



13  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

PATRON REPRODUCTIVO DEL MURCIELAGO  
*Pteronotus personatus* (CHIROPTERA: Mormoopidae) EN UN  
AMBIENTE SELVA BAJA CADUCIFOLIA EN EL  
ESTADO DE PUEBLA.

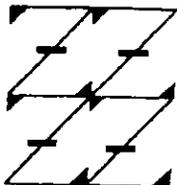
295758

T E S I S  
PARA OBTENER EL TITULO DE,  
B I O L O G O  
P R E S E N T A  
CECILIA GARCIA HERNANDEZ

U N A M  
F E S  
ZARAGOZA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE RAMIREZ PULIDO

ASESOR INTERNO: BIOL. CRISTOBAL GALINDO GALINDO



LO HUMANO EJE

DE NUESTRA REFLEXIÓN



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.

Gracias Papá por tu humildad, porque me enseñaste que uno no es más hombre por ser infalible, sino más humano y pleno al actuar con honestidad y reconocer los errores cometidos....

Gracias Papá por brindarme con tu ejemplo, la conciencia y el valorar que el único motivador real es nuestra manera de vivir, porque comprendi y comprendo que el ejemplo enrola, invita, crea la posibilidad de que otro viva, goce y produzca el deseo de crear y de amar.

Gracias Papá por decirme siempre la verdad, por hacerme sentir digno de confianza y capaz de comprenderte y comprender el mundo. Gracias por decirme tus puntos de vista, a pesar de que sabías que me enojaría, gracias por ubicarme en la "realidad", por indicarme cuando actúo en forma contraria de lo que digo.

Gracias Papá por marcarme los límites de la vida, por no darme lo que yo podía conseguir, por posibilitarme a ser independiente. Gracias por enseñarme a pescar y por no darme el pescado...

P.H.L

De igual manera a ti Madre por estar conmigo y que por poco que exprees se lo mucho que nos quieres y sé la manera tan incondicional que tienes de entregarnos lo que tienes, que siempre tendrá un valor incalculable.

Gracias Má por tus años, por tus lagrimas, por tus desvelos, por tus gritos pero sobre todo por tu cariño y tu apoyo.

## AGRADECIMIENTOS

Alguna vez leí en la tesis de un gran amigo que siempre, al finalizar un trabajo como este, en este apartado van las personas que se relacionaron con nosotros de alguna manera, a las cuales no les quito el mérito, pero que hay de las instituciones en donde tuvimos esa gran oportunidad de crecer y llegar a donde queremos.

En esta ocasión quisiera hacer una gran mención a mi casa: la UNAM, a la FEZ-Zaragoza, a la carrera de Biología; gracias también a UNIVERSUM por la oportunidad de conocer otro ramo de la ciencia: la divulgación. Ahora al final del camino sé con certeza que soy biólogo por oficio y de corazón.

Y ahora sí de manera muy particular quiero agradecer infinitamente al DR JOSÉ RAMÍREZ PULIDO, por la oportunidad de realizar este trabajo bajo su dirección, por su paciencia y su GRAN apoyo y ayuda.

Al Biol. CRISTOBAL GALINDO, por invitarme a conocer el maravilloso mundo de los murciélagos.

M. en C. GERMÁN CALVA, por ayudarme a crecer tanto profesional como personalmente...muchas personas deberían ser como usted.

A TODOS LOS PROFESORES, por ser los intermediarios dentro de mi formación profesional.

A MIS PADRES. Por darme la vida y poderlos tener aún...

A MIS AMIGOS: Gina, Francisco, Ray, Nancy, Reina, Korina, Irene, Julio, Irma, Manuel, Lupita, Fabian, por ser mis cuates en las buenas y en las malas.

AL DR. JORGE PEÑA, por ser el pilar del cual me sostuve por mucho tiempo...

A MI COLEGA Y AMIGO MARTÍN DIOSDADO, por el consejo y ayuda a la preparación de este trabajo.

A los sinodales: M. en C. Manuel Rico, M. en Bra. Judith Villavicencio, Dra. Ma. Elena Ayala por su valioso tiempo y las importantes críticas a este trabajo.

Nuestro más profundo agradecimiento a Alberto Rojas Martínez por la lectura al manuscrito y sus comentarios, sin duda alguna lo enriquecieron.

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (400200-SR29117N)

A ESE ALGUIEN SEA QUIEN SEA Y SE ENCUENTRE DONDE SE ENCUENTRE QUE  
NUNCA HA DEJADO DE VELAR POR MÍ

## DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Esto va por y para ustedes...los quiero mucho.

A MIS HERMANOS:

La esencia de las personas, la verdadera esencia se encuentra dentro de ellas y no en lo que hacen o dejan de hacer...

A MIS SOBRINOS ALAN, ROTHÉ Y M. ESTHER:

Por conservar la belleza de la niñez...y los recuerdos.

A JORGE:

Por ser el soporte de mi vida...te quiero.

A ENRIQUE GONZALEZ †:

PORQUÉ SÉ QUE ALGÚN DÍA NOS VOLVEREMOS A VER...

A MIS CUÑADOS

Por haberme tendido la mano y su corazón

A TI DIOS POR DARME LA OPORTUNIDAD DE VIVIR Y PORQUÉ QUE NUNCA ME  
DEJARÁS SOLA

A CECILIA:

SABÍA QUE LO PODÍAMOS LOGRAR...¡¡FELICIDADES!!

Hago una dedicatoria especial a la FAMILIA GONZÁLEZ por el apoyo otorgado en el momento más crítico de mi vida, principalmente a mi tía Chabe, Isabel, Mary y Lucio, así como a Mario Alberto. ¡¡GRACIAS!!

## ÍNDICE

TITULO	PAG.
❖ RESUMEN.....	1
❖ INTRODUCCIÓN.....	2
• Características diagnósticas.....	2
• Distribución y refugios.....	4
• Antecedentes.....	6
❖ LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	8
❖ JUSTIFICACIÓN.....	9
❖ OBJETIVOS.....	10
❖ MATERIAL Y MÉTODOS.....	11
❖ RESULTADOS.....	17
• Características del ambiente y del refugio.....	17
• Temperatura.....	18
• Humedad Relativa.....	20
• Patrón reproductivo en:.....	23
• Hembras.....	23
• Machos.....	25
• Tamaño poblacional.....	26
• Proporción de sexos.....	27
❖ DISCUSIÓN.....	29
❖ CONCLUSIONES.....	36
❖ LITERATURA CITADA.....	38

## RESUMEN

En la cueva Tzinacanostoc, 8.5 km al oeste de Jolalpan, 950 m, Puebla, viven permanentemente seis colonias de murciélagos de las especies *Pteronotus davyi*, *P. parnellii*, *P. personatus*, *Mormoops megalophylla* y *Leptonycteris curasoae* y sólo temporalmente *Macrotus waterhousii*. La cueva para el estudio fue dividida de manera artificial en tres cámaras a partir de la única entrada. La temperatura de cada una de las cámaras mostró diferencias significativas (ANOVA,  $F = 82.81$ ,  $P = <0.0001$ ), así como también la humedad relativa es significativamente diferente (ANOVA,  $F = 76.74$ ,  $P = <0.0001$ ). La cámara II que habitó *P. personatus* mantuvo una temperatura de 29.1° C y 93.2% de humedad relativa, los valores más altos se registraron en la III que ocupó *L. curasoae* 32.5° C y 96.4%, respectivamente. Los valores de temperatura y humedad relativas en cada cámara definen, al parecer, una segregación poblacional, lo cual se manifiesta por la presencia permanente de cada una de las colonias en su respectivo albergue. El tamaño de la colonia fue mayor de noviembre a abril y menor de mayo a agosto que es cuando los machos la abandonan por completo de junio agosto, evento que coincide con el periodo de lactancia y regresan a finales de agosto, al término de la misma para iniciar el siguiente periodo de reproducción. En general, la colonia mantuvo en promedio 1800 individuos. La proporción de sexos de diciembre a febrero fue de 1:0.6, en marzo y abril de 1:1.1 y 1:1.6, respectivamente, con relación a los machos, en mayo el número de hembras duplica el de los machos (1:2.2) y en junio-agosto sólo la habitan hembras en proporción de 0:19. En *P. personatus* la gestación sucede de marzo a junio y la lactancia de junio a septiembre siendo de tres meses la duración aproximada en cada evento. El pico de nacimientos se presentó en agosto. Los críos al nacimiento pesaron 2.4 gr, peso que equivale al 37.67 % el de la madre. Por lo tanto, *P. personatus* se caracteriza por ser una especie monoestra estacional, con un solo evento reproductivo y la gesta de una sola cría; sin embargo, se documenta el primer registro de gemelos en la especie.

## INTRODUCCIÓN

El orden Chiroptera es uno de los grupos más diversos de mamíferos que habitan en todos los continentes y se les encuentra habitualmente en cualquier ambiente terrestre y México es particularmente rico en especies de murciélagos (Medellín *et al.*, 1997). La gran diversidad de dichos organismos se manifiesta en las diversas funciones que desempeñan y se encuentran representando todos los tipos de alimentación, pero la gran mayoría se alimenta de insectos o artrópodos que son capturados en el vuelo o en la superficie del suelo y entre este grupo importante se encuentran ubicados los mormópidos (Medellín *et al.*, 1997).

La Familia Mormoopidae incluye ocho especies comprendidas en dos géneros: *Mormoops* (murciélagos cara de fantasma) y *Pteronotus* (murciélagos bigotones); de las ocho, sólo cinco se distribuyen en las zonas tropicales y subtropicales de México (Hall, 1981).

Esta familia se encuentra conformada por murciélagos que entre otras características poseen labios grandes y ornamentados con alas y pliegues cutáneos para formar un embudo cuando abren la boca, externamente el embudo está rodeado por pelo corto e hirsuto (Hall, 1981; Ceballos y Miranda, 1986; Kulzer, 1990).

### CARACTERÍSTICAS DIAGNÓSTICAS DE *PTERONOTUS PERSONATUS*

Las características distintivas de *P. personatus* de acuerdo con Sánchez-Hernández y Romero-Almaraz (1995) se resumen de la siguiente manera, orejas puntiagudas; trago largo y delgado; con una hilera de pelo en el labio superior que se asemejan a un bigote; la boca rodeada de pliegues cutáneos principalmente en la parte inferior, plagiopatagio unido al tarso y dedos más largos que el metatarso (Fig. 1).

