómenos continuos que para fines del presente trabajo se reconocieron etapas discretas que fueron empleadas con fines meramente descriptivos. A excepción del desarrollo del vuelo, las etapas presentadas son propuesta del autor.

Despliegue de las orejas: I.- Las orejas están plegadas a los lados de la cabeza y el meato auditivo está cerrado. II.- El meato auditivo está abierto, la oreja separada de la cabeza, con la punta doblada hacia el centro. III.- Las orejas están completamente erectas, como en los adultos.

Apertura de los ojos: I.- Ojos cerrados, los párpados están unidos y se observa la línea de unión. II.- Los párpados se han separado en su parte media, pero permanecen unidos en las comisuras externas. Los individuos normalmente mantienen los ojos cerrados. III.- Los párpados se han separado totalmente, los ojos son saltones y se mantienen abiertos.

Pigmentación y pelaje: I.- Cuerpo rosado con patagio grisáceo, hay escaso pelo en la barbilla y entre las piernas, así como pelos más finos en todo el cuerpo, dando la apariencia de estar la piel desnuda, los pelos son más largos en el dorso que en el vientre. II.- Las piernas y antebrazos empiezan a pigmentarse. Pelos grises empiezan a crecer, principalmente entre las piernas. III.- Dorso pigmentado con la corona, región interescapular inferior, antebrazos y piernas más oscuros. El patagio es brillante y el vientre aún es rosado. IV.- Vientre pigmentado, cuerpo cubierto de vello fino grisáceo, menor de 3 mm entre las piernas y caderas. V.- Toda la piel esta ennegrecida y se ha desarrollado el pelaje grisáceo típico del juvenil. Los pelos son más largos en las piernas y el dorso que en el vientre.

Movimiento e integración de grupos: La quietud y el aislamiento de los neonatos contrasta con los conglomerados que integran los adultos, los cuales llegan a cubrir

las paredes de sus refugios diurnos (Fleming *et al.*, 1998). Por tal motivo, para determinar el grado de sociabilidad que desarrollaron los críos de diferente edad, fue anotado el día en que estos empezaron a moverse de su sitio de percha donde los dejaba la madre cada noche y el tamaño del grupo que integraron.

Desarrollo del vuelo: Para describir como se desarrollo el vuelo, fueron empleadas las tres categorías que Stern *et al.* (1997) definieron para *Phyllotomus hastatus*, y que fueron: No volantes, individuos que colgados del dedo del investigador o de las paredes rehúsan volar, permanecen quietos en su sitio de percha o sólo se mueven por las paredes; Semivolantes, individuos que intentan el vuelo pero no consiguen mantenerse, chocan contra las paredes de la cueva o no logran perchar; Volantes, individuos capaces de volar en línea recta y que perchan.

CRECIMIENTO

El crecimiento se valoró a través de los cambios que experimentaron la longitud del antebrazo derecho, el peso (Hall, 1981) y la longitud de la epífisis cartilaginosa de la unión metacarpo-falange del 4º dedo de la mano derecha (Kunz y Anthony, 1982). Las variables longitudinales se expresaron en milímetros y fueron tomadas con un vernier digital (Mitutoyo con aproximación de 0.01 mm), mientras que el peso esta expresado en gramos y fue tomado con una balanza digital (Ohaus, con precisión de 0.1 g). De cada variable fueron calculados los estadísticos básicos: media, desviación estándar y coeficiente de variación.

Las diferencias debidas al sexo entre individuos de la misma edad fueron evaluadas con una prueba de *t* de Student. Se empleó esta técnica por ser robusta a las desviaciones de la normalidad, debido a que los tamaños de muestra analizados fueron pequeños. En cambio, para comparar las diferencias entre las poblaciones de 1998 y el 2001 se aplicó un análisis de varianza de una sola vía, ya que el tamaño de muestra era mayor y cumplió con los requerimientos de

normalidad y homoscedasticidad que la técnica exige (Zar, 1994).

Los cambios lineales debido a la edad, de cada una de las variables medidas, fueron estimados a través de una ecuación de regresión de la parte lineal de cada curva. Para determinar las posibles diferencias entre curvas de diferente sexo o entre años, la pendiente y elevación de cada curva (en su parte lineal) fueron comparadas con una prueba de *t* de Student modificada (Zar, 1994).

Para determinar el modelo que mejor describiera la relación entre la edad y la longitud del antebrazo y el peso, se emplearon las ecuaciones de crecimiento de Gompertz y el modelo logístico (Zullinger *et al.*, 1984). La ecuación de von Bertalanfy, frecuentemente empleada en este tipo de estudios, no se utilizó debido a que las gráficas de los datos no cumplieron con lo requerido por el modelo. Asimismo, otros estudios han reportado que esta ecuación es la menos útil para describir el crecimiento de los murciélagos (Kunz y Robson, 1995; Stern y Kunz, 1998).

1) Modelo de Gompertz $M(t) = A * e^{-e^{-K(t-l)}}$

2) Modelo Logístico $M(t) = A \{ e^{-K(t-l)} + 1 \}^{-1}$

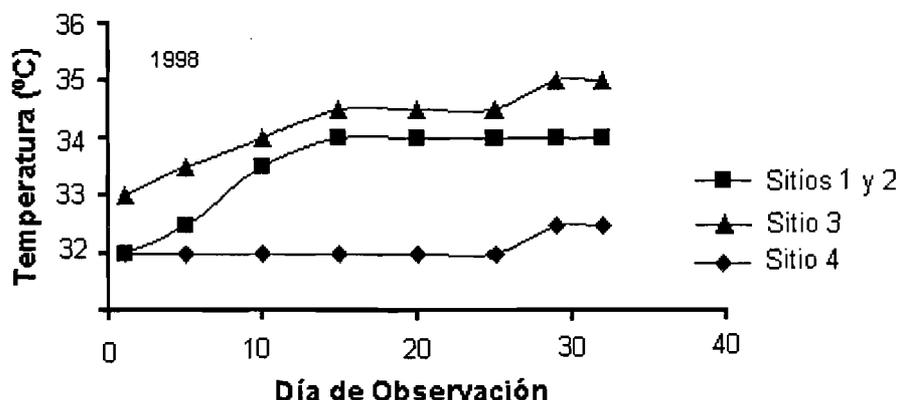
donde: **M(t)**= valor de la variable (antebrazo o peso) a la edad **t** (días), **A**= valor asintótico de la variable (antebrazo o peso), **K**= constante de la tasa de crecimiento (días⁻¹) e **l**= edad del punto de inflexión (días). Para derivar la mejor curva se empleó el algoritmo de Marquardt-Levenverg (NCSS, 2004).

RESULTADOS

Condiciones Ambientales del refugio: En los dos años de estudio la temperatura aumento constantemente en los sitios 1, 2 y 3 desde el inicio de las observaciones, mientras que en el sitio 4 esto sucedió después de los días 20-25 (Anexo1, Fig. 4). De los cuatro sitios, el 4 fue el menos cálido en ambos años (\bar{x} = 32.12°C, 32-32.5,

para 1998; $\bar{x}=33.61^{\circ}\text{C}$, 33.0-34, para el 2001), el 1 y el 2 tuvieron una temperatura intermedia ($\bar{x}=33.5^{\circ}\text{C}$, 32-34, para 1998; $\bar{x}=33.71^{\circ}\text{C}$, 33.0-34 para el 2001), mientras que el 3 fue el más cálido ($\bar{x}= 34.25^{\circ}\text{C}$, 33-35, para 1998; $\bar{x}=34.33^{\circ}\text{C}$, 32.5-35 para el 2001).

Con excepción de los sitios 1 y 2, las diferencias de temperatura entre los demás sitios fueron estadísticamente significativas para 1998: sitios 1-2 y 3 ($t=7.93$, $n=16$, $p<0.0001$), sitios 1-2 y 4 ($t=5.22$, $n=16$, $p<0.001$) y sitios 3 y 4 ($t=10.34$, $n=16$, $p<0.001$). Nuevamente en el 2001 no hubo diferencias de temperatura entre los sitios 1, 2, y estas no fueron significativas entre los sitios 1-2 y 4 ($t=2.04$, $n=16$, $p>0.07$), pero si entre los sitios 1-2 y 3 ($t=3.81$, $n=16$, $p<0.006$) y entre el 3 y 4 ($t=7.93$, $n=16$, $p<0.0001$). El 2001 fue más cálido que 1998, pero solo en el sitio 4 las diferencias fueron significativas ($t=25$, $n=16$, $p<0.0001$).



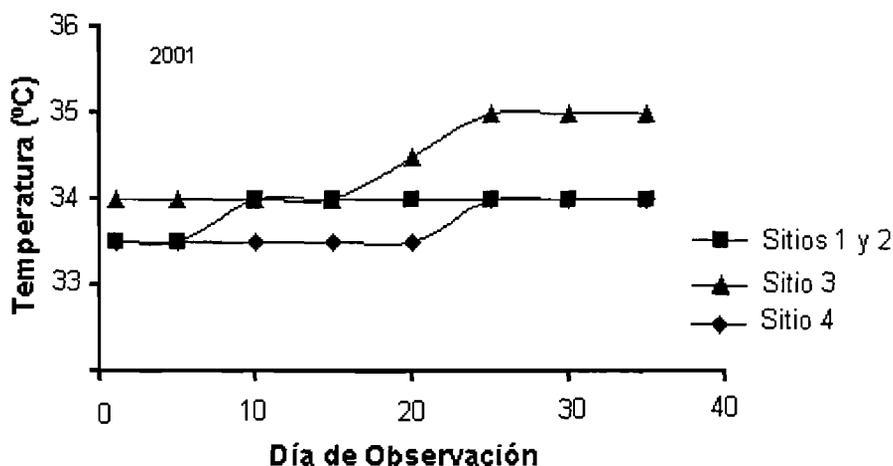


Figura 4.- Patrón de variación de la temperatura ambiental en cuatro sitios de la cueva de “Los Laguitos” durante 1998 y 2001. Para la numeración de los sitios ver figura 2.

