



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

ALIMENTACIÓN Y SELECCIÓN DE HÁBITAT DE
UNA COLONIA DE MURCIÉLAGOS FRUGÍVOROS
Dermanura azteca EN UN REFUGIO INVERNAL EN
TLAXCO, TLAXCALA, 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

GERARDO LÓPEZ ORTEGA

DIRECTOR DE TESIS: DR. RICARDO LÓPEZ WILCHIS

MÉXICO, D. F.

SEPTIEMBRE 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

A mis padres

Luís, Mariana y Laura, gracias por su apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Después de muchos años de encuentros y desencuentros en la elaboración de esta tesis, son muchas las personas a las que debo agradecer y comenzaré con aquellas que de manera desinteresada (prácticamente tres cuartas partes del Departamento de Biología) me preguntaban en los pasillos *¿cuándo te recibes?* A Judith López, Claudia Ballesteros, Guadalupe Sánchez y Sandra Arratia por su valiosa ayuda en el trabajo de campo. Al Dr. Isaías Salgado por sus sugerencias en el análisis de los datos. A las Maestras en Ciencias Yolanda Hortelano, Livia León Paniagua y el Dr. Joaquín Arroyo por sus valiosos comentarios a la versión final de esta tesis. Muy especialmente a Oscar Sánchez Herrera, Ángeles Aguilar Santamaría y Ricardo López Wilchis por su apoyo, amistad y confianza a todo lo largo de mi formación académica. Finalmente, a mi segunda compañera, la Universidad Autónoma Metropolitana de Iztapalapa, con la que me ha tocado vivir muchos de los eventos que son un parte aguas en mi vida a lo largo de casi un cuarto de siglo, primero como estudiante y posteriormente como profesor. Mi inconmensurable agradecimiento.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

I.	RESUMEN:.....	6
II.	ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	7
III.	INTRODUCCIÓN.....	8
IV.	OJETIVOS GENERALES E HIPÓTESIS.....	10
V.	ÁREA DE ESTUDIO.....	10
VI.	COMPORTAMIENTO DE LA COLONIA Y CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE UN REFUGIO DEL MURCIÉLAGO FRUGÍVORO <i>Dermanura azteca</i> EN UNA ZONA TEMPLADA DE LA SIERRA NORTE DE TLAXCO, TLAXCALA, MÉXICO.....	12
VII.	HÁBITOS ALIMENTARIOS DE UNA COLONIA DE <i>Dermanura azteca</i> EN UNA ZONATEMPLADA DE MÉXICO.....	32
VIII.	SELECCIÓN DE TAMAÑO DE FRUTOS POR EL MURCIÉLAGO FRUGÍVORO <i>Dermanura azteca</i> EN UNA ZONA TEMPLADA DE AMÉRICA.....	45
IX.	CONCLUSIONES.....	63
X.	LITERATURA CITADA.....	64
XI.	APENDICE 1	73

RESUMEN

En este trabajo se describen los hábitos alimentarios de *Dermanura azteca* así como la caracterización climática de su refugio invernal y la selección de alimento por tamaño de fruto a lo largo de dos ciclos anuales en el cerro Huilapitzto ubicado a 10 km E de Tlaxco a una altitud de 3220 m con coordenadas geográficas 19° 21' 27" latitud N y 98° 02' 02" longitud W entre los estados de Puebla y Tlaxcala.

Los resultados indican que en el refugio este quiróptero conforma una colonia de no más de 100 individuos ocupando dos sitios que emplea indistintamente de septiembre a abril. Esta especie normalmente no entra en torpor sino que se mantiene alerta. La pérdida de su masa corporal a lo largo del otoño-invierno es de alrededor de 2.9 %. Su habitáculo es un túnel con una sola entrada, en línea recta, sin pendiente y climáticamente estable, la temperatura se mantiene entre 9 y 12 °C a lo largo del año, con altos porcentajes de humedad (> 80%). Esta escasa variación se debe principalmente al pobre intercambio de gases entre la masa de aire externa y la interna del refugio, pues las oscilaciones registradas son menores a 0.5 °C después de los 60 metros a partir de la entrada. Se alimenta de los frutos de tres especies de plantas *Crataegus mexicanus* (tejocotes), *Prunus capuli* (capulines) y *Juniperus deppeana* (enebros), siendo esta última su fuente principal de alimento (más del 90 %) y, constituye el primer registro de consumo sostenido de una gimnosperma. *J. deppeana* se distribuye en forma de manchones y produce una cantidad enorme de frutos carnosos que requieren de dos ciclos anuales para madurar sin cambio aparente de coloración.