Algunas rasgos somáticos que permiten diferenciar a *P. personatus* de las otras especies de la familia son las siguientes: *P. personatus* se diferencia de *P. davyi* y *P. gymnotus* por la membrana alar que se une en el centro de la espalda y la carencia de pelo en la parte dorsal que dan la apariencia de "espalda desnuda" en ambas especies, *P. personatus* tiene cubierta la espalda de pelo, a su vez se diferencia de *P. parnellii* porque su talla y la longitud del antebrazo es menor 64-74 mm vs. 73-102 mm y 40.8-47.4 mm vs 48.9-65.4 mm respectivamente (Hall, 1981).

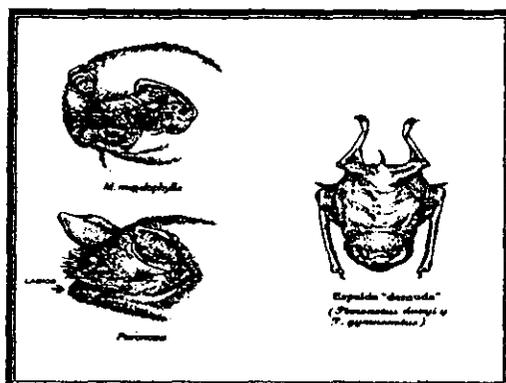


Fig. 1 Diferencias entre la familia Mormoopidae, la espalda desnuda es representativa de *P. davyi* y *P. gymnotus* (Tomado y modificado de Medellín *et al.*, 1997).

Los murciélagos del género *Pteronotus* (*P. davyi*, *P. parnellii* y *P. personatus*) presentan dos fases de coloración en el pelaje, aunque se ha especificado que este evento no depende de la edad o del sexo así como de la temporada del año (Villa-Ramírez, 1967; Sánchez-Hernández y Romero-Almaraz, 1995).

Todas las especies de la familia pertenecen al gremio alimentario insectívoro principalmente de los órdenes Lepidoptera, Coleoptera y Díptera y por ello, se les considera como agentes reguladores de poblaciones de insectos, que en su mayoría podrían constituir plagas para los cultivos del hombre (Nowak, 1991).

## DISTRIBUCIÓN Y REFUGIOS

*Pteronotus personatus* se encuentra en las regiones tropicales, en las partes bajas de la vertiente del Pacífico y del Golfo de México y por las tierras bajas penetra en las regiones tropicales del centro del país (Hall, 1981; Medellín *et al.*, 1997, Fig. 2).



Fig. 2. El área sombreada corresponde a la distribución de *Pteronotus personatus* en la República Mexicana (Medellín *et al.*, 1997).

Los refugios preferidos son básicamente las cuevas, aunque también es posible encontrarlos en minas, túneles, alcantarillas y en algunas construcciones hechas por el hombre como las casas abandonadas y campanarios de las iglesias (Villa-Ramírez, 1967). En particular a *P. personatus* se le encuentra en cuevas como refugios permanentes, ya que en estos sitios es en donde se les ha hallado con mayor frecuencia.

A los miembros de esta especie se les considera como organismos gregarios cuyas colonias llegan a superar a los 50,000 individuos (Villa-Ramírez, 1967; Bateman y Vaughan, 1974; Woloszin y Woloszin, 1982; Barbour y Davis, 1969; Nowak, 1991; Ceballos y Miranda, 1986; Nuñez *et al.*, 1981; Sánchez Hernández, 1984).

Se les ha visto compartir sus refugios con otras especies como *Macrotus waterhousii*, *Pteronotus parnellii*, *P. davyi*, *Mormoops megalophylla*, *Leptonycteris*

*curasoe* y *Desmodus rotundus* (Ceballos *et al.*, 1997). Sánchez-Hernández y Romero-Almaraz (1995) la han encontrado asociada con *Carollia brevicauda*, *Sturnira lilium*, *Artibeus intermedius*, *A. lituratus*, *A. phaeotis* y *Centurio senex* en Tabasco.

En la Cueva Tzinacanostoc comparte el refugio con *Pteronotus davyi*, *P. parnellii*, *Mormoops megalophylla* y *Macrotus waterhousii*, todas las colonias están separadas y sólo la *P. davyi* está muy próxima a la de *P. personatus* y en una cámara vecina hay una colonia de *Leptonycteris curasoe*.

Al igual que otras especies de murciélagos, *P. personatus* hace una selección muy estrecha del hábitat, ocupa las partes más altas y profundas de los refugios (Galindo-Galindo *et al.*, 2000). Requiere de áreas con temperatura y la humedad relativa altas, poco ventiladas y con baja oscilación en la temperatura.

El conocimiento de la temperatura, humedad relativa, oscuridad y corrientes de aire de los refugios que habitan son parámetros desconocidos; sin embargo, estudios experimentales de Bonaccorso *et al.* (1992), en los que se incluye a esta especie, indican que en temperaturas menores a 15° C, algunas especies, son capaces de entrar en estado de letargo para mantener la temperatura corporal con bajo gasto metabólico, aunque esto no sucede con *P. personatus*.

Villa-Ramírez (1967) menciona que la temperatura y la humedad relativa son factores insuficientes para explicar por sí solos la selección del refugio en diversas especies, pero no aporta otros argumentos. La posición de Kunz (1982) es diferente, señala que los murciélagos pasan la mitad de su vida sujetos a la presión selectiva del refugio y por tanto, las condiciones y eventos asociados a éste juegan un papel importante en su ecología y evolución. Aunque explícitamente no lo menciona, este argumento se hace extensivo al papel que desempeñan la temperatura y la humedad en la selección del refugio.

De acuerdo con Villa-Ramírez (1967) la mayoría de los mormópidos se encuentran en cuevas cuya humedad fluctúa entre 80 y 90%. Con base en lo anterior, los refugios con registros de humedad inferior, son poco susceptibles para ser habitadas por *P. personatus*.

La temperatura se considera como un factor limitante en la distribución de los murciélagos (Kunz, 1982). Algunas especies que seleccionan refugios externos como follaje, troncos huecos y el envés de hojas, se acoplan a la temperatura del medio ambiente (Gaisler, 1970); sin embargo, los mormópidos no ocupan este tipo de refugios ya que es frecuente encontrarlos en cuevas, aún con temperaturas de 15° C en invierno y 26° C en verano con fluctuaciones de casi 2° C (Villa-Ramírez, 1967).

En general la oscuridad para los murciélagos cavernícolas es un factor importante en la selección del refugio y las congregaciones más numerosas se encuentran en las zonas más oscuras del microhábitat (Kowalski, 1981).

## ANTECEDENTES

La información concerniente a aspectos biológicos y en particular acerca de la condición reproductora de la especie es escasa en la literatura y las más de las veces procede de ejemplares de museo y de registros de campo, entre los cuales están los de Jones (1966), López *et al.* (1971), Jones *et al.* (1972), Bateman y Vaughan (1974). La información de Sánchez-Hernández y Romero-Almaraz (1995) ya proporciona un patrón más completo y específico para *P. personatus* de Tabasco.

Janzen y Schoener (1968) mencionan que la disponibilidad estacional del alimento en las zonas templadas es determinante para mantener condición reproductora monoestra estacional. En cambio en los murciélagos de zonas tropicales, independientemente del gremio alimenticio al que pertenezcan, son básicamente poliestros en sus diferentes

modalidades (Beck y Lim, 1973). La posición de Fleming (1971, 1973) va en la misma dirección al señalar que en los murciélagos de latitudes templadas predomina la condición monoestacional, pero también algunas especies de zonas tropicales lo presentan.

Un panorama de algunos aspectos inherentes a la biología de especies tropicales aparece en el trabajo de Ceballos *et al.* (1997); sin embargo, como la de *Pteronotus personatus* es poco conocida, la presencia de una colonia permanente en la cueva Tzinacanostoc permitió analizar los principales eventos reproductivos a lo largo de un ciclo anual y para ello, en este trabajo se dan a conocer el patrón reproductivo y los eventos asociados, el tamaño de la población y la proporción de sexos. Además, se obtuvo información sobre la temperatura y humedad del refugio.

### LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La cueva se conoce localmente con el nombre de "Tzinacanostoc" (Cueva de Murciélagos), se encuentra en el municipio de Jolalpan en el suroeste del Estado de Puebla, se ubica a 8.5 km al Oeste de Jolalpan, 950 m, a los 18° 21' 15" N y 98° 53' 30" W (Fig. 3).

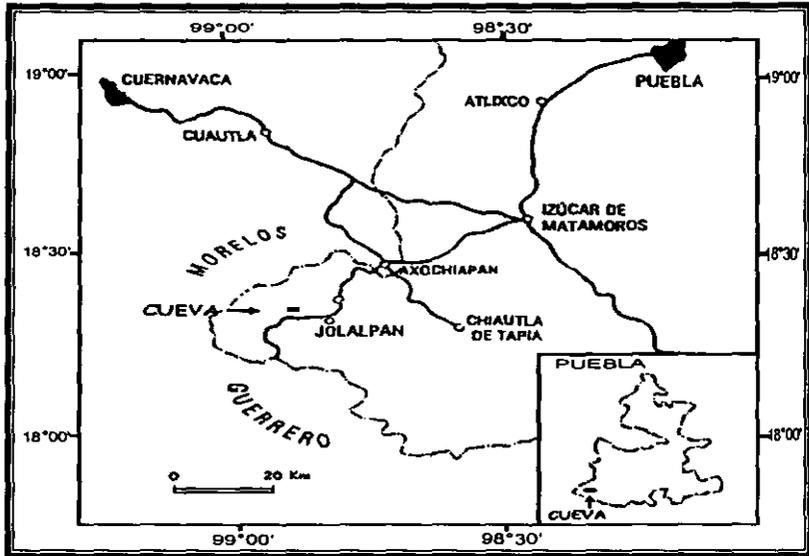


Fig. 3. Mapa índice y regional de la localización geográfica del área de estudio.

La vegetación predominante del área de estudio es selva baja caducifolia con predominio de especies de las familias *Burseraceae*, *Convolvulaceae*, *Compositae* y *Leguminosae*, también son frecuentes las cactáceas columnares y candelabriformes, sobre todo en las partes más secas (Rzedowski, 1978). Al noroeste de la cueva se aprecian grandes extensiones de áreas de cultivo de temporal y una zona de pastizal inducido.