La humedad relativa fue de 100% en los cuatro sitios durante 1998, mientras que en el 2001 fue menor. El punto 4 fue el más húmedo (\bar{x} =97.66%, 97-100), seguido por el 3 (\bar{x} =93.88%, 93-97), y finalmente los puntos 1 y 2 (93.55%, 93-97). Las diferencias de HR fueron significativas entre los puntos 1-2 y 4 (t =-5.55, n =16, p <0.0009) y entre el 3 y el 4 (t =-10.31, n =16, p <0.0001). El año de 1998 fue significativamente más húmedo que el 2001 (sitios 1 y 2, t =-5.52, n =16, p <0.0009; sitio 3, t =-13.00, n =16, p <0.0001; sitio 4, t =-4.58, n =16, p <0.002).

En resumen, el ambiente de la cueva fue menos cálido (\bar{x} = 33.29°C, 32-35°C) pero más húmedo (HR=100%) en 1998 en comparación con las condiciones que prevalecieron en el 2001 (\bar{x} =34°C, 33.0-35°C; HR=95.08, 90-100%).

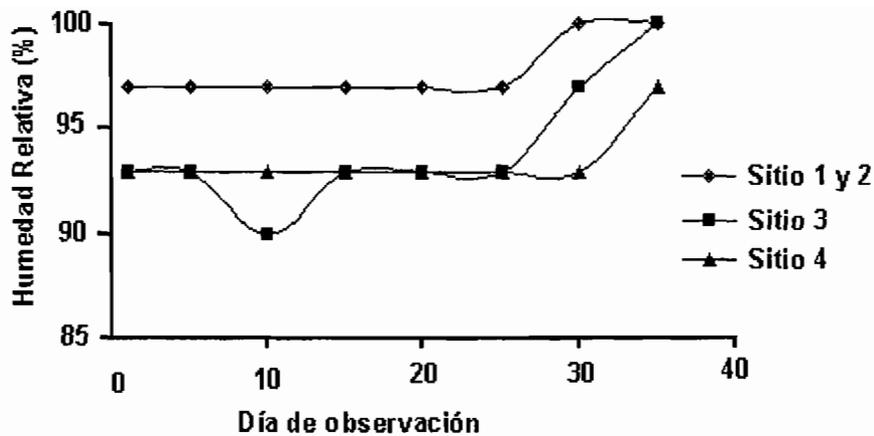


Figura 5.- Patrón de variación de la humedad relativa en cuatro sitios de la cueva de “Los Laguitos” durante 2001. Para la numeración de los sitios ver la figura 2.

Fenología de los partos: Los nacimientos abarcaron un periodo de 29 días en 1998 en toda la cueva, los primeros ocurrieron el 24 de octubre y los últimos el 21 de noviembre. En los sitios de muestreo hubo 507 nacimientos, entre el 26 de octubre y el 21 de noviembre, con un pico el 31 de octubre (Fig. 6). En el resto de la cueva la presencia de neonatos con placenta fresca disminuyó drásticamente después del 11 de noviembre. El tamaño estimado de toda la colonia de adultos que ocupó la cueva en este año fue de 35 000 ejemplares.

En el 2001 el periodo de nacimientos fue de 33 días para toda la cueva, los primeros se presentaron el 22 de octubre y los últimos el 23 de noviembre. En los sitios del muestreo nacieron 1391 individuos entre el 24 de octubre y el 13 de noviembre, el pico de nacimientos ocurrió el 3 de noviembre (Fig. 6). Después del 13 de noviembre los nacimientos se hicieron raros en el resto de la cueva. El tamaño estimado de la colonia de adultos fue de 47 000 animales.

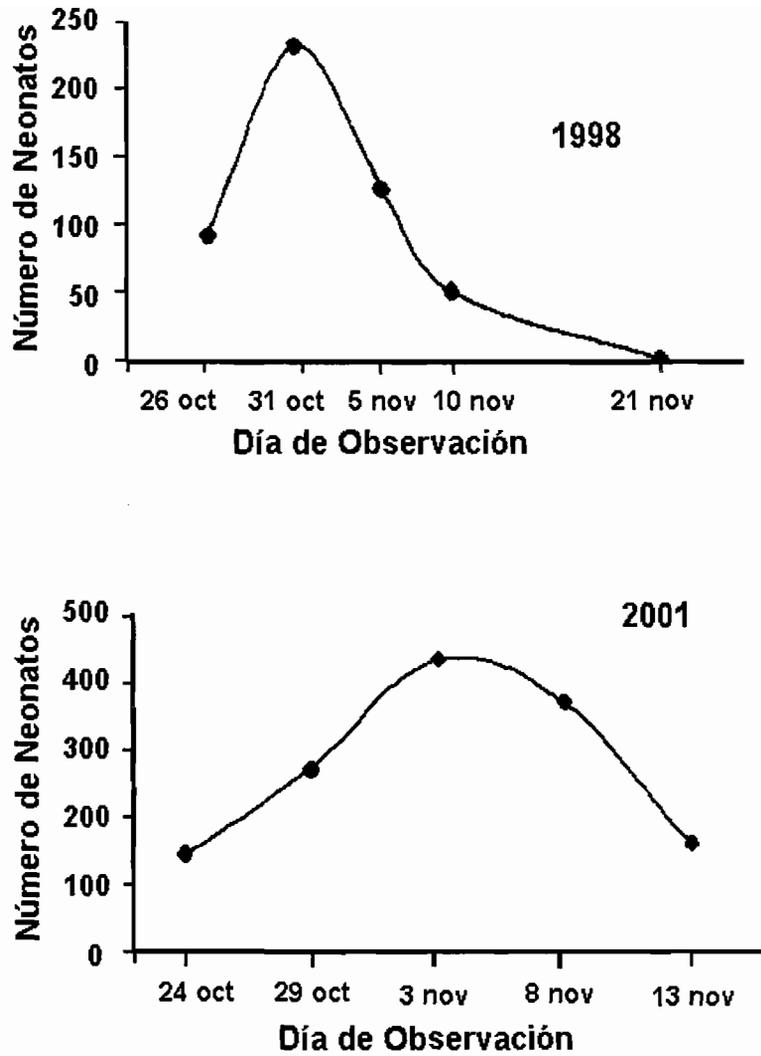


Figura 6.- Número de nacimientos de *Leptonycteris curasoae yerbabuena* en los tres sitios de muestreo de la cueva de “Los Laguitos” durante 1998 y 2001.

DESARROLLO

En 1998 fueron marcados 57 neonatos de *L. c. yerbabuena*: 26 machos y 31 hembras, mientras que en el 2001 fueron marcados 61 neonatos: 30 machos y 31 hembras. La información sobre el desarrollo y el crecimiento de la especie se da con base en los ejemplares que fueron recuperados al menos tres veces y de 15 días de edad o más, que en 1998 fueron 17 machos y 20 hembras, mientras que en el 2001 fueron 20 machos y 17 hembras.

Condición del recién nacido: Al nacer los ejemplares se caracterizaron por tener la piel arrugada, de tonalidad rosada y desnuda, excepto en la barbilla y entre las piernas donde el pelo era escaso y con una longitud menor a 1 mm. Las orejas estaban plegadas a los lados de la cabeza, por lo tanto con el meato auditivo cerrado. Los ojos estaban cubiertos por los párpados, de los cuales solo era observable la línea de unión. El neonato no se desplazó del sitio donde lo dejaba la madre, emitía chillidos audibles y movía la cabeza constantemente ante cualquier sonido, ya sea el aleteo de otros murciélagos o el provocado intencionalmente. Al acercarlos cualquier objeto, solo intentaban mamar.

En los dos años de estudio, el antebrazo de las hembras fue más largo que el de los machos, en cambio los machos fueron más pesados que ellas, sin ser estas diferencias significativas. La longitud de la epífisis fue similar en los dos sexos en 1998, mientras que en el 2001 los machos tuvieron una separación mayor que en las hembras ($t_{35.8gl}=1.97$, $p<0.05$). La comparación de la longitud del antebrazo de los ejemplares de 1998 y 2001 resultó no significativa ($t_{73gl}=3.35$, $p=0.7$). En cambio, los ejemplares del 2001 fueron más pesados ($t_{73gl}=42.37$, $p<0.0001$) y con una longitud de la epífisis significativamente menor que los de 1998 ($t_{73gl}=117.14$, $p<0.0001$).

Con relación al adulto, los neonatos del 2001 tuvieron en promedio un antebrazo más largo (49.26%) y fueron más pesados (26.90%) que los de 1998 (47.60% y 20.58% respectivamente).

Despliegue de las orejas: Las orejas empezaron a separarse de la cabeza desde el primer día y tardaron de 20-25 días para que estuvieran completamente erectas (Anexo 2). En 1998 el 97.7% de los ejemplares tuvieron las orejas plegadas completamente, con el meato auditivo cerrado (categoría I) y solo uno (2.7%) tuvo el meato auditivo abierto y las orejas separadas de la cabeza (categoría II). El 100% de los ejemplares fueron ubicados en la categoría II al tercer día. Cinco ejemplares (13.51%) fueron los primeros en tener las orejas completamente erectas (categoría III) a los cinco días de edad y en los últimos (16.21%) ocurrió hasta los 20 días de edad.

En el 2001, 32 ejemplares (86.48%) de un día de edad se ubicaron en la categoría I y el resto en la categoría II. Conviene aclarar que a diferencia de 1998, en el 2001 no se hizo una visita a la cueva al 3er. día, sino hasta el día 5º, fecha en la que se encontró a todos los ejemplares con el meato auditivo abierto y la oreja separada de la cabeza (categoría II). Seis ejemplares de 10 días de edad fueron los primeros en pasar a la categoría III, y a medida que pasó el tiempo se fueron agregando más individuos a esta categoría. Tres individuos (8.10%) tardaron hasta 25 días para mantener la oreja completamente erecta.