D. azteca muestra una marcada preferencia por los conos medianos de talla entre los 7.4 y 12.4 mm que son los frutos más abundantes durante el otoño-invierno (> 80 %), pero en primavera-verano estos carpoides sólo alcanzan el 30 % y del análisis de sus hábitos nutrimentales se presume que operan en diferentes niveles: 1) Explota tres de las seis especies de los frutos disponibles

para murciélagos en el área. 2) De las tres especies una constituye su fuente principal de nutrimentos. 3) Esta colonia de frugívoros evita tanto los conos de tallas pequeñas como los más grandes. Algunas posibles explicaciones a este comportamiento de forrajeo probablemente sean la baja calidad nutrimental de los conos pequeños o bien, a que sean difíciles de detectar, arrancar o manipular en las ramas de *Juniperus deppeana*. Los conos grandes le son difíciles de consumir debido a las limitaciones mecánicas impuestas por su capacidad de abertura mandibular. Finalmente la estrategia que tiene esta colonia de murciélagos frugívoros para permanecer en esta zona templada por arriba de los 3000 m concuerda con la hipótesis propuesta por Graham en 1983.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis está estructurada en cinco partes. Primero, la introducción general que presenta los antecedentes, los objetivos generales, la hipótesis y área de estudio. Después siguen tres capítulos temáticos. En el capítulo I se describen las condiciones climáticas que el refugio ofrece a *Dermanura azteca* a lo largo de su estancia y la importancia que juega en su supervivencia. En el capítulo II se discuten los hábitos alimentarios de *D. azteca*, la disponibilidad de alimento y la importancia de este recurso para su permanencia durante el otoño-invierno por arriba de los 3000 m en una zona templada de México (en el Apéndice 1, se presentan los datos publicados de este capítulo). El capítulo III explora si *D. azteca* consume todos los tamaños de conos disponibles en la naturaleza o muestra una marcada preferencia por algún tamaño particular de fruto. El trabajo termina con una conclusión general.

INTRODUCCIÓN

Los estudios a lo largo de gradientes altitudinales han puesto de manifiesto el reducido número de vertebrados que logran penetrar en los bosques templados y fríos de la América tropical (Scott, 1976; Terborgh, 1977; Dullman, 1979; Pizzimenti y De Salle, 1981). Los quirópteros no son la excepción, de ser un grupo diverso en muchas comunidades tropicales de América, tienden a disminuir drásticamente conforme se asciende hacia las zonas templadas de los sistemas montañosos por arriba de los 2500 m (Graham, 1983; Navarro y León-Paniagua, 1995; Patterson, *et al.* 1998).

La disminución de la riqueza es más drástica durante el invierno en las zonas templadas (Navarro y León-Paniagua, 1995), pues se requiere un mayor gasto energético para la termorregulación en estos organismos (McNab, 1982). Ante esta situación, los murciélagos han adoptado tres estrategias: coleccionar y almacenar energía durante el verano-otoño para subvencionar el reducido consumo a lo largo del invierno, reducir su gasto energético al hibernar o migrar hacia los trópicos donde las condiciones ambientales son más favorables y existe un aporte más constante de alimento (McNab, 1982; Speakman y Racey, 1989). Los antecedentes que se tienen sobre el comportamiento que siguen los filostómidos a lo largo del invierno se deben a los nectarívoros *Leptonycteris nivalis*, *L. curasoae* y *Choeronycteris mexicana* que penetran a las tierras templadas de Norteamérica durante los períodos benignos y migran antes de la llegada del invierno a regiones tropicales (Barbour y Davis, 1969).

Hasta ahora los murciélagos frugívoros que han penetrado la región templada de Norteamérica no han sido estudiados en detalle (Koopman, 1982; Fleming, 1988).