El área circundante a la cueva es vegetación de tipo secundario como resultado de la explotación para la obtención de leña, quema para inducir el crecimiento de pastos e introducir ganado, desmontes para actividades agrícolas que la experiencia local ha

demostrado que son poco productivas por la carencia de agua y por la naturaleza pedregosa del suelo (INEGI, 1987).

Desde el punto de vista fisiográfico la cueva se localiza en la Provincia de la Sierra Madre del Sur, considerada como una de las más complejas y menos conocidas del país y dentro de la Subprovincia de las Llanuras Morelenses. Esta subprovincia está constituida por una llanura amplia que se extiende desde el noroeste de Cuautla, Morelos, hasta Huehuetlán el Chico, Puebla (INEGI, 1987).

El clima corresponde al cálido subhúmedo con lluvias predominantes en verano [Aw" o (w)(I)g], con precipitación anual no mayor de 800 mm, la temperatura media del mes más frío es menor de 18° C, en tanto que la diferencia del mes más caliente y el más frío se encuentra entre los 5 y 7° C (García, 1973).

### JUSTIFICACIÓN

Gran parte de la información acerca de los ciclos reproductivos de los murciélagos tropicales se obtiene de manera generalizada y, para un grupo en particular es más difícil, ya que se han encontrado variaciones al nivel de familia, de género e incluso dentro de una misma especie, probablemente influenciado por la situación latitudinal en que se distribuyen (Kunz, 1982). En general, es poco lo que se conoce sobre las estrategias reproductivas en murciélagos mexicanos y en especial sobre *Pteronotus personatus*.

Los reportes existentes sobre algunos periodos reproductivos proceden, en la mayoría de los casos, de muestreos ocasionales o bien de datos procedentes de etiquetas museográficas, por lo que es evidente que no hay una continuidad de la periodicidad que permita establecer con claridad los eventos reproductivos (gestación, lactancia y postlactancia) de estos murciélagos.

Aunado a esta información, se desconocen los factores ambientales que prevalecen en los refugios (luz, temperatura y humedad relativa), ya que no han sido cuantificados para esta especie, fiel reflejo del escaso interés que existe por los mastozoólogos mexicanos en reconocer aspectos biológicos-ecológicos de dichas especies.

Por lo anterior, el conocer el comportamiento biológico de algunos organismos en particular, no significa que se ha logrado el conocimiento total ya que como se sabe, las especies no son entidades fijas sino que varían en tiempo y espacio, reducen o amplían su área de distribución por lo que el conocimiento que se genere en un área dada puede variar por diferentes factores. Sin olvidar el impacto que el hombre ejerce sobre las comunidades.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- ❖ 1.- Establecer el patrón reproductivo, algunos aspectos de dinámica poblacional y las características físicas que prevalecen en el refugio ocupado por la colonia del murciélago *Pteronotus personatus* a lo largo de un año.

### **Particulares**

- ❖ 1.- Identificar los eventos reproductivos de gestación, lactancia y postlactancia.
- ❖ 2.- Conocer los atributos de la población referentes al tamaño y proporción de sexos.
- ❖ 3.- Reconocer las características estructurales del refugio y los parámetros físicos de temperatura y humedad relativa.

## MATERIAL Y MÉTODOS

La cueva "Tzinacanostoc" fue visitada tres días mensualmente de enero a diciembre de 1998. Para confirmar algunas observaciones y toma de fotografías, se realizaron cuatro salidas adicionales de dos días de duración cada una en los primeros meses de 1999, en total se invirtieron 44 días de trabajo de campo efectivo.

Para la clasificación de las diversas áreas de la cueva se siguió el criterio de Hoffman *et al.* (1986), quienes señalan que los refugios se pueden regionalizar de acuerdo con la intensidad de luz en su interior y en general, se pueden identificar tres áreas, una de luz, una de penumbra y una de oscuridad. Es preciso señalar que esta división adolece de fallas evidentes; primero, tiene un componente subjetivo elevado porque depende fuertemente de la capacidad visual del observador y segundo, porque la terminología empleada no refleja con precisión las condiciones de luz que prevalecen en el interior. En este trabajo se aplicó el criterio de Hoffman *et al.* (1986), pero fue complementado considerando tres elementos fundamentales, como las especies de murciélagos que habitan cada zona, los factores físicos (la temperatura imperante y la humedad) y la morfología del refugio.

La cueva fue medida en su totalidad y se obtuvo la longitud total, la altura y el ancho y para el caso se utilizó una cinta métrica marca Truper de 50 m de longitud.

La cueva, se dividió en tres cámaras y para ello se tomó en consideración las formaciones o cambios estructurales de la bóveda y la variación de la temperatura, sensiblemente diferente en cada una de ellas. La demarcación del refugio permitió establecer puntos de referencia para los instrumentos de medición de la temperatura y la humedad relativa.

En cada una de las cámaras se colocó un termómetro Marca Brannan de -10 a 160° C, que quedaron fijos en el extremo de una pértiga de 4 - 6 m de longitud. Los

registros de temperatura se obtuvieron en horarios constantes (0900, 1400 y 1900 hrs) los tres días de trabajo. Al final se obtuvo el promedio para cada cámara y el promedio general del refugio.

La humedad relativa se cuantificó con ayuda de higrómetros Marca Taylor que se colocaron en la pértiga en donde se instalaron los termómetros. Los registros coincidieron con los horarios de medición de la temperatura y al igual que en el caso anterior, al final se obtuvo el promedio para cada cámara y uno global para el refugio.

En los recorridos por el interior de la cueva se realizaron observaciones de filtraciones o escurrimientos de agua en las paredes y techo, así como de los derrumbes en el interior del refugio.

Para delimitar el lugar exacto que ocupaba la colonia de *P. personatus*, en el piso de la cueva se marcaron cuadrantes de 2 x 2 m exactamente debajo de la misma y se recolectó material óseo, en particular los cráneos para su identificación correspondiente. Material que está depositado en la Colección de Mamíferos de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Para determinar el número de individuos que formaban la colonia de *Pteronotus personatus* y evitar en lo posible perturbar la población por las observaciones directas y por las capturas ocasionales, utilizamos la toma de fotografías. El conteo directo de los murciélagos se realizó en campo fotográfico al contar el número de individuos en cinco cuadros identificados, para tal caso el trabajo se realizó sólo el primer día de trabajo, en horario constante (1400 h) y siempre por el mismo observador. Las fotografías se tomaron en los cuadrantes donde se identificaron los restos óseos de *P. personatus*.

Una vez que se identificó el tamaño y posición de la colonia, en una etapa previa a la realización de este trabajo, se calculó el área ocupada por la colonia y una noche después de que esta abandonó el refugio, se colocaron estacas pintadas de amarillo fluorescente en

varios puntos para señalar cuadrantes de  $1 \text{ m}^2$  cada uno, con el objeto de que aunque hubiese desplazamientos de la colonia siempre se pudiera realizar el conteo en al menos cinco cuadrantes. De esta manera, la cuadrícula en el área real o potencialmente ocupada quedó identificada para realizar las observaciones y los conteos por métodos fotográficos. Posteriormente, utilizando las fotografías se contó el número de murciélagos que había en cada uno de los cuadrantes seleccionados y el promedio de los cinco se extrapoló a los  $70 \text{ m}^2$ , ocupados por la colonia. Con lo anterior se determinó el total aproximado de individuos en la colonia.

Para tomar las fotografías se utilizaron dos lámparas de halógeno cuya luz fue atenuada fuertemente con filtros de color rojo y con ello se evitó alterar la colonia. Una vez que los murciélagos se acostumbraron a esta iluminación, se permaneció dentro de la cueva menos de una hora, tiempo necesario para obtener fotografías y las anotaciones pertinentes. Cabe mencionar que las fotografías fueron tomadas teniendo como base la cuadrícula más abundante de cráneos de la especie de estudio.

Para determinar la proporción de sexos, en las otras dos noches del muestreo se recolectaron murciélagos a 50 m de la entrada de la cueva y para ello se utilizaron  $2592 \text{ m}^2$  de red ornitológica (mist net). Las redes se colocaron desde antes del ocaso y permanecieron extendidas durante dos horas. Todos los murciélagos capturados fueron identificados taxonómicamente, medidos, pesados, marcados con bandas numeradas y se les identificó el sexo. Al final, la mayoría de ellos fueron liberados.

En algunas ocasiones se realizaron capturas en el interior de la cueva cuando la colonia estaba en reposo y para ello se utilizaron dos redes entomológicas de 50 cm de diámetro. Esta recolección se efectuó en el horario del registro de temperatura y humedad relativa.

Independientemente del método de captura utilizado, a cada ejemplar se le registraron las medidas corporales de longitud total (L. T.), longitud del antebrazo (L. A.), longitud de la cola vertebral (L. C), longitud de la pata (L. P.), longitud de la oreja (L. O.) y

el peso (Fig. 4). Para la medición se utilizó un calibrador de plástico marca Helios y para el peso se empleó una balanza digital de precisión marca Ohaus, con aproximación de 0.001 gr.

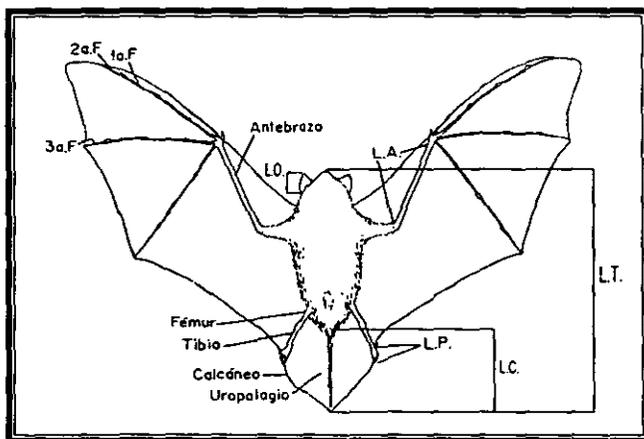


Fig. 4. Morfología del murciélago mostrando las mediciones generales realizadas a cada ejemplar, 1ª, 2ª y 3ª F: 1ª, 2ª y 3ª falanges, L. O.: Longitud de la oreja, L. A.: Long. del antebrazo, L. P.: Long. de la pata, L. C.: Long. de la cola, L. T.: Long. total (Tomado y modificado de Sánchez-Hernández y Romero-Almaraz, 1995).