Apertura de los ojos: Los individuos nacieron con los ojos cerrados (categoría I) y estos empezaron a abrirse desde el primer día. En 1998, 10 individuos (27.02%) de un día de edad fueron ubicados en la categoría I, mientras que el resto se asignó a la categoría II. La apertura completa de los ojos (categoría III) fue variable, cinco individuos (13.51%) lo logró a los 5 días de edad, 17 de ellos (45.94%) lo hicieron a los 15 días, mientras que tres (8.10%) lo hicieron hasta los 20 días.

En el 2001 los juveniles mostraron un retraso en la apertura completa de los ojos, no obstante que solo cinco ejemplares (3.51%) de un día de edad fueron ubicados en la categoría I, ya que el resto mostraba separación de los párpados

(categoría II). A partir del 5º. día dos ejemplares (5.40%) fueron asignados a la categoría III y 21 de ellos (56.75%) pasaron a esta categoría a los 15-20 días. Finalmente hubo cuatro ejemplares (10.81%) que tardaron hasta 25 días para ubicarse en la categoría III (Anexo 3).

Pigmentación y pelaje: El 100% de los recién nacidos en 1998 se ubicaron en la categoría I de pigmentación y pelaje. A partir del 5º día, 16 individuos (43.24%) se asignaron a la categoría II. Al 10º día, 29 ejemplares (78.37%) tuvieron el pelaje característico de la categoría III. Catorce ejemplares de 15 días (37.83%) fueron ubicados en la categoría IV y el pelaje juvenil (categoría V) estuvo presente en un ejemplar de 20 días de edad. A medida que pasó el tiempo, en más individuos se fue desarrollando el pelaje juvenil pasaban, en ocho (21.62%) sucedió a los 25 días y en seis de ellos (6.21%) a los 30 días (Tabla 4).

Al igual que en las otras características mencionadas, los individuos del 2001 mostraron un retraso en el desarrollo de la pigmentación y pelaje en comparación con la muestra analizada en 1998 (Tabla 4). En el 2001, el 100% de los recién nacidos se ubicaron en la categoría I. A los cinco días de edad 12 de ellos (32.43%) fueron ubicados en la categoría II y 2 (5.4%) en la categoría III. A los 10 días de edad, la mayoría de los ejemplares (64.86%) se ubicaron en la categoría II y a los 15 días el 75.67% (28) de ellos pertenecieron a la categoría III. Individuos de la categoría IV fueron encontrados a los 15 días (5.40%), a los 20 días (37.83%) y a los 25 días (27.07%). El pelaje juvenil apareció por vez primera en dos ejemplares (5.40%) de 30 días de edad.

Movimientos e integración de grupos: La mayoría de los críos menores a 10 días de edad permanecieron quietos y solitarios en el sitio de percha donde los dejaba la madre. En cambio los ejemplares de 10 días o de más edad, tan pronto eran dejados en su percha, empezaron a juntarse con otros para formar grupos. Los ejemplares más jóvenes formaron grupos de pocos ejemplares, pero a medida que

se fueron desarrollando los grupos fueron más numerosos, hasta que los juveniles tapizaron la parte alta de las paredes. En 1998 fue posible contar el tamaño del grupo al que pertenecieron 18 ejemplares marcados hasta los 25 días: a los 10 días de edad los grupos tuvieron 2-5 miembros ($\bar{x}=3.4$, $n=5$), a los 15 días el tamaño fue de 2-9 ($\bar{x}=4.2$, $n=11$); a los 20 días fue de 3-30 ($\bar{x}=9.6$, $n=9$) y a los 25 días los grupos fueron de 3-24 miembros ($\bar{x}=15$, $n=5$).

En el 2001 se dio seguimiento a 28 individuos hasta el día 15, debido a que hubo un mayor número de nacimientos que en 1998, situación que dificultó el reconocimiento de grupos ya que todos los individuos llegaron a tapizar las paredes en las áreas estudiadas. Los individuos de 10 días formaron grupos de 2-12 integrantes ($\bar{x}=6.1$, $n=17$), y a los 15 días los grupos variaron de 4-24 miembros ($\bar{x}=12$, $n=10$).

Desarrollo del vuelo: En los dos años de estudio desde los recién nacidos hasta los individuos de 10 días de edad fueron clasificados como no volantes (Anexo 5). En 1998 sucedió que dos ejemplares (5.40%) siempre se rehusaron a volar, ya que cuando se les soltó siempre cayeron al piso, aunque ninguna malformación era visible en ellos, por lo cual fueron clasificados como no volantes hasta los 30 días de edad. A los 15 días de edad ocho individuos (21.62%) pasaron a semivolantes, siete (18.91%) lo hicieron a los 20 días y otros cuatro (10.81%) lo hicieron hasta los 25 días. El vuelo sostenido se presentó en tres ejemplares (8.10%) a los 20 días de edad. A esta última categoría se sumaron ocho individuos (21.62%) de 25 días y cuatro (10.81%) de 30 días.

En el 2001, siete individuos (18.91%) de 20 días de edad fueron los últimos que se clasificaron como no volantes. Doce individuos (32.43%) pasaron a semivolantes a los 15 días de edad, 11 individuos (29.72%) a los 20 días y cinco de ellos (13.51%) lo hicieron hasta los 25 días. El vuelo sostenido se presentó cinco días antes que en 1998 y fue logrado por dos ejemplares (5.40%) de 15 días de

edad. A esta categoría se agregaron 13 individuos (35.13%) de 20 días, nueve (24.32%) de 25 días y cinco (13.51%) de 30 días (Anexo 5).

Los individuos que lograron el vuelo sostenido por primera vez, la longitud del antebrazo midió el 83.79% de la longitud del antebrazo del adulto en 1998 y el 84.16% en el 2001, mientras que la relación del peso del volantón respecto al adulto fue de 49.54% para 1998 y de 54.59% para el 2001. Cuando inició del vuelo sostenido no se observó una pérdida de peso en la mayoría de los individuos, aunque el ritmo de crecimiento disminuyó en este período (Fig. 7).

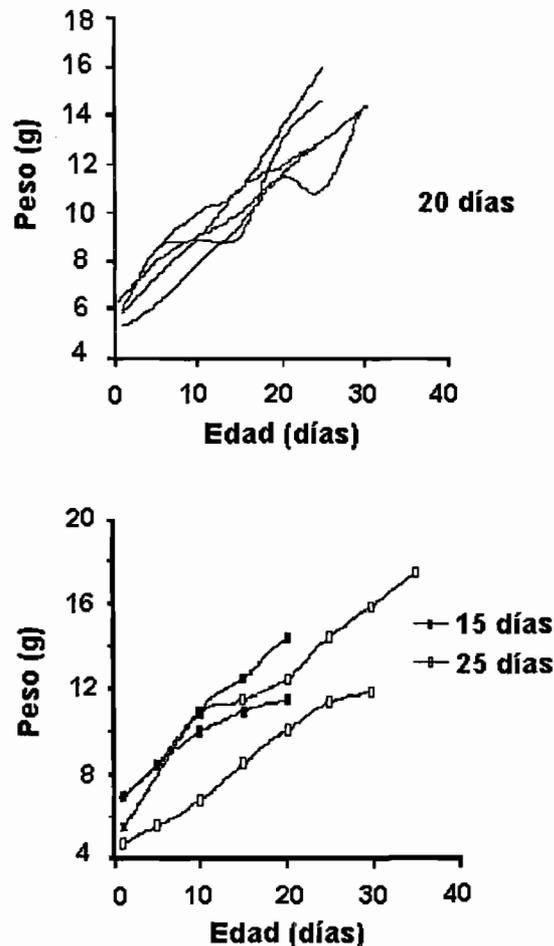


Figura 7.- Curvas individuales de peso y edad de nueve individuos, de 1998 y 2001, que fueron clasificados como volantones a los 15, 20 y 25 días de edad.

CRECIMIENTO

En los dos años de estudio, la longitud del antebrazo de las hembras fue mayor que en los machos, sin ser estas diferencias significativas. En el peso no hubo diferencias significativas entre los sexos. En cambio la longitud de la epífisis de las hembras fue significativamente más pequeñas que en los machos, para tres categorías de edad del 2001. Estas diferencias no se presentaron en las otras edades analizadas ni en los ejemplares de 1998. Por lo cual los dos sexos fueron agrupados como una sola muestra en el siguiente análisis (Anexos 6 y 7).

La longitud del antebrazo aumentó de manera constante hasta el día 30-35, en los dos años de estudio (Fig. 8, Anexo 8). Durante los primeros 20 días la relación fue lineal, con una tasa de crecimiento de 0.85 mm/día en 1998 y de 0.90 mm/día en el 2001. Durante los siguientes días la tasa de crecimiento disminuyó a 0.52 mm/día en 1998; y a 0.31 mm/día en el 2001. El análisis de varianza mostró que durante los primeros 20 días, los individuos del 2001 fueron significativamente mayores a los de 1998, a excepción de los neonatos (Anexo 8). Sin embargo, la pendiente ($t_{317 \text{ g.l.}}=0.36$, $p>0.05$) y elevación ($t_{318 \text{ g.l.}}=0.53$, $p>0.05$) de las curvas fueron similares, resultado que contradice al análisis de varianza. En la segunda fase de crecimiento, la tasa de crecimiento disminuyó después del día 20 y el análisis de varianza mostró que las diferencias no fueron significativas. Aunque, las pendientes de las curvas fueron significativamente diferentes ($t_{94 \text{ g.l.}}=40.94$, $p<0.0001$). Los resultados del análisis de varianza y la prueba de t en esta segunda parte fueron en parte contradictorios, posiblemente esto se debe a que el primer análisis compara las edades por separado mientras que el segundo tomó en cuenta un segmento de recta y no la curva en su totalidad. Por tal motivo y a falta de una prueba más robusta, se tomó como primer elemento de decisión los resultados del análisis de varianza y el segundo como un apoyo.