Algunos como *Sturnira bidens*, *S. erythromos*, *S. ludovici*, *Platyrrhinus vittatus*, *P. dorsalis*, *P. lineatus*, *Enchisthenes hartii*, *Dermanura glauca*, *D. cinerea* y *D. azteca* (Phyllostomidae; Stenoderminae) han sido capturados por arriba de los 2500 m en los bosques templados de la América tropical, pero no existen estudios encaminados a evaluar las estrategias que siguen estos filostómidos, si sólo incursionan en las noches benignas del año o permanecen en las zonas templadas enfrentando las bajas temperaturas y la escasez de alimento durante el período frío del año.

Huey (1991) menciona que el gasto metabólico para los endodermos es alto y fuertemente influenciado por la temperatura ambiente; más aún, sugiere que la demanda de alimento se incrementa en la medida que baja la temperatura, por tanto la endotermia únicamente puede ser usada con cantidades adecuadas de alimento. Estos estenoderminos basan su dieta en frutas, néctar y polen (Gadner, 1977), alimentos con nutrimentos bajos en proteínas, grasas y vitaminas (Rasweiler, 1977), recursos estacionalmente escasos durante el período invernal en los bosques templados y que, aunado a su incapacidad de hibernar (McNab, 1969), ha llevado a proponer que al igual que los nectarívoros que alcanzan la parte sur de los Estados Unidos de América, tienden a migrar hacia tierras bajas para evadir las temperaturas invernales de los bosques templados de la América tropical (McNab, 1969; Studier y Wilson, 1970). La presencia de *Dermanura azteca* a lo largo del otoño-invierno por arriba de los 3200 m en un bosque de coníferas brinda la oportunidad de responder diversas preguntas: ¿Qué estrategias ha desarrollado para sobrevivir bajo estas condiciones? ¿Permanecerá en estos ambientes o sólo lo hace temporalmente? En caso de que permaneciera ¿dónde se refugia? ¿De qué se alimenta? ¿Existe alimento disponible en los alrededores de su refugio? ¿Cómo se comporta?

HIPÓTESIS

Si la colonia de murciélagos de *Dermanura azteca* permanece durante los meses más fríos del año en una zona por arriba de los 3000 m, debería contar con un refugio que tuviera condiciones climáticas favorables además de una fuente alimenticia que les permitiera sobrevivir.

OBJETIVO GENERAL

Estudiar la población de *Dermanura azteca* que habita la parte montañosa por arriba de los 3200 m durante el período frío del año.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio forma parte del municipio de Tlaxco y al igual que el resto del estado de Tlaxcala, pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transverso. El refugio que habita *Dermanura azteca*, ubicado en el cerro Huilapitzo, es una construcción en línea recta que mide 290 m de largo, 2.5 m ancho y 4 m de altura; este túnel se encuentra en la zona limítrofe entre los estados de Puebla y Tlaxcala; 10 km E de Tlaxco a una altitud de 3220 m con coordenadas geográficas 19° 21' 27" latitud N y 98° 02' 02" longitud W (Figura 1).

El clima es el más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano y escasas en invierno C(w2")bi. La precipitación media anual fluctúa entre los 700 y 1000 mm. La máxima incidencia de lluvias se presenta de junio a agosto en tanto

en febrero la menor. De mayo a agosto es el período más cálido, con una temperatura media anual entre los 13 a 15 °C, mientras los meses más fríos son diciembre y febrero con temperaturas entre 5 a 6 °C (López-Wilchis, 1989).

La porción superior de esta montaña (3200 m y 3380 m) se encuentra rodeada por bosque de oyamel (*Abies religiosa*), con elementos aislados de encinos (*Quercus rugosa*), madroños (*Arbutus gladiosa*) y cedros (*Cupressus lindleyi*). Entre los 3000 y 3200 m se aprecia el bosque de pino-encino (*Pinus montezumae*) como elemento dominante así como numerosos manchones de *Juniperus deppeana* y elementos aislados de capulín (*Prunus capuli*). Finalmente, en la porción más baja (2900 m) a un costado del pueblo de Tecomalucan se observan tierras cultivadas con manchones de árboles de *Juniperus*, capulín (*Prunus capuli*) y una pequeña huerta de tejocotes (*Crataegus mexicana*).