Para calificar la edad se siguió el criterio de Kunz y Anthony (1982) quienes consideran el grado de osificación de las falanges, el tamaño de antebrazo, la combinación de la coloración del pelo y el peso. Con estos elementos los murciélagos fueron clasificados en adultos y juveniles, tomando en consideración solo los adultos.

Para la condición reproductiva de las hembras se examinaron los genitales externos, se palpó el bajo vientre y se realizó la observación por medio del estereoscopio. Con estos elementos se reconocen los siguientes estadios.

- ❖ **Preñez.-** se determinó por palpación del bajo vientre y dependiendo del volumen se clasificaron en preñez evidente, mediana y avanzada. Cuando se tuvo duda de esta condición se hicieron disecciones y observaciones microscópicas.

- ❖ **Lactantes.-** alopecia alrededor del pezón y secreción de leche con ligera presión.
- ❖ **Poslactantes.-** las hembras con alopecia en el pezón, pero sin secreción de leche.
- ❖ **Anestro.-** cuando no presentaban ninguno de los estados anteriores.

Con la finalidad de observar el transcurso de la gestación se pesaron las crías para observar el proceso de crecimiento de los embriones.

En los machos se midió el diámetro de los testículos, para verificar su crecimiento durante la etapa reproductiva, proceso que se llevó a cabo con la ayuda de un vernier marca Scala. Como nunca se observaron individuos con testículos escrotados, fue necesario sacrificar algunos de ellos para obtener las medidas correspondientes.

Es importante mencionar que los organismos disectados fueron tomados al azar, es decir, los murciélagos que morían en el momento de captura eran sacrificados así como cuando en algunas ocasiones no parecía ninguno entonces se procedía al sacrificio de estos ya fueran hembras o machos.

Al término de cada sesión los ejemplares no sacrificados fueron liberados, anteriormente se les dio el trato convencional de medición y marcaje con bandas de aluminio de numeración secuencial; en el caso de los machos las bandas se ubicaron en el antebrazo derecho y para las hembras en el izquierdo. En ocasiones se transportaron algunos individuos al laboratorio para las preparaciones posteriores de taxidermia, clasificación y almacenamiento. Los ejemplares sacrificados fueron preservados en OH-70% y quedaron depositados en el Museo de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, UNAM.

Los datos de temperatura y humedad relativa se utilizaron para saber si había diferencias significativas entre las cámaras que conforman a la cueva, como se mencionó

anteriormente, los valores obtenidos son por cámara y por mes de visita a la zona de estudio. Los resultados obtenidos especificaran las características necesarias para la sobrevivencia de la especie en este sitio, ya que algunos autores mencionan datos específicos de temperatura y humedad en los refugios ocupados por *P. personatus*.

Los valores individuales de temperatura y humedad relativa fueron analizados con los programas GraphPad (Motulsky, 1999) y SYSTAT (2000) y para calcular las diferencias, en todos los casos, se utilizó un análisis de varianza para una vía (ONE WAY-ANOVA) y la prueba de comparación múltiple de Bonferroni.

La prueba de Bonferroni calculará la significancia que pueda existir entre las cámaras de la cueva, de acuerdo a los valores de temperatura y humedad relativa y potencialmente podría proporcionar los valores de  $P > 0.05$ ,  $< 0.05$ ,  $< 0.01$  o  $< 0.001$ , siendo esta una prueba de corrección.

La prueba de Mann-Whitney se utilizará para el caso de abundancia de hembras en la cueva durante el año de investigación, ya que se aprecia un aumento de individuos en dos épocas distintas del año.

## RESULTADOS

### CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE Y DEL REFUGIO

La cueva es una formación natural profunda con una sola entrada, tiene una profundidad de más de 20 m. La entrada tiene una pendiente de 18°. El sendero que conduce a la entrada principal está rodeado por una gran diversidad de arbustos, hierbas y árboles de poca altura del género *Bursera* sp. principalmente. El camino que conduce a la entrada es accidentado y el acceso es difícil para el hombre.

La cueva tienen una longitud aproximada de 230 m, su entrada es de 20 m de alto y 26 m de ancho. Presenta tres cámaras claramente distinguibles por su conformación, por las poblaciones de murciélagos que las habitan y por los valores de temperatura y humedad relativa que prevalecen en cada una de ellas a lo largo del año (Fig. 5).

La primera cámara (I) tiene una altura de 9 m, 25 m de ancho y 126 m de largo. La cámara no estuvo ocupada por murciélagos. Los escurrimientos por las paredes y techo son frecuentes en julio y agosto, meses de mayor precipitación en la época de lluvias y son más abundantes en los primeros 30 metros.

La segunda cámara (II) se inicia a partir de los 126 m y sus dimensiones son de 35 de alto, 48 de ancho y 64 m de largo. Esta cámara es donde se encontró la colonia de *Pteronotus personatus* y se pudo observar y confirmar que, además de ella, estaba ocupada por las colonias de *Pteronotus davyi*, *P. parnellii*, *Mormoops megalophylla* y de *Macrotus waterhousii*, especies con las que se le ha visto compartir su refugio en otros lugares.

La tercera cámara (III) comienza a los 190 m, tiene 25 m de altura, 39 m de ancho y 40 m de longitud, es la última y forma una estructura cóncava, esta cámara es en donde se concentra la mayor cantidad de calor. Se caracteriza por ser un espacio amplio y en donde se aloja una colonia permanente de *Leptonycteris curasoae* formada por varios miles de

individuos y que sin duda alguna, supera y por mucho el tamaño de las otras especies con las que comparte la cueva ubicadas en la cámara II.

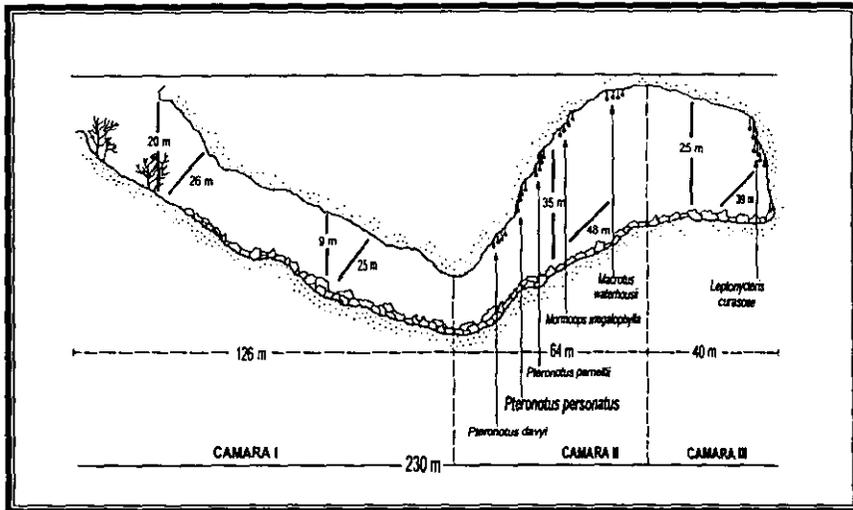


Fig. 5. Dimensiones de las cámaras (I, II y III) y distribución espacial semiesquemática de seis especies de murciélagos que habitan en la cueva Tzinacanostoc, Jolapan, Puebla, México.

El piso de la cueva lo forman una concentración abundante de rocas de diverso tamaño, peso y textura, mismas que llegan a formar pequeñas oquedades en el suelo, hecho que se acentúa en la Cámara III, en donde se llegan a formar zanjas de varios metros de profundidad. En el piso de las cámaras II y III se concentra guano en gran cantidad que se incrementa hacia el final de la cueva.

### TEMPERATURA

Por la morfología de la cueva, los rayos solares no penetran más allá de los 30 m de profundidad en cualquier época del año por una parte y por la otra, debido a la profundidad de la cueva en general, los valores de la temperatura interior, no guardan relación con los del exterior.

La Cámara I presentó  $\bar{X} = 25.4^{\circ}\text{C}$  a lo largo del año. Los meses con la temperatura más alta fueron de junio a agosto ( $\bar{X} = 27.2^{\circ}\text{C}$ ) y la más baja en enero y febrero ( $\bar{X} = 23.65^{\circ}\text{C}$ ). La diferencia entre el mes más cálido (junio) y el más frío (enero) fue de  $3.9^{\circ}\text{C}$  (Fig. 6).

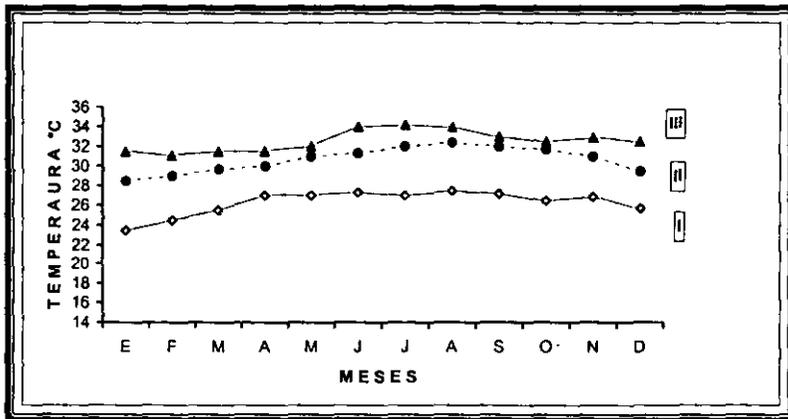


Fig. 6. Variaciones de la temperatura media mensual en las tres cámaras de la cueva Tzinacanostoc, Jolalpan, Puebla, México.

La Cámara II, en donde está la colonia de *Pteronotus personatus* presentó  $29.1^{\circ}\text{C}$  de temperatura media anual, los valores de los meses más altos fueron de junio a agosto ( $31.1^{\circ}\text{C}$ ) y el más bajo en enero ( $26.5^{\circ}\text{C}$ ), con una diferencia de  $4.6^{\circ}\text{C}$ . La Cámara III registró la temperatura más alta con  $\bar{X} = 32.5^{\circ}\text{C}$ , los valores altos se concentraron en julio y agosto ( $\bar{X} = 34.1^{\circ}\text{C}$ ) y el más bajo en enero ( $30.8^{\circ}\text{C}$ ) con diferencia de  $3.4^{\circ}\text{C}$ .