La longitud de la epífisis de la falange 3-4 del cuarto dedo aumentó

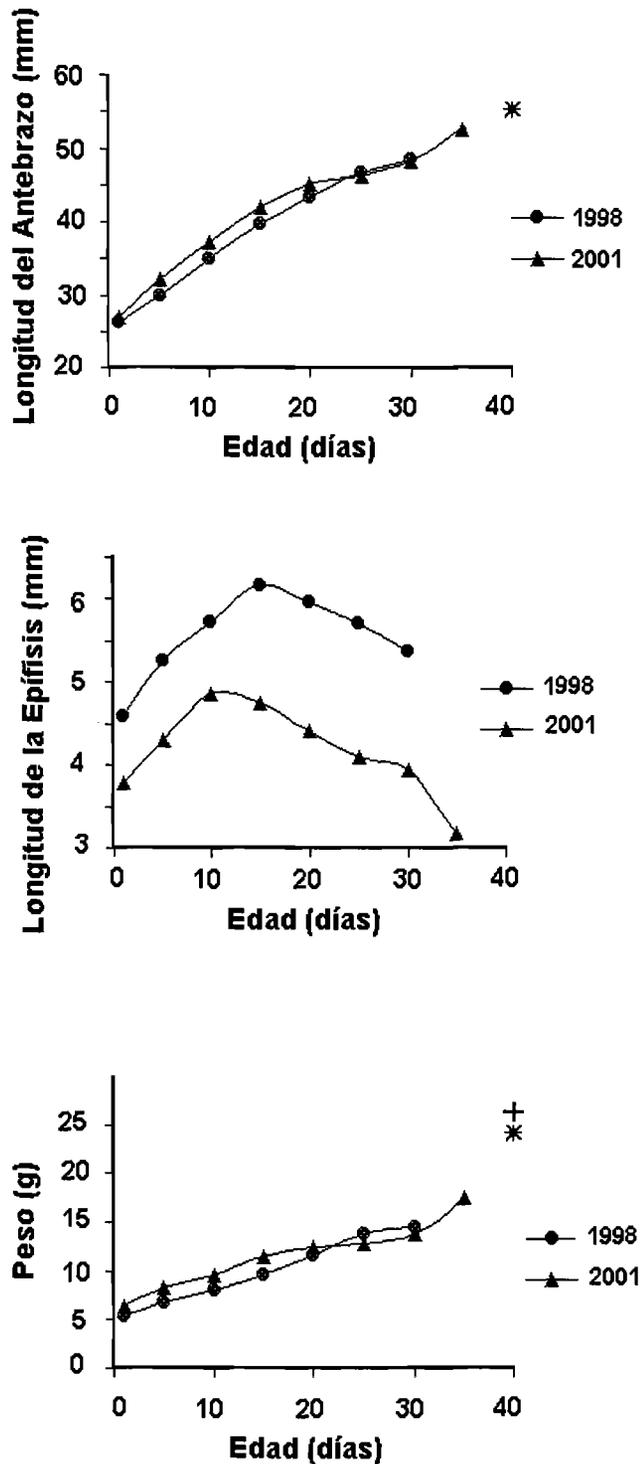


Figura 8.- Curvas crecimiento promedio de longitud del antebrazo, longitud de la epífisis y peso de *Leptonycteris curasoae yerbabuena* de la cueva de “Los Laguitos”, Chiapas. El (*) y la (+) representan los valores promedio de los adultos

de 1998 y del 2001 respectivamente.

constantemente hasta el día 15 en 1998, y hasta el día 10 en el 2001, después empezó a cerrarse (Fig. 8). La tasa de separación fue de 0.10 mm/día en los dos años, y la de osificación de 0.05 mm/día en 1998 y 0.04 mm/día en el 2001. Esta variable fue significativamente menor en el 2001 en comparación con 1998, en las siete categorías de edad analizadas (Anexo 8). La pendiente de las curvas fueron significativamente diferentes tanto en la fase de separación ($t_{187 \text{ g.l.}}=2.06$, $p<0.05$) como en la de osificación ($t_{165 \text{ g.l.}}=45.54$, $p<0.0001$).

El peso aumentó de manera constante en los dos años de estudio. El comportamiento fue lineal los primeros 20 días, después el ritmo disminuyó (Anexo 8, Fig. 8). En la primera fase, la tasa de incremento fue de 0.31 g/día en 1998 y de 0.30 g/día en el 2001, después disminuyó a 0.29 g/día en 1998 y a 0.14 g/día en el 2001. Durante la primera fase de crecimiento, los ejemplares del 2001 fueron significativamente más pesados que los de 1998 (Anexo 8). La elevación de las curvas fue diferente ($t_{318 \text{ g.l.}}=5.10$, $p<0.001$), aunque las pendientes fueron similares ($t_{317 \text{ g.l.}}=-1.93$, $p>0.05$). En la segunda fase de crecimiento las diferencias no fueron significativas entre los dos años, lo mismo que la pendiente ($t_{94 \text{ g.l.}}=-0.62$, $p>0.05$) y elevación ($t_{95 \text{ g.l.}}=0.038$, $p>0.05$) de las curvas.

Modelos de crecimiento

Los resultados obtenidos de los modelos de Gompertz y logístico, con relación a la descripción del crecimiento de la longitud del antebrazo y el peso en los juveniles de *L. c. yerbabuena* fue similar en: la suma de cuadrados, la correlación entre los datos observados y predichos y la varianza residual. Sin embargo, el modelo logístico estimó valores más cercanos al observado, para el inicio y el final del periodo de crecimiento estudiado (Anexo 9). Otro punto que devalúa la bondad del modelo de Gompertz, fue el punto de inflexión negativo que resultó en la longitud del antebrazo. El signo significa que la inflexión ocurre a una edad menor a cero, hecho que contradice biológicamente al modelo. Por lo anterior

fue considerado el modelo logístico como el mejor descriptor del crecimiento de *L. c. yerbabuena*, en comparación con el modelo de Gomperz.

Variación Individual: De las tres variables analizadas, el peso tuvo la mayor variabilidad en ambos años, seguido por la longitud de la epífisis y la longitud del antebrazo. La variabilidad de la longitud del antebrazo tendió a disminuir a medida que el animal creció, no así la epífisis y el peso que mantuvieron su variabilidad constante. Al hacer la comparación entre años resultó que los organismos de 1998 fueron más variables (CV=9.03) que los del 2001 (CV=7.99) (Anexo 6).

DISCUSIÓN

Los murciélagos, a diferencia de otros mamíferos, no son reproductores oportunistas, ya que es improbable que una hembra lleve a cabo la ovulación, el apareamiento, la gestación y la lactancia antes que las condiciones favorables cambien (Heideman, 2000). Por tal motivo, los murciélagos han desarrollado mecanismos que les permiten interpretar las señales del ambiente que predicen condiciones futuras, para de esa manera reproducirse en el momento más adecuado. Entre las señales más importantes se encuentran el foto período y los cambios de temperatura (Heideman, 2000). Como resultado de esta interacción con el ambiente, la reproducción puede ser estacional o no estacional y entre los factores con mayor influencia en la reproducción estacional de los murciélagos se encuentran las condiciones del clima, la disponibilidad del alimento, la evasión a depredadores y la interacción social (Heideman, 2000; Porter y Wilkinson, 2001; Racey y Entwistle, 2000). Las especies con un patrón de reproducción estacional se encuentran sobre todo en áreas templadas. No obstante, existen especies tropicales que se reproducen estacionalmente, como son *Artibeus jamaicensis* de Centro América y México (Ortega y Castro-Arellano, 2001) y *L. c. yerbabuena* de la cueva de “Los Laguitos”. En el caso de *L. c. yerbabuena*, los partos y lactancia ocurre siempre al inicio de la época seca del año, justo cuando la mayoría de las especies de la selva baja caducifolia están en floración (Martínez-Coronel et al., 1996;

Miranda, 1998; Riechers-Pérez *et al.*, 2003).

En los dos años de estudio, el periodo de partos en *L. c. yerbabuena* fue sincrónico, ya que las 35 000-47 000 hembras que ocuparon la cueva de “Los Laguitos” en 1998 y 2001, los nacimientos ocurrieron en un periodo de 29-33 días. Porter y Wilkinson (2001) reportaron que en una colonia de 314 hembras de *Phyllostomus hastatus*, de Trinidad, los partos ocurrieron durante 30 días. Asimismo, Galindo-Galindo *et al* (2000) reportaron que una colonia de 150 hembras de *Anoura geoffroyi* del estado de Puebla, México, los nacimientos ocurrieron en un periodo de 42 días. El menor tiempo empleado por *P. hastatus* y *L. c. yerbabuena* en comparación con la otra especie, contradice la idea general que se tiene de la mayor sincronía en la reproducción en especies de distribución templada en comparación con las especies tropicales.

La sincronización de los partos es afectada por diversos factores, entre los que se encuentran los de tipo climático, la fotoperiodicidad y las señales sociales, posiblemente de tipo químico (Kunz y Hood, 200; Porter y Wilkinson, 2001). En un estudio con *Phyllostomus hastatus*, Porter y Wilkinson (2001) reportaron que en colonias de vida libre la lluvia jugó el papel más importante en la sincronización de los nacimientos, ya que estas afectaron de manera directa la disponibilidad del alimento. Asimismo, encontraron que las hembras que son transferidos a un nuevo grupo, parieron en sincronía con las hembras del grupo receptor y no con el grupo de procedencia. A diferencia de *P. hastatus*, en las colonias de *L. c. yerbabuena* no hay evidencia de que exista estructura social en los refugios diurnos, no obstante que descansan de manera apiñonada y salen a forrajear en grupo (Fleming *et al.*, 1998). Pero es posible, que las sustancias químicas que son liberadas durante el parto por hembras cercanas, tengan influencia en la sincronización de los partos (Porter y Wilkinson, 2001). Otros factores no explorados, pero que posiblemente influyan en la sincronización de los partos en *L. c. yerbabuena* son la migración y la competencia por el uso de la cueva como sitio reproductivo por otras especies.