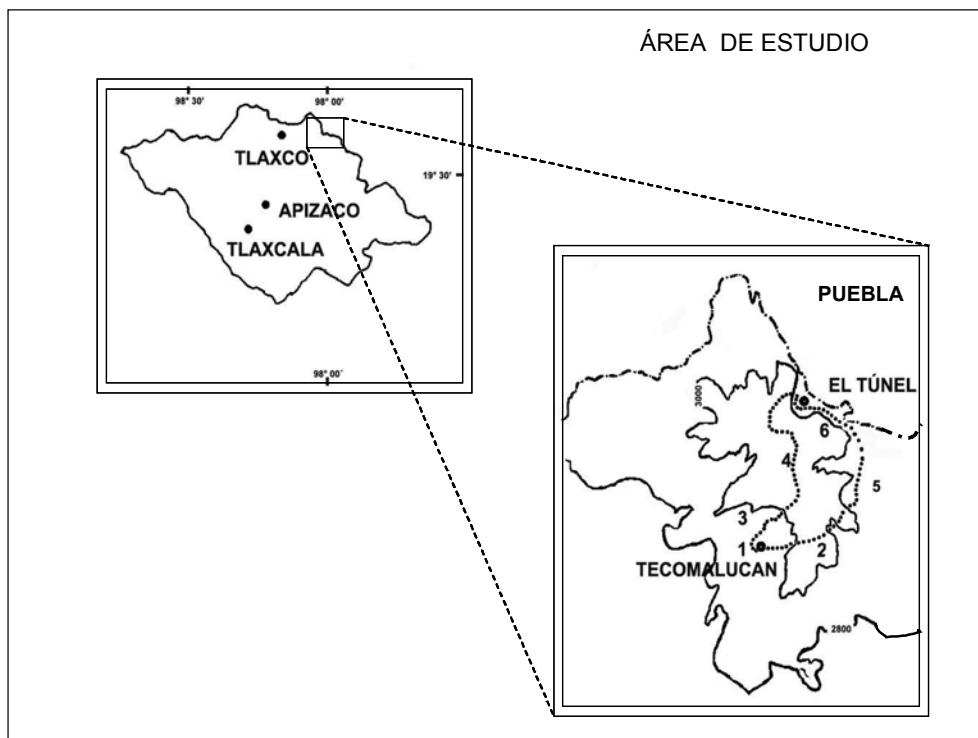


Figura 1. Mapa del área de estudio. Los números indican los sitios de muestreo de disponibilidad de alimento: 1= *Crataegus*; 2= *Prunus*; 3-6= *Juniperrus*.

COMPORTAMIENTO DE LA COLONIA Y CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE UN REFUGIO INVERNAL DEL MURCIÉLAGO FRUGÍVORO *Dermanura azteca* EN UNA ZONA TEMPLADA DE LA SIERRA NORTE DE TLAXCO, TLAXCALA, MÉXICO.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento que se tiene del comportamiento y las condiciones climáticas que imperan durante el invierno en los refugios habitados por murciélagos en las zonas templadas de Norteamérica son extensos (Kunz, 1982), estos estudios han revelado que la comunidad de murciélagos está constituida únicamente por insectívoros (Wilson, 1973; McNab, 1974), que a finales del otoño los quirópteros tienden a cambiar sus refugios de verano por cuevas ó túneles con climas más estables (Findley y Jones, 1964; Griffin, 1970; McNab, 1982), donde pueden permanecer por días, semanas o meses sin abandonar su habitáculo, aislándolos de las variaciones ambientales y los depredadores (Tuttle y Stevenson, 1981; Kunz, 1982; Hill y Smith, 1984). Que las condiciones climáticas de una cueva o mina obedecen a diversos factores como la orientación, tamaño, número y ubicación de sus entradas, la morfología de sus paredes así como de su pendiente, todos ellos elementos que afectan la circulación del aire dentro de la misma (Twente, 1955; Dwyer, 1971; McNab, 1974); la selección del refugio que hacen los murciélagos depende de varios factores tales como el tamaño de su cuerpo, tasa metabólica, conductancia térmica, los hábitos alimentarios y de si forman grupos o permanecen solos (Lyman, 1970; McManus, 1977; McNab, 1983, 1989). Se ha observado que presentan marcadas preferencias por determinados sitios dentro de los refugios que varían entre especies, sexos y condiciones reproductivas (Kunz, 1982) y que han adoptado la estrategia de almacenar energía durante el verano-otoño para subvencionar el reducido consumo a lo largo del invierno y reducir su gasto energético al entrar en torpor o hibernar

manteniendo su temperatura corporal cercana a la que impera en su refugio (McNab 1974, 1982; Hill y Smith, 1984; Speakman y Racey, 1989).