La temperatura de las cámaras presentó diferencias significativas a lo largo del ciclo anual (ANOVA,  $F = 82.81$ ,  $P = <0.0001$ ) y la comparación múltiple de Bonferroni confirma la diferencia existente entre cada una de ellas (I vs II y I vs III  $P = <0.001$  y II vs III,  $P > 0.01$ ).

## HUMEDAD RELATIVA

La Figura 7 muestra el comportamiento del porcentaje de humedad relativa a lo largo del año, la media anual de la Cámara I fue de 88.25%, de mayo a agosto se registraron los valores más altos (90%) y los más bajos de diciembre a enero (86.0%).

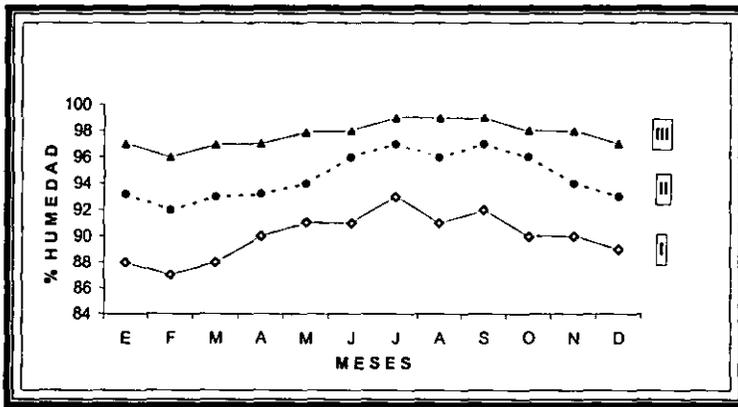


Fig. 7. Humedad relativa en las tres cámaras de la cueva Tzinacanostoc, Jolalpan, Puebla, México a lo largo de un ciclo anual.

En la Cámara II el promedio de humedad a lo largo del ciclo anual fue de 93.2% y al igual que la temperatura, los valores más elevados se registraron en julio y agosto ( $\bar{X} = 95.35\%$ ) y los menores de diciembre a febrero ( $\bar{X} = 91.33\%$ ) y por último en la Cámara III se registró el  $\bar{X} = 96.4\%$ , el mes con el valor más alto correspondió a julio con el 98% y el menor a febrero con el 95%.

En la Cámara I la temperatura ( $\bar{X} = 25.4^\circ \text{C}$ ) y de humedad relativa (88.3%) fueron los datos menores de la cueva, debido a la comunicación con el exterior en donde los rayos del sol, la lluvia y las corrientes de aire influyen en el registro. Cabe mencionar que la entrada de la cueva sufre de desprendimientos de roca con lo cual, se va reduciendo en espacio y aumenta la cantidad de luz que penetra (Fig. 8).

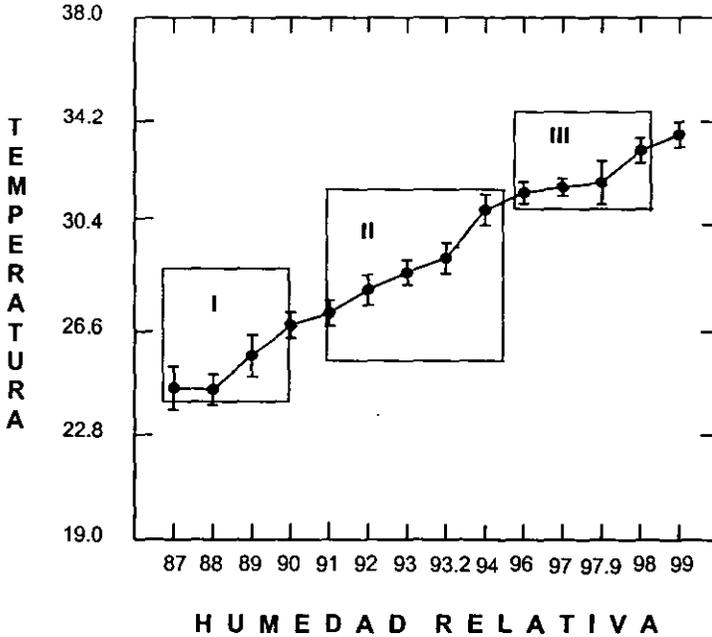


Fig. 8. Relación de temperatura y humedad relativa en las tres cámaras que conforman la cueva Tzinacanostoc, Jolalpan, Puebla, México, a lo largo de un ciclo anual.

Los registros van en aumento conforme se adentra a la cueva así los valores de temperatura y humedad se incrementan en la Cámara II ( $\bar{X} = 29.1^{\circ}\text{C}$  y 93.2%), en donde habita la mayoría de las colonias de murciélagos. Además, como en el piso se concentra gran cantidad de materia orgánica en descomposición la producción de calor aumenta y no se dispersa por la distancia que media entre la entrada y la cámara. La misma estructura de la cueva evita la circulación del aire y favorece la concentración de calor y de humedad. El piso de esta cámara es muy accidentado por la acumulación de rocas producto del desprendimiento del techo, proceso que aumenta durante el periodo de lluvias.

En la Cámara III se registraron los valores de temperatura y humedad más elevados de toda la cueva ( $\bar{X} = 32.5^\circ \text{C}$  y 96.4%), las mismas características físicas son factor determinante para ello, es la parte más angosta, la de menor longitud y la de mayor altitud. Por otra parte, es en donde se concentra la colonia permanente de *Leptoncyteris curasoe* que llega a tener hasta 20,000 individuos en una época del año y por lo tanto, los procesos de descomposición de la materia orgánica, la lejanía con el exterior y la mínima circulación del aire colaboran al incremento y concentración de calor y humedad, propicio para el desarrollo y supervivencia de la especie que la ocupan.

La humedad relativa de las cámaras presentó diferencias significativas a lo largo del ciclo anual (ANOVA,  $F = 76.74$ ,  $P = <0.0001$ ) y la comparación múltiple de confirma la diferencia que existe entre cada una de ellas (I vs II, I vs III y II vs III,  $P > 0.001$ ).

Las estaciones del año aunque no son significativas en las regiones tropicales, sí son lo suficientemente marcadas para determinar que los valores menores corresponden al invierno con temperatura no inferior a  $\bar{X} = 23^\circ \text{C}$  y por el contrario, los meses más cálidos y húmedos corresponden a los del verano, que es cuando se llega a temperaturas cercanas a los  $35^\circ \text{C}$ . Sin embargo, la temperatura media anual para toda la cueva fue de  $29.1^\circ \text{C}$  y 92.2% de humedad relativa, valores muy elevados que característica de los climas cálido húmedos.

## PATRÓN REPRODUCTIVO EN *PTERONOTUS PERSONATUS*

**Hembras.** - En marzo ( $n = 26$ ), mayo ( $n = 26$ ) y octubre ( $n = 25$ ) se capturó el 32% de la muestra examinada ( $n = 239$  total). En enero ninguna de las hembras ( $n = 15$ ) presentó evidencia de preñez, esta condición se confirmó con el examen microscópico de seis que fueron transportadas al laboratorio para su exploración. Por el hecho de presentar esta condición, el periodo se identificó como anestro. Aunque es pertinente señalar que en estas hembras se incrementó la cantidad de grasa en las regiones pélvica y torácica.

En las hembras de febrero ( $n = 14$ ) la capa de grasa había aumentado en grosor y extensión; además, como el análisis microscópico del útero no reveló implantación embrionaria, por este hecho se pudo haber considerado que aún se encontraban en la fase de anestro; sin embargo, como el 85.7% de las hembras examinadas tenían los labios vaginales inflamados, turgentes y de coloración rojiza, es probable que en este momento hayan entrado a la fase correspondiente al estro.

A principios de marzo se observan cambios importantes, en el 23.1% de las hembras ( $n = 26$ ) examinadas el vientre había aumentado de volumen, la disección del 30.8% de ellas ( $n = 8$ ), confirmó el estado de preñez, en esta etapa el peso de los embriones fue de  $\bar{X} = 0.55$  gr ( $n = 5$ ), el resto de las hembras (69.2%) tenían las mismas características que las de febrero (Fig. 9).

En abril, el 100 % de las hembras capturadas ( $n = 18$ ) estaban preñadas. El peso de los embriones fue de  $\bar{X} = 0.88$  gr ( $n = 6$ ) y el de las madres fue de 6.9 gr.

En mayo todas las hembras ( $n = 26$ ) estaban preñadas (100%), en el 35% la gestación era incipiente y en el 65% la gestación estaba avanzada. El peso de las hembras fue de  $\bar{X} = 7.8$  gr y el de los embriones de  $\bar{X} = 1.2$  gr ( $n = 7$ ).

El total del peso de los embriones se encuentra registrado en la Figura 9, en el que se puede observar el crecimiento durante un año de investigación en la especie *Pteronotus personatus*.

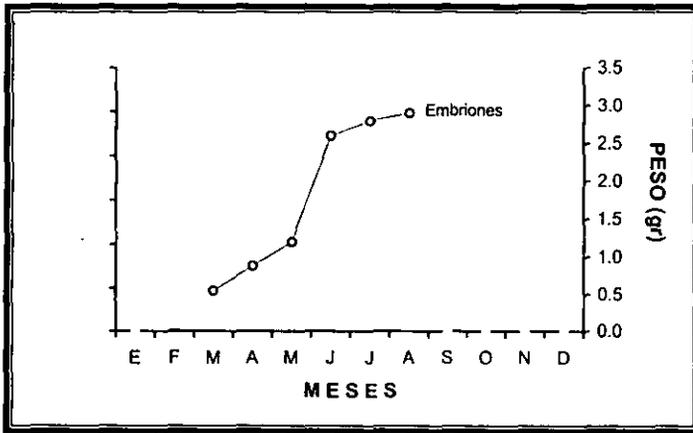


Fig. 9. Peso de los embriones registrados durante un año en la cueva Tzinacanostoc.

En junio el 90% de las hembras habían entrado en la fase avanzada de preñez ( $n = 15$ ). El peso de las hembras fue de  $\bar{X} = 8.4$  gr y el de los embriones de  $\bar{X} = 2.14$  gr ( $n = 5$ ). A principios de este mes comienzan los nacimientos y con esto se inicia el periodo de lactancia. Los críos al nacimiento pesan 2.4 gr. Como la gestación termina en la segunda mitad de junio (Fig. 10) y la lactancia se prolonga hasta principios de septiembre; es probable que tanto el periodo de gestación como el de la lactancia sean de tres meses de duración.