Respecto a la migración, la mayoría de los integrantes de la colonia de maternidad abandonan la cueva en menos de una semana, quedando tan solo unos 200 ejemplares el resto del año (Martínez-Coronel *et al.*, 1996, obs. personales). De manera que al momento de la partida, los juveniles deben estar bien desarrollados para emprender el viaje migratorio, ya que de lo contrario, si nacieron tardíamente con respecto al promedio, serán más vulnerables a las contingencias del viaje. Con relación a la competencia por el espacio, nuestras observaciones indican que después de que *L. c. yerbabuena* abandona la cueva, *Artibeus jamaicensis*, *Glossophaga soricina* y *Mormoops megallophyla* empiezan a reproducirse (Martínez-Coronel *et al.*, 1996, obs. personales).

El desarrollo y crecimiento de los críos de los murciélagos es afectado por diferentes factores, como la temperatura y la humedad relativa del refugio (Heideman, 2000). Como se sabe, los refugios cálidos favorecen un crecimiento rápido, mientras que los ambientes fríos lo retrasan (Hoying y Kunz, 1998; Tuttle, 1975; Tuttle y Stevenson, 1977), debido al efecto que tiene la temperatura sobre la tasa de los procesos metabólicos (Speakman y Thomas, 2003). Pero una temperatura elevada también implica un costo, ya que si es $>32^{\circ}\text{C}$, la supervivencia del individuo está en riesgo, debido al aumento significativo en la pérdida de humedad (Herried y Schmidt-Nielsen, 1966, citado por Betts, 1997). Ante tal situación, los críos son los más vulnerables debido a su piel desnuda y a que son incapaces de termo regular. No obstante, otros estudios han mostrado que el papel más importante en la selección de la maternidad corresponde a la humedad relativa, ya que si la temperatura es $>25^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa es $>80\%$, la pérdida de humedad es 65% menor en comparación con aquellos ambientes que poseen una humedad relativa $<20\%$ (Webb *et al.*, 1995). Por lo tanto la selección del sitio de maternidad es un factor crítico para la supervivencia de la especie, por lo cual las hembras seleccionan refugios con una humedad relativa $>70\%$, no obstante que la temperatura pueda alcanzar valores cercanos a los 40°C (Betts, 1997; Silva-Taboada, 1979; Speakman y Thomas, 2003). La Cueva de los Laguitos posee una

temperatura $>32^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa $>90\%$, condiciones que satisfacen los requerimientos térmicos de *L. c. yerbabuena*, sin poner en peligro la supervivencia de los críos por la pérdida de humedad (Arends *et al.*, 1995; Martínez-Coronel *et al.*, 1996 y 2002).

Los cambios de temperatura y de la humedad relativa, ya sea durante la gestación o lactancia, también influyen en la tasa de crecimiento de los murciélagos, ya que una disminución de la temperatura retrasa la tasa del crecimiento y desarrollo del feto o del crío, y en especies que no entran en torpor, el costo de la termorregulación aumenta (Hoying y Kunz, 1998; Speakman y Thomas, 2003; Tuttle y Stevenson, 1977). En el caso de la cueva de los Laguitos, la temperatura ambiental siempre fue $>32^{\circ}\text{C}$, límite inferior de la zona termoneutral de la especie (Arends *et al.*, 1995). Por lo cual se considera que una disminución en la tasa de crecimiento por stress térmico no pudo haber ocurrido en *L. c. yerbabuena*. Por el contrario, la temperatura de la cueva de los Laguitos experimento un aumento a medida que se desarrollo el evento reproductivo. Aumento que fue consecuencia del calor producido por los nuevos individuos que se sumaron a la colonia de adultos, así como por la descomposición microbiana de las heces y otros productos de los murciélagos (placentas, neonatos muertos) que fueron depositados en el piso de la cueva. El incremento de temperatura más significativo ocurrió entre los días 20-25, fecha que coincide con el inicio el vuelo sostenido de los juveniles. Este aumento de temperatura no es un hecho raro, ya también ha sido reportado en colonias de maternidad de *Tadarida brasiliensis* (Kunz y Robson, 1995) y *Myotis yumanensis* (Betts, 1997).

La talla de los neonatos, así como el crecimiento y desarrollo de estos son afectados por factores como el sexo, el tamaño de camada, la ubicación geográfica de la población, la temperatura y la humedad relativa del refugio. La influencia del sexo es notable en las especies donde existe dimorfismo, ya que la tasa de crecimiento es más acelerada en el sexo de talla mayor, tal como sucede en los

machos de *Phyllostomus hastatus* o en las hembras de *Lasiurus cinereus* (Koehler y Barclay, 2000; Stern y Kunz, 1998). En cambio en *L. c. yerbabuenae* no existe dimorfismo sexual en los adultos (Arita y Humphrey, 1986), por lo tanto era de esperar la similitud morfológica y en la tasa de crecimiento entre los juveniles de los dos sexos.

En cuanto al tamaño de camada, se sabe que los neonatos que provienen de camadas de un solo crío son más grandes en comparación con los que provienen de camadas mayores (Basset, 1984; Kunz, 1987). Todos los neonatos marcados de *L. c. yerbabuenae* fueron miembros de camadas de un solo crío, por lo tanto, la variabilidad que se observó en ellos no es asignable a este factor (Stern y Kunz, 1998).

Los neonatos de 1998 fueron de una talla menor en comparación con los del 2001, posiblemente como resultado de la mayor temperatura que hubo en el segundo año (Speakman y Thomas, 2003). Como las madres llegan a la cueva al menos un mes antes de dar a luz, es posible que la diferencia de más de 1°C entre los años estudiados haya tenido consecuencias importantes en el desarrollo del feto que hayan permitido que los críos del 2001 alcanzaran mayores dimensiones que los de 1998 (Arends *et al.*, 1997; Tuttle, 1975).

Al comparar los neonatos de *L. c. yerbabuenae* de Chiapas con los de Carbo, Sonora, se encontraron algunas diferencias: con relación al adulto, la longitud del antebrazo promedio en la muestra de Chiapas fue ligeramente mayor que en los de Sonora (47.60% para 1998 y 49.26% para el 2001 de la cueva de los Laguitos; 47% para Carbo), pero tuvieron un peso promedio menor (20.58% para 1998 y de 26.90% para el 2001; 30% para Carbo); los ejemplares de Chiapas nacieron prácticamente desnudos, con las orejas plegadas a la cabeza y con el meato auditivo cerrado, en cambio los de Sonora nacieron cubiertos con pelo, con el meato auditivo abierto y estuvieron alertas desde el primer momento (Gould, 1975). Estas diferencias entre

los neonatos de Chiapas y Sonora se consideran parte de la misma variabilidad de las especie y posiblemente sean resultado de adaptaciones locales de cada población (Hayes y Jenkins, 1997; Wilkinson y Fleming, 1996).

La separación de las orejas, apertura de los ojos y desarrollo del pelaje en los críos de *L. c. yerbabuena* siguieron una secuencia similar al de otras especies de murciélagos. Las orejas se separaron de la cabeza a los tres días de edad, mientras que en la mayoría de los murciélagos ocurre alrededor del 5º. día (p. ej. *Megaderma lyra*, Rajan y Marimuthu, 1999).

El comportamiento gregario que mostraron los juveniles de mayor edad de *L. c. yerbabuena*, indudablemente esta relacionado con la mayor capacidad de movimiento y con la baja tasa metabólica de la especie (Arends *et al.*, 1995) y no con un comportamiento que sugiera alguna estructura social en la especie (Fleming *et al.*, 1998). No obstante que los adultos de esta especie descansan formando grupos continuos de cientos a miles de individuos en sus refugios diurnos, interaccionan poco entre ellos (Fleming *et al.*, 1998). Los valores de temperatura medidos en la cueva de los Laguitos se encuentran en la parte media de la banda termoneutral de la especie (Arends *et al.*, 1995), por lo tanto al agregarse aprovechan mejor el calor producido.

El vuelo exige que los juveniles tengan un esqueleto osificado, que resista la tensión a la que éste es sometido durante el aleteo, así como tener una buena coordinación neuromuscular y haber desarrollado la ecolocalización (Kunz, 1987). Si alguna de estas características no la cumplen los juveniles después del destete, estos están condenados a morir, ya que su supervivencia depende de su habilidad para volar. En *L. c. yerbabuena* el vuelo inició a partir del día 20 en 1998 y a los 15 días en el 2001. Edad que coincide con las 2 ½ y 4 semanas que fueron reportadas para el inicio del vuelo en filostómidos (Kleiman y Davis, 1979). En cuanto a la diferencia de edad en el inicio del vuelo entre los juveniles de 1998 y el 2001, se

considera es consecuencia de la mayor temperatura que prevaleció en el ambiente cavernícola en el segundo año. Caso similar al de *Myotis grisescens*, especie en la cual el inicio del vuelo se presentó nueve días antes en una colonia con una temperatura de 16.4°C en comparación con otra de 13.9°C (Tuttle, 1975).

El inicio del vuelo es un periodo estresante para los murciélagos, y los volantones de algunas especies pierden peso durante el aprendizaje (*Myotis velifer*, *M. lucifugus* y *Pipistrellus pipistrellus*), en cambio este fenómeno no ocurre en otras especies (*Antrozous pallidus*, *Eptesicus fuscus* y *Rhinolophus cornutus*). Estas diferencias posiblemente estén relacionadas con la obtención de energía, que en estas últimas especies no es un problema, ya que existe un cuidado materno prolongado, fenómeno que no ocurre en las especies de *Myotis* estudiadas (Kunz, 1987). En el caso de *L. c. yerbabuena* no existe una pérdida de peso durante el inicio del vuelo, aunque sí una disminución en la tasa de crecimiento que se considera normal, ya que el individuo ha alcanzado casi las dimensiones del adulto. Asimismo, el peso del individuo se ve afectado por múltiples variables difíciles de controlar, como son la capacidad de la madre para obtener alimento cada noche, la tasa para procesar la leche y la salud de la madre, entre otros. Variables que en este caso no fueron tomadas en cuenta.