A diferencia de las zonas templadas de Norteamérica, los sistemas montañosos en la América tropical, soportan una mayor diversidad de murciélagos donde, además de los insectívoros se pueden encontrar especies hematófagas, polinívoras y frugívoras (Graham, 1983; Fleming, 1986; Patterson *et al.* 1996; Soriano *et al.* 1999). De este último gremio sólo *Sturnira bidens*; *S. erythromos*; *S. ludovici*; *Platyrrhinus vittatus*; *P. dorsalis*; *P. lineatus*; *Enchisthenes hartii*; *Dermanura glauca*; *D. cinerea* y *D. azteca* logran penetrar por arriba de los 3000 m (Tuttle, 1970; Terborgh y Weske, 1975; Koopman, 1978; Graham, 1983; López-Wilchis, 1989).

Dado que el conocimiento que se tiene del comportamiento y las condiciones climáticas que imperan durante el invierno en los refugios habitados por murciélagos en las zonas templadas de nuestro país, se desconoce si estas especies sólo incursionan durante los períodos favorables del año o permanecen durante el período invernal. Una excepción es *Dermanura azteca*, especie que se ha observado en el límite norte de la región neotropical, en las partes altas de los sistemas montañosos del centro del país en diferentes meses de la época fría del año (Villa, 1967; López-Wilchis, 1989; López-Ortega, 1994; Navarro y León-Paniagua, 1995), habitando cuevas o túneles (López-Wilchis, 1999) y explotando los carpoides de una gimnosperma como fuente principal de nutrimentos durante este período frío (López-Ortega, 2004).

Con base en el planteamiento de Graham, (1983) acerca de que sólo aquellos frugívoros capaces de compensar el gasto energético, seleccionar un refugio adecuado y con tendencia a agruparse podrían permanecer en las zonas altas de los sistemas montañosos durante el invierno y de la información que se tiene sobre los hábitos alimentarios y la disponibilidad de alimento para *Dermanura*

azteca se presenta la oportunidad de explorar ¿Qué factores determinan su arribo al refugio? ¿Qué condiciones climáticas ofrece éste a sus moradores? ¿Qué pautas conductuales sigue dentro de su habitáculo esta colonia de quirópteros frugívoros? ¿Tienen preferencias por algún intervalo de temperatura y humedad relativa? ¿Se mantienen activos o tienen la capacidad de entrar en torpor? ¿Cuál es el comportamiento de su masa corporal?

OBJETIVOS PARTICULARES

Determinar el período del año en que *Dermanura azteca* arriba al refugio así como el tiempo en que permanece en el mismo.

Caracterizar las condiciones climáticas del refugio.

Determinar si tienen preferencias por algún intervalo de temperatura y humedad relativa dentro del refugio.

Determinar si durante su estancia permanece aislado o tiende a formar grupos.

Evaluar los cambios de su masa corporal a lo largo del otoño-invierno.

CARACTERIZACIÓN DEL REFUGIO

“El Túnel” es el nombre que los lugareños dan a la cueva que utiliza como refugio *Dermanura azteca* durante el período frío del año. Es una construcción hecha a principios de siglo XX, que atraviesa de norte a sur la falda oeste del cerro Huilapitzo y presenta un derrumbe en su parte media que conforma dos túneles