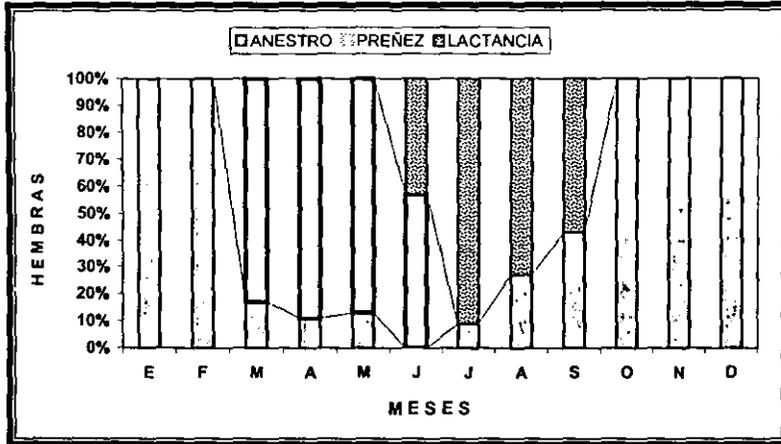


Fig. 10.- Patrón reproductivo estimado de *Pteronotus personatus* a lo largo de un ciclo anual, en la cueva Tzinacanostoc, Jolalpan, Puebla, México. Las líneas que separan las columnas indican las etapas del proceso de inactividad, gestación y lactancia.

**Machos.**- En enero el diámetro de los testículos fue de 1.2 mm ( $n = 8$ ), en febrero de 1.8 mm ( $n = 12$ ) y a partir de aquí se observa un crecimiento progresivo que se prolongó hasta mayo para alcanzar  $\bar{X} = 2.6$  mm de diámetro ( $n = 42$ ).

En septiembre, octubre, noviembre y diciembre el tamaño testicular decrece considerablemente y se llega al diámetro que se tenía a principios del año ( $\bar{X} = 1.2$  mm,  $n = 53$ ). De junio, julio y agosto no hay información porque los machos abandonan la colonia, época que corresponde a la lactancia (Fig. 11).

La Figura 11 presenta el crecimiento testicular de los machos durante el inicio de actividad reproductiva y, como se puede observar con la figura anterior, el peso de las crías puede servir para correlacionar el inicio de la gestación de dicha actividad conforme aumenta el diámetro testicular lo que sería un indicativo de la receptividad de las hembras.

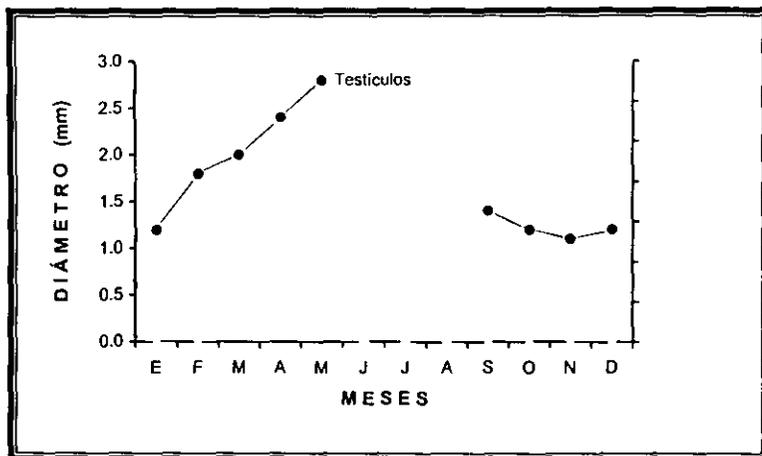


Fig. 11.- Diámetro (mm) de los testículos de machos adultos y el peso (gr) de los embriones de las hembras de *Pteronotus personatus* de la cueva Tzinacanostoc, Jolalpan, Puebla, México, a lo largo de un ciclo anual.

Se revisaron un total de 200 individuos donde 42 (de 164) fueron los que se consideraron para la revisión puesto que contaban con las características establecidas de peso (5.7 – 6.0 gr en promedio) y grado de osificación de falanges ya que al examinarlos las articulaciones estaban formadas casi en su totalidad.

### TAMAÑO POBLACIONAL

El tamaño de la colonia es mayor en los meses de noviembre a abril, época de sequía en la zona de estudio, en contraste el menor coincide con el final de la temporada seca y principio de la de lluvias (mayo a agosto). En mayo el número de machos en la colonia disminuyó considerablemente, en junio los machos abandonaron la cueva por completo. Esta situación coincidió con el comienzo del periodo de lactancia para los nuevos críos que se sumaron a la colonia.

De septiembre a octubre el tamaño de la colonia aumentó por los nacimientos y por la reincorporación de los machos y el número de hembras y machos adultos se restablece (Fig. 12).

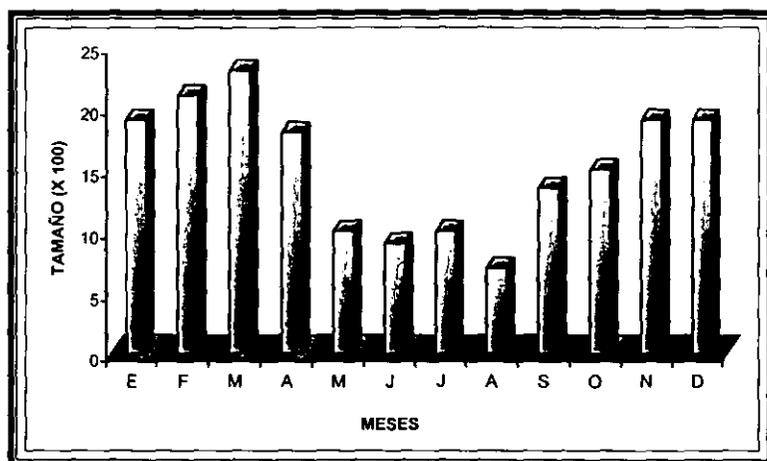


Fig. 12- Tamaño poblacional estimado de *P. personatus* a lo largo de un ciclo anual, en la cueva Tzinacanostoc, Jolalpan, Puebla, México.

### PROPORCIÓN DE SEXOS

De diciembre a febrero el número de machos supera al de las hembras en proporción de 1:0.6, pero en marzo y abril la proporción se incrementa a 1:1.1 y 1:1.6, respectivamente. En mayo el número de hembras duplica al de los machos (1:2.2). De junio a agosto, como los machos han abandonado la colonia, las hembras están en relación de  $\bar{X} = 19$  (0:22, 0:18 y 0:17, respectivamente). En septiembre y octubre aún con el retorno de los machos, la proporción de hembras los duplican (1:2.8, 1:2.1), en noviembre la proporción se establece en 1:1.1.

La Figura 13 muestra la variación que se presentó a lo largo de un año en cuanto a hembras y machos captura durante el tiempo de investigación.

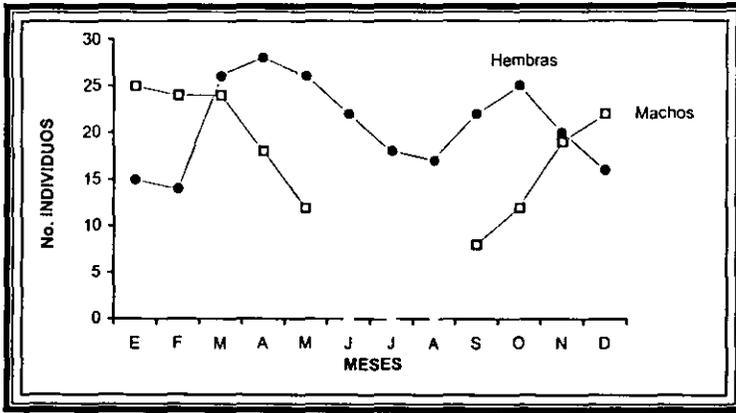


Fig. 13. Relación de organismos de *Pteronotus personatus*, hembras y machos, a lo largo de un ciclo anual, en la cueva Tzinacanostoc, Jolalpan, Puebla, México.

## DISCUSIÓN

Todos los murciélagos requieren de sitios primordialmente diurnos, en donde pasan el 70 % de su vida aproximadamente sujetos a la presión selectiva del ambiente; es por ello que, los eventos asociados con el refugio juegan un papel predominante en su ecología y evolución (Kunz, 1982).

El refugio proporciona el espacio para la hibernación a los murciélagos de zonas templadas y frías, es el lugar de manutención y crianza de los recién nacidos, ofrece protección contra algunos depredadores, atenúa los climas adversos y equilibra el nacimiento, sobrevivencia y mortandad de la población (Kunz, 1982). Por lo tanto, la presencia o ausencia de los mismos, representa un factor que condiciona la existencia de muchas especies de murciélagos en una zona determinada (Kowalski, 1981).

Íntimamente ligadas al refugio están la temperatura, humedad relativa, las corrientes de aire, intensidad de luz y por supuesto, el tamaño y estructura del refugio, como factores abióticos que es preciso cuantificar.

La temperatura como una de las variables del ambiente de mayor relevancia en los murciélagos para la selección de las cuevas, la ha destacado McNab (1974) y Humphrey y Bonaccorso (1979). Los autores mencionados enfatizan el papel que juega el microclima óptimo en los filostómidos, durante la etapa de gestación y lactancia. La atención se ha centrado preponderantemente en los murciélagos de las zonas templadas y frías (McNab, 1974) y el de Humphrey y Bonaccorso (1979) es uno de los pocos registros que se tienen para los murciélagos de las áreas tropicales, de ahí la importancia para conocer el papel que juega en la selección del refugio en el caso de los mormópidos, grupo propio del neotrópico.

En los murciélagos de clima templado la temperatura corporal y el gasto metabólico dependen de la temperatura del ambiente excepto cuando se modifica por el

comportamiento social gregario (López Wilchis, 1989). Los murciélagos de climas tropicales no enfrentan el problema de la conservación de la energía por la disponibilidad del alimento, lo que determina que en éstos la adaptación para la selección eficiente del refugio sea muy fuerte (Twente, 1955; Humphrey, 1975). Ceballos *et al.* (1997), en su trabajo, resumen el vago conocimiento que se tiene acerca de algunas variables ecológicas en murciélagos tropicales del Nuevo Mundo y de ello se concluye que todavía hay mucho por conocer de las especies tropicales.