Al igual que en otras especies de murciélagos, el peso y la longitud del antebrazo de *L. c. yerbabuena* experimentaron cambios lineales en el periodo previo al vuelo. Una vez que empezaron a volar, la tasa de crecimiento disminuyó (Burnett y Kunz, 1982; Kunz y Anthony 1982; Stern y Kunz, 1998). Los individuos del 2001, en comparación con los de 1998, tuvieron una velocidad de crecimiento mayor durante los primeros 15 días, posiblemente como consecuencia de la temperatura mayor que hubo en el 2001.

La epífisis del cuarto dedo experimentó cambios similares a los reportados para otras especies, primero hubo un crecimiento lineal en la etapa de separación,

después la epífisis empezó a cerrarse, justo antes de que los individuos empezaran a volar (Burnett y Kunz, 1982; Kunz y Anthony 1982; Stern y Kunz, 1998). Los individuos del 2001 tuvieron una epífisis más osificada, la cual empezó a cerrarse cinco días antes que en los de 1998. Tal vez esta fue la razón por el cual el vuelo inició cinco días antes en los ejemplares del 2001 en comparación con los de 1998. Asimismo, las diferencias en osificación se consideran resultado del ambiente más cálido que prevaleció en el 2001.

Una de las ventajas de aplicar los modelos de crecimiento es que permite la comparación de los parámetros derivados con otros estudios independientemente de la talla y periodo de crecimiento del organismo analizado (Kunz y Robson, 1995). Al igual que en otros estudios llevados a cabo con otras especies de murciélagos, el modelo logístico fue el que mejor describió el crecimiento en *L. c. yerbabuenae* (Kunz y Robson, 1995; Kunz y Stern, 1998). Los valores de la constante de crecimiento obtenidos para la longitud del antebrazo (0.07 para 1998; 0.10 para el 2001) y para el peso (0.06 para 1998, 0.04 para el 2001) en *L. c. yerbabuenae*, derivados del modelo logístico son comparables a los reportados para *Artibeus jamaicensis* (0.08 y 0.04 respectivamente), *Carollia perspicillata* (0.01 y 0.10) y *P. hastatus* (0.07 y 0.06) (Kunz y Hood, 2000), pero fueron más pequeños en comparación con los valores de la longitud del antebrazo reportado para *Myotis sp.* (0.12-0.27), *Antrozous pallidus* (0.10) o *Eptesicus fuscus* (0.13) (Kunz y Hood, 2000). Se considera que estas diferencias reflejan el efecto del ambiente, ya que en las especies de distribución templada la estación benigna es más corta y por lo tanto los críos deben acelerar su crecimiento para migrar o hibernar cuando llega el invierno (Heideman, 2000).

En cuanto a la variabilidad intrapoblacional, los valores del coeficiente de variación de los juveniles de *L. c. yerbabuenae* fueron similares a los reportados para el peso y la longitud de la epífisis de *Phyllostomus hastatus* (Stern y Kunz, 1998). Entre los factores que afectan la variabilidad intrapoblacional hay de tipo hereditario

y ambiental. Entre los que se consideran la temperatura del refugio, talla del neonato, tasa metabólica, disponibilidad de alimento y éxito de forrajeo. La población de 1998 mostró mayor variabilidad en las tres variables analizadas en comparación con la población del 2001, posiblemente estas diferencias sean consecuencia de ambiente térmico más cálido que prevaleció en el segundo año. El tamaño de camada no se considero que fuera un factor con influencia en la variabilidad mostrada, ya que todos los individuos analizados son miembros de camada de un solo crío.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió determinar que los neonatos de *Leptonycteris curasoae yerbabuena* de la cueva de “Los Laguitos”, Chiapas, son animales altricios, que requieren del cuidado materno. Asimismo, el patrón de desarrollo de las orejas, la apertura de los ojos y el pelaje de los críos de la especie, fue similar al reportado para otras especies de murciélagos. Y, al igual que los adultos, en los juveniles no hubo evidencia de dimorfismo sexual, resultado que coincide con la tendencia mostrada por la mayoría de los murciélagos.

Con relación al desarrollo de la capacidad motriz, se encontró que esta especie a medida que se desarrolló integró grupos, conducta que al parecer, está más relacionada con un beneficio termo regulador y no con una estructura social, como pudiera esperarse por el hecho de que los adultos forman conglomerados en sus refugios diurnos y el forrajeo en grupo. El vuelo sostenido inició entre las semanas 2-4, al igual que en otras especies de filostómidos. Asimismo, se pudo corroborar la influencia de la temperatura en el desarrollo del vuelo, ya que en el año más cálido los juveniles empezaron a volar cinco días antes que en el año menos cálido.

Respecto a la condición de los neonatos de *L. c. yerbabuena* de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas en comparación con los de Carbo, Sonora, se encontró que los

del sur nacieron con un peso menor, prácticamente desnudos, con las orejas plegadas y con el meato auditivo cerrado. Diferencias que se supone reflejan las adaptaciones locales de cada población a su ambiente; las del norte viven en un ambiente templado y de matorrales, mientras que las del sur viven en un ambiente tropical y de selva baja. Asimismo, la población de Sonora se reproduce en primavera mientras que la de Chiapas en otoño-invierno. Estos datos apoyan los resultados encontrados por Wilkinson y Fleming (1996), quienes encontraron diferencias en el DNA mitocondrial de estas poblaciones y por lo tanto la existencia de una subdivisión poblacional en *L. c. yerbabuena*.

Con relación al crecimiento, los críos de *L. c. yerbabuena* siguieron el mismo patrón reportado para otras especies de murciélagos. Se observó que las condiciones ambientales (principalmente la diferencia de temperatura) que prevalecieron en la cueva entre los dos años de estudio, tuvieron influencia en el desarrollo y velocidad de crecimiento de los neonatos, habiendo osificado la epífisis de los individuos más rápido en el año más cálido (2001) y en consecuencia el vuelo se presentó cinco días antes en comparación con los de 1998.

La variabilidad mostrada en el desarrollo y crecimiento de los juveniles de *L. c. yerbabuena* de la cueva de los Laguitos, durante 1998 y 2001 se considera que en parte es asignable a las diferencias de temperatura que prevalecieron en cada año, y no al sexo, ni al tamaño de camada. En este caso todos los ejemplares provenían de camadas de un solo crío, por lo tanto la variación debe ser asignada a otras fuentes de variación que en este estudio no se tomaron en cuenta, como son: precipitaciones, disponibilidad de alimento y cuidado maternal.

LITERATURA CITADA

Alcorn, S. M. 1962. Pollination requirements of the organpipe cactus. *Cactus Succulentus Journal*, 34:134-138.

Alcorn, S. M., McGregor y G Colin. 1961. Pollination of saguaro by doves, nectar

feeding bats and honey bees. *Science*, 133:1549-1555.

Altringham, J. D. 1998. *Bats: biology and behaviour*. Oxford University Press, GB., 262 pp.

Álvarez, T. y L. González-Quintero. 1969. Análisis polínico del contenido gástrico de murciélagos Glossophaginae de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN*, 18:137-165.

Álvarez, T., N. Sánchez-Casas y J. A. Villalpando. 1999. Registro de los movimientos de *Leptonycteris yerbabuena* en el centro de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México*, 45:9-15.

Arends, A., F. J. Bonaccorso y M. Genoud. 1995. Basal rates of metabolism of nectarivorous bats (Phyllostomidae) from a semiarid thorn forest in Venezuela. *Journal of Mammalogy*, 76(3):947-956.

Arita, H. T. y S. R. Humphrey. 1988. Revisión Taxonómica de los murciélagos magueyeros del género *Leptonycteris* (Chiroderma: Phyllostomidae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 29:1-60.

Baptista, T. L., C. S. Richardson y T. H. Kunz. 2000. Postnatal growth and age estimation in free-ranging bats: a comparison of longitudinal and cross-sectional sampling methods. *Journal of Mammalogy*, 81(3):709-718.

Basset, J. E. 1984. Litter size and postnatal growth rate in the pallid bat, *Antrozous pallidus*. *Journal of Mammalogy*, 65:317-319.

Betts, B. J. 1997. Microclimate in Hell's Canyon mines used by maternity colonies of *Myotis yumanensis*. *Journal of Mammalogy*, 78(4):1240-1250.

Burnett, C. D. y T. H. Kunz. 1982. Growth rates and age estimation in *Eptesicus fuscus* and comparison with *Myotis lucifugus*. *Journal of Mammalogy*, 63(1):33-41.

Cardoso, C. M. D. 1979. *El clima de Chiapas y Tabasco*. Universidad Autónoma de México, México, D. F. 99 pp.

Ceballos, G., T. H. Fleming, C. Chávez y J. Nassar. 1997. Population dynamics of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Jalisco, Mexico. *Journal of Mammalogy*, 78(4):1220-1230.

Cockrum, E. L. y Petryzyn. 1991. The long nosed, *Leptonycteris*: an endangered species in the southwest?. *Occasional Papers of the Museum of Texas Tech University*, 142:1-32.

De la Cruz, J. 1992. Bioecología de las cuevas de calor. *Mundos Subterráneos*, 3:7-21.

Fleming, T. H. 1993. Plant-visiting bats. *American Scientist*, 8:460-467.

Fleming, T. H., A. A. Nelson y V. M. Dalton. 1998. Roosting behavior of the lesser long-nosed bat, *Leptonycteris curasoae*. *Journal of Mammalogy*, 79(1):147-155.