La Cueva Tzinacanostoc tiene 230 m de longitud, pendiente irregular, se comunica con el exterior solamente por una entrada (Fig. 5), lo anterior, contribuye para la estabilidad de la temperatura y humedad relativa en su interior en general y en la Cámara II en particular, que es la que ocupa *Pteronotus personatus*, colonia que siempre se encontró en ella y siempre alrededor de los 200 m de la entrada.

La distribución geográfica de *P. personatus* se limita a la región tropical (Fig. 1; Hall, 1981; Medellín *et al.*, 1997) y los resultados que ahora se presentan confirman que la selección del refugio, es resultado de un proceso de adaptación compleja. La temperatura en la Cámara II se mantiene en el rango de 29.1° C a lo largo del ciclo anual, con diferencia de 4.6 ° C en relación con las temperaturas extremas; no obstante, la temperatura de las cámaras (Fig. 8) analizadas en conjunto, muestra diferencias; sin embargo, aunque no es muy importante la diferencia entre las Cámaras II y III ( $P > 0.01$ ), *P. personatus* siempre ocupó la II y *Leptoncyteris curasoae* la III, por lo tanto es probable que la temperatura *per se* no es un factor suficiente para explicar la selección del refugio en ambas especies. Aunque se reporta que *P. personatus* puede tolerar temperaturas de hasta 15° C en invierno y 26° C en verano (Bonaccorso *et al.*, 1992), por lo que este trabajo muestra que *P. personatus* elige y sobrevive en sitios con valores relativamente altos de los que en la literatura se establecen y son datos muy bajos a los reportados.

Mientras que en la comparación de las cámaras I –II y I – III la prueba resulta ser altamente significativa ( $P > 0.001$ ), y se debe en gran medida a las características que

presentan cada una de ellas, además como se había mencionado, la cámara I se encuentra deshabitada y tiene una gran influencia del ambiente exterior por lo que los valores de temperatura son los más bajos de la cueva. La cámara II es el punto intermedio pues recibe la influencia de ambas cámaras (I y III) y su temperatura se ve aminorada por la altura de esta así como por la cantidad de organismos que la habitan, que en comparación con la III es menor la población en conjunto de todas las especies que la habitan.

El calor que se produce dentro del refugio se genera por diferentes vías, metabólica, bacteriana y como resultado de materia orgánica en descomposición, que sumado a la humedad, se crea una "trampa de calor" (Arends *et al.*, 1995), misma que se caracteriza por una alta estabilidad térmica.

La humedad relativa y la temperatura del interior de la cueva se relacionan estrechamente con las necesidades de los murciélagos y eso les permite mantener una temperatura corporal alta con poco gasto energético (Arends *et al.*, 1995).

Un hecho por demás relevante es que la Cámara II la comparten *P. personatus*, *P. davyi*, *P. parnellii*, *Mormoops megalophylla* y *Macrotus waterhousii*, mientras que en la Cámara III que es la más cálida y húmeda de las tres con 32.5° C y 96.4%, respectivamente, la habita exclusivamente una colonia permanente de *Leptonycteris curasoae* formada por 20,000 individuos aproximadamente (Galindo-Galindo, datos no publicados).

Así el análisis en conjunto de la humedad relativa prueba ser altamente significativa ( $P > 0.001$ ) en cada una de las cámaras, siendo este un factor muy importante para la distribución de los organismos en la cueva.

Nuestros resultados permiten argumentar que la relación entre la temperatura y la humedad relativa imperantes en la Cámara II constituyen un ambiente adecuado para la selección y permanencia de *P. personatus* y de las otras especies con las que comparten ese

microrefugio. En la Cámara III, en cambio, se presentan las condiciones adecuadas para *L. curasoae*, en donde se tienen las temperaturas más altas ( $\bar{X} = 34.1$  ° C), según los reportes son idóneas para la sobrevivencia de esta especie (Sánchez Quiroz, 2000). Estos resultados sugieren que *P. personatus* requiere de sitios que no sean tan cálidos y húmedos como los que requiere la especie que se encuentra al fondo de la cueva.

*Pteronotus personatus* es una especie monoestra estacional, la gestación se presenta de marzo a junio y la lactancia sucede de junio a septiembre por lo que estimamos que cada evento dura aproximadamente tres meses, de hecho sólo en el mes de junio se encontraron hembras tanto preñadas como lactantes. Pero en julio las hembras de la colonia eran lactantes o bien, otras claramente presentaron las características del anestro que se prolonga hasta enero.

En primavera que es cuando se presenta la gestación, el pico correspondió al mes de mayo, tiempo en que se observó gran cantidad de lepidópteros, que es de suponer representan una fuente alimenticia importante.

La lactancia comprende la mayor parte del verano de julio a septiembre, época con abundancia de coleópteros y hemípteros; en cambio; en esta época fue notable la disminución de los lepidópteros. Un factor del clima de mayor relevancia para la reproducción es la temporada de lluvias, por el efecto sobre la fenología de la vegetación y su relación con los patrones estacionales de floración y fructificación (Janzen, 1973; Pirlot, 1967).

Se ha demostrado que los murciélagos insectívoros neotropicales parecen en la estación húmeda, que es cuando la cantidad de insectos alcanza su máxima producción (Fleming *et al*, 1972). De esta manera se establece que los principales eventos reproductivos como la gestación, lactancia y alimentación de los recién nacidos y de los juveniles, se sincronizan con la disponibilidad de alimento (Scutch, 1950; Janzen y

Schoener, 1968; Migula, 1969; Birney *et al.*, 1974) y también, cuando la sobrevivencia de las hembras preñadas es favorecida sobre las lactantes (Bradbury y Vehrencamp, 1977).

El período reproductivo que se presenta en este trabajo coincide con los resultados de Jones (1966), quien encontró hembras preñadas en marzo; López-Forment *et al.* (1971) señalan que 4 de las 11 hembras que se examinaron en mayo tenían un embrión cada una; Jones *et al.* (1972) mencionan para *P. personatus*, la condición de reproducción estacional con hembras preñadas de mayo a junio. Sánchez-Hernández y Romero-Almaraz (1995) encontraron que *P. personatus* en Tabasco y Campeche es monoestra estacional, la cópula sucede a finales de febrero y principios de marzo, la gestación abarca de marzo hasta mediados de julio, la lactancia de julio a septiembre y el período de inactividad sexual de octubre a febrero, resultados que son similares a los de esta investigación.

Las poblaciones del norte de México confirman el patrón de los murciélagos de Puebla. En Sinaloa la mayoría de las hembras están preñadas en junio, (Bateman y Vaughan, 1974). Woloszin y Woloszin (1982) mencionan que el período de gestación de la especie en Baja California va de abril a julio, los nacimientos acontecen a principio del verano y al final del mismo, los jóvenes ya son independientes. Lo anterior demuestra que la reproducción no se ve afectada por la altitud.

Prácticamente en todos los trabajos se alude a la condición monoestra de la especie; sin embargo, en nuestros registros aparece una hembra capturada en mayo con una red de niebla y la cual tenía dos embriones, ambos en el mismo cuerno del útero, evento que no se había mencionado para *P. personatus*, aunque existe un antecedente de gemelos en *P. quadridens* de Cuba (Rodríguez-Duran y Kunz, 1992). Este resultado sólo se observó en una hembra lo cual no indica que la especie sea poliéstrica. Se desconoce si exista algún factor que haya propiciado este evento o si sólo fue un evento al azar.

Se pudo comprobar que durante la lactancia los machos abandonan el refugio para retornar en la segunda mitad de septiembre al término de misma; sin embargo, no se pudo

comprobar que se formara colonia de maternidad como sucede con *Anoura geoffroyi* (Galindo-Galindo *et al.*, 2000) y *Leptonycteris curasoae* (Sánchez Quiroz, 2000).

El anestro es prolongado, se extiende de julio a enero y aún cuando la cópula no se observó, es de suponer que el estro sucede a partir de febrero, pudiendo extender hasta abril ya que en junio todavía se encontraron hembras preñadas a término.

En el caso de los machos se pudo observar y registrar el aumento del tamaño de los testículos al inicio de la época reproductiva (febrero, Fig. 11) lo cual demuestra que va en aumento conforme las hembras se vuelven receptivas. El aumento del tamaño de los testículos así como el peso y la masa corporal son factores indicativos del inicio del periodo reproductivo (Sánchez Quiroz, 2000, Heideman *et al.*, 1992; Tamsitt *et al.*, 1965).

La colonia de *P. personatus* en ninguno de los meses de la observación estuvo constituida por más de 2400 individuos; de hecho, mantuvo un promedio mensual de 1800, excepto en los meses de mayo cuando los machos empiezan a abandonarla y junio, julio y agosto cuando están ausentes y septiembre, cuando comienza el regreso nuevamente. Durante este lapso el tamaño de la colonia se reduce a la mitad, no obstante la presencia de los recién nacidos, pero tampoco se incluyen en este análisis.

Una de las razones posibles que explican el bajo número de individuos de *P. personatus* en la colonia se deba a la coexistencia con *P. parnellii* y *Mormoops megalophylla* en la Cámara II, especies de mayor talla que forman colonias más numerosas ocupando mayor espacio físico, con lo cual el área real y potencial se reduce considerablemente para la colonia de *P. personatus* y probablemente indique un evento de competencia interespecífica.

La proporción de machos supera a las hembras de diciembre a febrero periodo que corresponde al anestro. En marzo y abril, con el comienzo de la etapa de la gestación, la proporción se iguala 1:1 y a medida que avanza, la proporción de hembras se incrementa.

En mayo la proporción es de 1:2.2 y de junio a agosto la colonia carece de machos por lo que la proporción es del 100% de hembras. En septiembre es de 1:2.8 y en octubre de 1:2.1. En noviembre se restablece el equilibrio de 1:1, para romperse en diciembre con el predominio de los machos.

En relación a la abundancia de las hembras en dos periodos claramente distinguibles a lo largo del ciclo anual, y los cuales son significativamente diferentes (Mann-Whitney de dos colas- $U = 0.0000$ ,  $P = 0.0025$ ), se observó que aumentan en relación al tiempo de copulación, al comienzo de la época reproductiva y al término de la misma; probablemente al inicio del año se encuentre un mayor número de hembras maduras sexualmente con respecto a los machos.