Fleming, T. H., R. A. Nuñez y S. L. L. DaSilveira. 1993. Seasonal changes in the diets of migrant and non-migrant nectarivorous bats as revealed by carbon stable isotope analysis. *Oecologia*, 94:72-75.

Galindo-Galindo, C., A. Castro-Campillo, A. Salame-Méndez y J. Ramírez-Pulido. 2000. Reproductive events and organization in a colony of *Anoura geoffroyi* (Chiroptera: Phyllostomidae) from a temperate Mexican cave. *Acta Zoologica Mexicana (n.s)*, 80:51-68.

Gould, E. 1975. Neonatal vocalizations in bats of eight genera. *Journal of Mammalogy*, 56(1): 15-29.

Hall, E. R. 1981. The mammals of North America. John Wiley and Sons, NY, 2 Vols.

Hayes, J. P. y S. H. Jenkins. 1997. Individual variation in Mammalogy. *Journal of Mammalogy*, 78(2):274-293.

Heideman, P. D. 2000. Environmental regulation of reproduction. pp. 469-499. *in* Reproductive Biology of Bats. (E. G. Crichton y P. H. Krutzsch, Eds.). Academic Press.

Hill, J. A. y J. D. Smith, 1984. Bats: a natural history. University of Texas Press, Austin, USA., 243 pp.

Hoying, K. M. y T. H. Kunz. 1998. Variation in size at birth and pos-natal growth in the insectivorous bat *Pipistrellus subflavus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Journal of Zoology*, 245:15-27.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1987. Carta de uso del suelo y vegetación Villahermosa, Escala 1:250 000. INEGI, México, D. F.

Kleiman, D. G. y T. M. Davis. 1979. Ontogeny and maternal care. pp. 387-402. *in* Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae Part III. (R. J. Baker, J. K. Jones Jr. y D. C. Carter, eds.). Special Publications Museum, Texas Tech University, 16.

Koehler, C. y R. M. R. Barclay. 2000. Post-natal growth and breeding biology of the

hoary bat (*Lasiurus cinereus*). *Journal of Mammalogy*, 2000, 81(1):234-244.

Kunz, T. H. 1982. Roosting ecology of bats. *in Ecology of Bats*. (T. H. Kunz, Ed.). Plenum Press, N.Y., USA.

----- . 1987. Post-natal growth and energetics of suckling bats. pp. 395-420. *in Recent advances in the study of bats*. (M. B. Fenton, P. Racey y J. M. V. Rayner, Eds.). Cambridge University Press.

Kunz, T. H. y E. L. P. Anthony. 1982. Age estimation and post-natal growth in the bat *Myotis lucifugus*. *Journal of Mammalogy*, 63(1):23-32.

Kunz T. H. y W. R. Hood. 2000. Parental care and postnatal growth in the chiroptera. pp. 415-468. *in Reproductive Biology of Bats*. (E. G. Crichton y P. H. Krutzsch, Eds.). Academic Press.

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(3):769-783.

Kurta, A. y T. H. Kunz. 1987. Size of bats at birth and maternal investmente during pregnancy. *Symposium of the Zoological Society of London*, 57:79-106.

Martínez-Coronel, M., M. Pérez-Gutiérrez y J. R. Albores. 1996. Los murciélagos de la cueva de los laguitos: su importancia biológica y social. *Revista ICACH*, nueva época 2(1):10-18.

Martínez- Coronel M., S. Gaona, R. Vidal L. y A. Riechers. 1997. Cuevas de Chiapas: el caso de la cueva "Los Laguitos", una propuesta para su conservación. 63 Pp. *In: Memorias III Congreso Nacional sobre Areas Naturales Protegidas de México "Dr. Miguel Alvarez del Toro"*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Mayr, E. y P. Ashlock. 1991. *Principles of Systematic Zoology*, 2ª. Edición McGrawHill.

Miranda, F. 1998. La vegetación de Chiapas. 3ª Edición. Gobierno del Edo. de Chiapas. CONECULTA. 596 pp.

Miranda, F. y Hernández-X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28:29-179.

The Number Cruncher Statistical System (NCSS). 2004. ver.6.

O'Farrel, M. J. y E. H. Studier. 1973. Reproduction growth and development in *Myotis thysanodes* and *M. lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Ecology*, 54:8-30.

Orr, R. T. 1970. Development: prenatal and postnatal. 217-231 pp. in. Biology of bats. Vol. I. (W. A. Wimsatt, Ed.). Academic Press.

Porter, T. A. y G. S. Wilkinson. 2001. Birth synchrony in greater spear-nosed bats (*Phyllostomus hastatus*). Journal of Zoology London, 253:383-390.

Ortega, J. e I. Castro-Arellano. 2001. *Artibeus jamaicensis*. Mammalian Species 662:1-9.

Porter, T. A. y G. S. Wilkinson. 2001. Birth synchrony in greater apear-nosed bats (*Phyllostomus hastatus*). Journal of Zoology, London, 253:383-390.

Quiróz, D. L., M. S. Xelhuatzi y M. C. Zamora. 1986. Análisis palinológico del contenido gastrointestinal de murciélagos. Colección Científica, INAH, 51 pp.

Rajan, K. E. y G. Marimuthu. Postnatal growth and age estimation in the Indian false vampire bat (*Megaderma lyra*). Journal of Zoology London, 248:529-534.

Racey, P. A. y A. C. Entwistle. 2000. Life history and reproductive strategie of bats. pp. 364-414. in Reproductive Biology of Bats. (E. G. Crichton y P. H. Krutzsch, Eds.). Academic Press.

Riechers-Pérez, A., M. Martínez-Coronel y R. Vidal López. 2003. Consumo de polen de una colonia de maternidad de *Leptonycteris curasoae* de la cueva de los Laguitos, Chiapas, México. Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología, 74(1):53-66.

Rojas-Martínez, A., A. Valiente-Banuet, M. C. Arizmendi, A. Alcántar-Eguren y H. T. Arita. 1999. Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: does a generalizad migration pattern really exist?. Journal of Biogeography, 26:1065-1077.

Silva Taboada, G. 1979. Los Murciélagos de Cuba. Editorial Academia, La Habana, Cuba. 423 pp.

Speakman, J. R. y D. W: Thomas. 2003. Physiological ecology and energetics of bats. pp.430-490. en. Bat Ecology T. T. H. Kunz y M. B. Fenton, Eds.). The University of Chicago Press.

Stern, A. A. y T. H. Kunz. 1998. Intraspecific variation in postnatal growth in the greater spear-nosed bat. Journal of Mammalogy, 79(3):755-763.

Stern, A. A., T. H. Kunz y S. S. Bhatt. 1997. Seasonal wing loading and the ontogeny of flight in *Phyllostomus hastatus* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Journal of Mammalogy*, 78(4):1199-1209.

Tuttle, M. T. 1975. Population ecology of the gray bat (*Myotis grisescens*): factors influencing early growth and development. *Occasional Papers Museum on Natural History, University of Kansas*, 36:1-24.

Tuttle, D. T. y D. Stevenson. 1977. Variation in the cave environment and its biological implications. 108-121. en *National cave Management Symposium Proceeding* (R. Zuber, J. Vhester, S. Gilbert y D. Rhoades, eds.). Adobe Press, Albuquerque, N. M.

-----1982. Growth and survival of bats. pp. 105-150. *in The Ecology of bats* (T. H. Kunz, Ed.). Plenum Press.

Vidal-López, R. 1998. Los mamíferos de Coapilla, hiapas, México. Tesis de Licenciatura, UNICACH, 137 pp.

Wilkinson, G. S. y T. H. Fleming, 1996. Migration and evolution of lesser long-nosed bats *Leptonycteris curasoae*, inferred from mitochondrial DNA. *Molecular Ecology*, 5:329-339.

Zar, J. 1994. *Biostatistical Analysis*. 3th. Ed., Prentice Hall, 718 pp.

Zullinger, E. M., R. E. Ricklefs, K. H. Redford y G. M. Mace. 1984. Fitting sigmoidal equations to mammalian growth curves. *Journal of Mammalogy*, 65(4):607-636.

Anexo 1.- Valores de temperatura (T°C) y humedad relativa (H.R.%) promedio de cuatro sitios del interior de la cueva "Los Laguitos", Chiapas, durante 1998 y 2001. Ver la figura 2 para la ubicación de los puntos.

1998									
Fecha de Observación	Día de Observación	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
		T°C	H.R.%	T°C	H.R.%	T°C	H.R.%	T°C	H.R.%
26 de octubre	1	32.0	100	32.0	100	33.0	100	32.0	100
31 de octubre	5	32.5	100	32.5	100	33.5	100	32.0	100
5 de noviembre	10	33.5	100	33.5	100	34.0	100	32.0	100
10 de noviembre	15	34.0	100	34.0	100	34.5	100	32.0	100
15 de noviembre	20	34.0	100	34.0	100	34.5	100	32.0	100
20 de noviembre	25	34.0	100	34.0	100	34.5	100	32.0	100
25 de noviembre	30	34.0	100	34.0	100	35.0	100	32.5	100
28 de noviembre	33	34.0	100	34.0	100	35.0	100	32.5	100
2001									
24 de octubre	1	33.5	93	33.5	93	34.0	93	33.5	97
29 de octubre	5	33.5	93	33.5	93	34.0	93	33.5	97
3 de noviembre	10	34.0	90	34.0	90	34.0	93	33.5	97
9 de noviembre	15	34.0	93	34.0	93	34.0	93	33.5	97
13 de noviembre	20	34.0	93	34.0	93	34.5	93	33.5	97
18 de noviembre	25	34.0	93	34.0	93	35.0	93	34.0	97
23 de noviembre	30	34.0	97	34.0	97	35.0	93	34.0	100
28 de noviembre	35	34.0	100	34.0	100	35.0	97	34.0	100

Anexo 2.- Patrón de separación y erección de las orejas en *Leptonycteris curasoae yerbabuena* de la cueva de "Los Laguitos", Chiapas, durante 1998 y 2001.

Categoría	1998					
	Edad en días					
	1	5	10	15	20	25
I	36					
II	1	27	19	8		
III		5	13	11	6	
2001						
I	32					
II	5	24	22	15	3	
III			6	12	12	3

Anexo 3.- Patrón en la apertura de los ojos en *Leptonycteris curasoae yerbabuena* de la cueva de "Los Laguitos", Chiapas, durante 1998 y 2001.

Edad en días						
Categoría	1	5	10	15	20	25
I	10					
II	27	10				
III		5	7	17	3	
2001						
I	5			10		
II	32	5				
III		2	5		11	4

Anexo 4.- Desarrollo de la pigmentación y aparición del pelaje en los neonatos de *Leptonycteris curasoae yerbabuena* de la cueva de “Los Laguitos”, Chiapas, durante 1998 y 2001.

1998							
Categoría	Edad en Días						
	1	5	10	15	20	25	30
I	37						
II		16	5				
III		3	26	2	1		
IV				14	16	1	
V					1	8	6
2001							
I	37						
II		12	24				
III		2	6	28			
IV				2	14	10	
V							2

Anexo 5.- Desarrollo del vuelo en *Leptonycteris curasoae yerbabuena* de la cueva de “Los Laguitos”, Chiapas. Se presenta por año, por edad (en días) y sexo la categoría de vuelo en la que se ubicaron los individuos observados.

Categoría de Vuelo	1998						
	Edad en días						
	1	5	10	15	20	25	30
No Volantón	37	32	33	19	17	2	2
Semivolantón				8	7	4	
Volantón					3	8	4
2001							
No Volantón	37	24	28	21	12		
Semivolantón				12	11	5	
Volantón				2	17	9	5

Anexo 6.- Estadísticos básicos por año, categoría de edad (días) y sexo de los juveniles y hembras adultas de *Leptonycteris curasoae yerbabuena* de la cueva de "Los Laguitos", Chiapas.

1998

2001

Longitud del antebrazo

Edad	n	Media±d.e.	Mín-máx	C.V.	N	media±d.e.	min-máx	C.V.
1	37	26.21±2.27	21.87-31.00	8.65	37	27.20±1.43	23.14-29.25	5.32
5	32	29.90±2.55	24.67-34.96	8.55	24	32.12±1.64	28.71-35.87	5.12
10	33	35.01±2.69	28.50-39.80	7.68	28	37.41±2.71	29.53-40.91	7.26
15	36	39.73±2.79	33.50-44.13	7.02	35	42.09±1.99	36.15-45.52	4.75
20	27	43.37±2.39	38.80-47.61	5.52	32	45.09±2.23	37.04-49.02	4.95
25	14	46.68±2.42	41.58-50.91	5.18	14	46.39±3.70	39.57-49.56	6.62
30	6	48.61±2.56	45.17-52.23	5.70	5	48.28±2.62	44.03-50.95	5.42
35					1	52.49		
Adulto	13	55.06±1.35	52.43-57.28	2.45	29	54.85±1.65	50.12-58.63	3.00

Longitud de la epífisis metacarpo-falange del 4º dedo.

Edad	N	Media±d.e.	Mín-máx	C.V.	N	media±d.e.	min-máx	C.V.
1	37	4.59±0.32	3.87-5.24	7.08	37	3.79±0.31	3.28-4.42	8.21
5	32	5.26±0.39	4.65-6.03	7.49	24	4.29±0.33	3.77-5.17	7.71
10	33	5.74±0.42	5.02-6.74	7.31	28	4.87±0.41	3.93-5.88	8.50
15	36	6.17±0.50	5.04-7.18	8.42	35	4.75±0.34	4.18-5.47	7.26
20	27	5.96±0.45	4.92-6.86	7.69	32	4.42±0.27	3.56-5.04	6.11
25	14	5.72±0.49	5.13-6.76	8.58	14	4.11±0.34	3.39-4.46	8.49
30	6	5.37±0.60	4.71-6.28	11.30	5	3.95±0.29	3.58-4.31	7.35
					1	3.17		

Peso

Edad	N	Media±d.e.	Mín-máx	C.V.	N	media±d.e.	min-máx	C.V.
1	37	5.37±0.63	4.20-7.10	11.82	37	6.42±0.75	4.50-7.50	11.75
5	32	6.74±0.92	4.50-8.40	13.70	24	8.31±0.56	7.00-9.50	6.82
10	33	8.16±1.06	5.60-10.50	13.03	28	9.67±0.90	7.50-11.50	9.34
15	36	9.66±1.31	7.20-11.90	13.56	35	11.40±1.12	9.00-14.40	9.86
20	27	11.58±1.28	8.00-13.90	11.07	32	12.42±1.35	9.50-15.00	10.87
25	14	13.86±1.47	11.40-16.70	10.64	14	12.79±1.76	9.50-16.00	13.81
30	6	14.48±0.60	11.90-15.90	9.83	5	13.90±1.81	12.00-16.00	13.06
35					1	17.50		
Adulto		26.09±0.91	25.10-27.10	3.47	29	23.86±1.60	20.00-26.00	6.69

Anexo 7.- Resultados de la prueba de *t* de Student de la comparación entre sexos en individuos de edad conocida de *Leptonycteris curasoae yerbabuenae* de la cueva de los Laguitos, Chiapas, en dos años diferentes. Donde: **t** es el valor calculado del estadístico **t**; **g.l.** representa los grados de libertad y **p=t** es la probabilidad a la que es significativo el valor de **t**.

1998									
Edad	Antebrazo			Epífisis			Peso		
	T	g.l.	p=t	t	g.l.	p=t	t	g.l.	p=t
1	-1.62	35.9	0.11	-0.006	36.0	0.94	1.16	35.6	0.25
5	-1.62	31.6	0.11	-0.44	31.9	0.66	-0.15	31.6	0.87
10	-0.86	30.7	0.39	-0.011	32.9	0.91	1.34	32.7	0.18
15	-0.01	34.0	0.99	1.66	31.6	0.10	1.43	34.0	0.16
20	-1.34	21.1	0.19	0.97	23.6	0.34	0.58	22.8	0.56
25	-2.15	7.2	0.06	1.77	6.2	0.12	-1.57	7.9	0.15
2001									
1	-1.70	34.7	0.09	1.97	35.8	0.05	1.08	35.8	0.28
5	-1.63	21.7	0.11	-0.07	14.1	0.93	0.27	19.0	0.78
10	-1.21	25.0	0.23	0.94	24.7	0.35	-0.37	25.9	0.71
15	-0.92	31.8	0.36	3.71	31.2	0.00	1.36	32.4	0.18
20	-1.85	20.9	0.07	2.49	28.2	0.01	0.33	28.3	0.74
25	-1.85	8.9	0.09	0.89	11.8	0.38	-0.27	11.6	0.78

Anexo 8.- Resultados del análisis de varianza que se obtuvieron al comparar tres variables en individuos de edad conocida de *Leptonycteris curasoae yerbabuenae* de 1998 y 2001, de la cueva de "Los Laguitos", Chiapas. Donde: **F** representa el valor calculado del estadístico **F**; **g.l.** son los grados de libertad y **p=F** es la probabilidad a la que el valor de **F** es significativo.

Edad	Antebrazo			Epífisis			Peso		
	F	g.l.	p=F	F	g.l.	p=F	F	g.l.	p=F
1	3.35	73	0.712	117.14	73	0.0001	42.37	73	0.0001
5	13.87	55	0.0005	94.93	55	0.0001	53.54	55	0.0001
10	11.87	60	0.011	67.18	60	0.0001	34.99	60	0.0001
15	16.74	70	0.00001	181.19	70	0.0001	35.87	70	0.0001
20	8.17	58	0.005	257.24	58	0.0001	5.94	58	0.18
25	0.08	27	0.78	100.96	27	0.0001	3.03	27	0.093
30	0.05	10	0.83	22.56	10	0.001	0.36	10	0.56

Anexo 9.- Parámetros de crecimiento de los juveniles de *Leptonycteris curasoae yerbabuena* de la cueva de “Los Laguitos”, Chiapas, derivados de los modelos de crecimiento de Gompertz y logístico, aplicados a la longitud del antebrazo y al peso.

Longitud el Antebrazo

Modelo	Parámetro	1998			2001		
		Estimador	Error Estándar	Suma de Cuadrados	Estimador	Error Estándar	Suma de Cuadrados
Gompertz	Asíntota	59.94	3.92	246808.80	51.83	1.24	262602.8
	K	0.04	0.006		0.07	0.006	
	Punto de Inflexión	-2.62	0.99		-4.32	0.33	
Índice de correlación y varianza residual			r=0.94	$\sigma=6.30$		r=0.95	$\sigma=4.55$
Logístico	Asíntota	55.47	2.48	246813.40	50.39	0.96	262604.1
	K	0.07	0.007		0.10	0.007	
	Punto de Inflexión	1.21	0.08		0.95	0.03	
Índice de correlación y varianza residual			r=0.94	$\sigma=6.28$		r=0.99	$\sigma=4.55$

Peso

Modelo	Parámetro	1998			2001		
		Estimador	Error Estándar	Suma de Cuadrados	Estimador	Error Estándar	Suma de Cuadrados
Gompertz	Asíntota	20.93	2.91	15881.58	19.86	2.58	18101.49
	K	0.04	0.007		0.04	0.009	
	Punto de Inflexión	8.21	3.27		2.80	2.82	
Índice de correlación y varianza residual			r=0.92	$\sigma=1.23$		r=0.90	$\sigma=1.30$
Logístico	Asíntota	22.31	3.25	15655.3	25.17	6.90	19070.99
	K	0.06	0.007		0.04	0.93	
	Punto de Inflexión	3.29	0.55		2.58	0.009	
Índice de correlación y varianza residual			r=0.92	$\sigma=1.22$		r=0.90	$\sigma=1.26$