El tiempo de maduración sexual en los jóvenes varía intra e interespecíficamente, ya que en algunas especies las hembras maduran a los seis meses y pueden criar al año de edad, mientras que en otras se tardan 18 meses para alcanzar la madurez. Para el caso de los machos algunos tardan poco más de cuatro meses y otros hasta cumplir los dos años de edad (Sánchez-Hernández y Romero-Almaraz, 1995).

## CONCLUSIONES

- *Pteronotus personatus* es una especie monoestra estacional y monotoca. La gestación sucede en primavera y la lactancia en verano.
- El estro sucede entre febrero y marzo. La gestación dura tres meses y ocurre de marzo a junio. La lactancia dura tres meses y sucede de julio a septiembre. El anestro se presenta de octubre a enero.
- Durante la lactancia los machos abandonan el refugio.
- Se documenta el primer registro de una hembra de *Pteronotus personatus* con embriones gemelos.
- La segregación dentro del refugio ocurre con relación a la temperatura y la humedad relativa. La Cámara II presentó 29.1° C de temperatura media anual con oscilación 4.6° C. La media anual de la humedad relativa fue 93.2%.
- En el microrrefugio que ocupa *P. personatus* también lo habita *P. davyi*, *P. parnellii*, *Mormoops megalophylla* y *Macrotus waterhousii*.
- El tamaño de la colonia de *P. personatus* está determinado por la interacción con *P. parnellii* y *Mormoops megalophylla* especies de mayor talla, que forman colonias más grandes, que ocupan y reducen el espacio físico disponible para *P. personatus*.
- No se observó ningún tipo de interacción entre las diversas colonias de mormópodos que habitaron la Cámara II de la cueva.

- La proporción de machos supera a las hembras de diciembre a febrero periodo que precede a la gestación, en marzo y abril, en el comienzo de la etapa de la gestación, la proporción se iguala 1:1 y para la temporada de lactancia se reduce considerablemente la proporción de machos al abandonar la cueva.

## LITERATURA CITADA

- ARENDS, A.; F. J., BONACORSO y M. GENOUD. 1995. Basal rates of metabolism of nectarivorous bats (Phyllostomidae) from a semiarid thorn forest in Venezuela. *Journal of Mammalogy*, 76:947-956.
- BARBOUR, R. W. y W. H. DAVIS. 1969. *Bats of America*. Univ. Kentucky Press, Lexington, 286 p.
- BATEMAN, G. C. y T. A. VAUGHAN. 1974. Nightly activities of mormopid bats. *Journal of Mammalogy*. 55:45-65.
- BECK, A. J. y L. M. B. LIAT. 1973. Reproductive biology of *Eonycteris speleae*, Dobson (Megachiroptera) in West Malaysia. *Acta Trop.* 30:251-261.
- BONACCORSO, F. J.; A. ARENDS, M. GENOUD, D. CANTONI y T. MORTON. 1992. Thermal ecology of moustaches and ghost-faced bats (Mormoopidae) in Venezuela. *Journal of Mammalogy*, 73:365-368.
- BRADBURY, J. W. y S. L. VEHREKAMP. 1977. Social organization and foraging in emballonurid bats. I. Field Studies Behavioral Ecology and Sociobiology 1:337-381.
- BIRNEY, E. C., J. B. BOWLES, R. M. TIMM y S. L. WILLIAMS. 1974. Mammalian distributional records in Yucatan and Quintana Roo, with comments of reproduction, structure and status of peninsular populations. Occasional Papers Bell Museum of Natural History, University Kansas, 13:1-15.
- CEBALLOS, G. y A. MIRANDA. 1986. Los mamíferos de Chamela, Jalisco. Manual de campo. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 436 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: 1220-1230.
- FLEMING, T. H. 1971. *Artibeus jamaicensis*: delayed embryonic development in a Neotropical bat. *Science*. 171:402-404.
- FLEMING, T. H. 1973. The reproductive cycles of three species of opossums and other mammals in the Panama Canal Zone. *Journal of Mammalogy*, 54:439-455.
- FLEMING, T. H., E. T. HOOPER y D. E. WILSON. 1972. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles, and movement patterns. *Ecology*, 53:555-569.
- GAISLER, J. 1970. Remarks on the thermo referendum of palearctic bats in their natural habitats. *Bijdragen tot de dierkunde*, 40: 33-35.
- 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 Zoológica Mexicana* (n. s.), 80: 51-68.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- HALL, E. R. 1981. The mammals of North America. Second ed., John Wiley and Sons, vol. 1: 1+600+90.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

- HEIDEMAN, P. D., P. DEORAJ y F. H. BRONSON. 1992. Seasonal reproduction of a tropical bat, *Anoura geoffroyi*, in relation to photoperiod. *Journal Reprod. Fertil.* 9:765-773.
- HOFFMANN, A., J. G. PALACIOS-VARGAS y J. B. MORALES-MALACARA. 1986. *Manual de Bioespeleología (con nuevas aportaciones de Morelos y Guerrero, México)*. Universidad Nacional Autónoma de México, 274 pp.
- HUMPHREY, S. R. 1975. Nursery roosts and community diversity of nearctic bats. *Journal of Mammalogy*, 56: 321-346.
- HUMPHREY, S. R. y F. J. BONACCORSO. 1979. Population and community ecology. In: *Biology of bats of the New World Family Phyllostomatidae. Part III.* (R. J. Baker, J. K. Jones, Jr. y D. C. Carter, ed.). *Special Publications The Museum, Texas Tech University*, 16: 409-441.
- INEGI, 1987. *Atlas Nacional del Medio Físico. Estado de Puebla. México. Síntesis de Información Geográfica Estatal Correspondiente al Estado de Puebla.*
- JANZEN, D. H. 1973. Sweep samples of tropical foliage: Effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day and insularity. *Ecology*, 54:687-708.
- JANZEN, D. H. y T. H. SCHOENER. 1968. Differences in insect abundance and diversity between water and drier sites during a tropical dry season. *Ecology*, 49:97-110.
- JONES, J. K., Jr. 1966. *Bats from Guatemala*. University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 16: 439-472.

- JONES, J. K., Jr., J. R. CHOATE y A. CADENA. 1972. Mammals from the Mexican state of Sinaloa. II. Chiroptera. Occasional Papers of The Museum of Natural History, University of Kansas, 6: 1-29.
- KOWALSKI, K. 1981. Mamíferos. Manual de Teriología. H. Blume. Ed. Madrid, España.
- KULZER, E. 1990. En Grzimek's Encyclopedia of Mammals Vol. 1. McGraw-Hill Publishing Company, 648 pp.
- KUNZ, T. H. 1982. Ecology of bats. Edit. Plenum. Press, New York, NY, 425 pp.
- KUNZ, T. H. y E. L. P. ANTHONY. 1982. Age estimation and post-natal growth in the bat *Myotis lucifugus*. Journal of Mammalogy, 73:23-32.
- LÓPEZ WILCHIS, R. 1989. Biología de *Plecotus mexicanus* (Chiroptera: Vespertilionidae) en el Estado de Tlaxcala, México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- LOPEZ-FORMENT, W., C. SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ y B. VILLA-RAMÍREZ. 1971. Algunos mamíferos de la región de Chamela, Jalisco, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, 42: 99-106.
- MCNAB, B. K. 1974. The behavior of temperate cave bats in a subtropical environment. Ecology, 55: 943-958.
- MOTULSKY, H. J. 1999. Analizing data with GraphPad Prisma. GraphPad Prisma Software, Inc., San Diego, CA.

- MEDELLÍN A., R., H. T. ARITA y O. SÁNCHEZ H. 1997. Identificación de los murciélagos de México. Claves de campo. Revista de la Asociación Mexicana de Mastozoología, Publicaciones Especiales, 2: 1-83.
- MIGULA, P. 1969. Bioenergetics of pregnancy and lactation in european common vole. Acta Theriologica, 14:167-179.
- NOWAK, R. M. 1991. Bats of the world. The Johns Hopkins University Press, Baltimore y Londres.
- NÚÑEZ G., A., C. CHÁVEZ T. y C. SANCHEZ-HERNÁNDEZ. 1981. Mamíferos silvestres de la región del Tuito, Jalisco, México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología, 51: 647-668.
- PIRLOT, P. 1967. Periadicité du la reproduction chez les Chiropteres neotropicaux. Mammalia. 31:361-366.
- RODRÍGUEZ-DURÁN, A. y H. KUNZ. 1992. *Pteronotus quadridens*. Mammalian Species, 395, 1-4.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, C. y Ma. de L. ROMERO-ALMARAZ. 1995. Murciélagos de Tabasco y Campeche. Una propuesta para su conservación. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuadernos, 24: 1-215.
- SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, C. 1984. Los murciélagos de la Estación de Investigación, Experimentación y Difusión "Chamela", Jalisco, México. In: J. Castroviejo (ed.) II Reunión Iberoamericana. Consejo para la Zoología de los Vertebrados, Barcelona, 385-398.

- SÁNCHEZ QUIROZ, A. 2000. Características del ambiente y Patrón reproductivo de una colonia de *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) en el Estado de Puebla, México. Tesis de Licenciatura de Biología de Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza, UNAM, 56 pp.
- SCUTCH, A. F. 1950. The nesting seasons of Central American birds in relation to climate and food supply. *Ibis*, 92:185-222.
- SMITH, J. D. 1972. Systematics of the chiropteran Family Mormoopidae. *Miscellaneous Publications of the Museum of Natural History, University of Kansas*, 56: 1-132.
- TAMSITT, J. R. y D. VALDIVIESO. 1965. Reproduction of the female big fruti-eating bat, *Artibeus lituratus palmarum*, in Colombia. *Caribbean Journal Sciences*. 5:157-166.
- TWENTE, J. W. 1955. Some aspects of habitat selection and other behavior of cavern dwelling bats. *Ecology*, 36: 706-732.
- VILLA-RAMIREZ, B. 1967. Los murciélagos de México. Su importancia en la economía y la salubridad-- Su clasificación sistemática. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, XVI + 491 pp.
- WOLOSZYN, D. y B. W. WOLOSZYN. 1982. Los mamíferos de la Sierra de La Laguna, Baja California Sur. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México, 168 pp.