totalmente independientes; el del lado sur es el que aprovechan los murciélagos para resguardarse. Su única entrada se ubica al fondo de un sendero de 15 m, bordeado por la falda de la montaña y cubierto por vegetación. En la entrada del refugio, un derrumbe del lado derecho forma un montículo que se eleva por arriba de un metro, el cual hay que descender para tener acceso al túnel. Está construido en línea recta y sin pendiente, mide 290 m de largo, 2.5 m ancho y 4 m de altura. A los 180 m de la entrada hay una grieta en el techo por la que escurre agua y forma dos canales que corren a ambos lados de la pared del refugio desde los 180 m hasta los 40 m de la entrada. Cuarenta metros más adentro de este punto, (220 m), se localiza un derrumbe que comunica a una segunda cámara de 70 m a través de una pequeña abertura a la altura del techo. Al fondo de esta última cámara se presenta un desplome que impide totalmente el paso (Figura 2). Tanto las paredes como el techo del refugio muestran una superficie áspera; más aún, con el desprendimiento de algunas partes de la bóveda se han formado oquedades y grietas dando un aspecto más accidentado a este refugio.

MÉTODOS

Se efectuaron 24 salidas mensuales al cerro Huilapitzo por espacio de dos días cada una, de julio de 1991 a julio de 1993; a la cueva denominada “El Túnel”.

Para la caracterización climática del refugio se marcaron puntos a todo lo largo, cada 20 metros; en cada uno de ellos se registró la temperatura del aire (T_{AR}) y de la pared (T_{PR}) así como la humedad relativa (HR_R). El registro de las temperaturas se efectuó por medio de termómetros de vidrio Prooper TPC5 de -10 a 50 °C y la humedad mediante un higrómetro Taylor, Mason’s 5522. Los termómetros e higrómetro se mantuvieron en los sitios marcados por espacio de 5 minutos para realizar los registros. La temperatura ambiente exterior (T_A) durante el mismo período se obtuvo de la estación metereológica de Tlaxco.

Para evaluar el comportamiento climático dentro y fuera del refugio, primero se graficó la marcha de las temperaturas promedio mensuales. Posteriormente, se optó por el análisis de correlación de Pearson para explorar si estas temperaturas presentaban el mismo comportamiento y, mediante la prueba de Mann-Whitney estandarizada a valores de z , si existían diferencias entre sus medias (Zar, 2001).

Para evaluar la estabilidad climática del refugio se compararon las temperaturas promedio mensual T_{AR} , T_{PR} y HR_R de un año contra otro a través del análisis de correlación y mediante la prueba de t se determinó si existían diferencias significativas entre sus medias (Zar, 2001).

El efecto de la masa de aire externa sobre las condiciones climáticas del refugio se exploró mediante el análisis de regresión simple y la correlación cruzada de las temperaturas promedio mensuales entre T_{AR} , T_{PR} y T_A a lo largo del tiempo de estudio. Para examinar el grado de perturbación de la masa de aire externa sobre las temperaturas y humedad relativa que experimenta la cueva desde su entrada hasta el final del mismo, se utilizó la varianza como una medida de la oscilación y la prueba de robustez de Levene para homogeneidad de varianzas.

COMPORTAMIENTO DE LA COLONIA

Para evaluar la influencia de la temperatura sobre el arribo al refugio y salida *D. azteca* del mismo a lo largo del año, se colocó una red a la entrada de la cueva y se efectuaron recorridos para registrar el número de individuos presentes. Por medio de un análisis de correlación cruzada se exploró la posible influencia de la T_A con el número de murciélagos observados mensualmente a través del otoño-primavera (Zar, 2001).

Tomando como referencia las marcas establecidas a lo largo de “El túnel”, se registraron las zonas del refugio donde perchan los individuos de *D. azteca* y si permanecen aislados o forman pequeños o grandes grupos.

De cada murciélago capturado en la red y durante los recorridos con una red de mano, se registró: sexo, edad (se consideraron dos categorías jóvenes y adultos, de acuerdo con Anthony 1988) y condición reproductiva (posición de los testículos y evidencia de lactancia, según Racey, 1988).

Los registros de la masa corporal se obtuvieron mediante el uso de una balanza electrónica con precisión de 0.1 g. Con estos datos se evaluaron los cambios en masa corporal a través del período invernal y se exploró su posible relación con el descenso de temperatura tanto externa como interna del refugio mediante el análisis de correlación de Pearson (Zar, 2001)

RESULTADOS

CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL REFUGIO

El promedio mensual de la temperatura del ambiente y de la pared del refugio, se mantuvo entre los 9 y 12 °C a lo largo del período de trabajo de campo, mientras que la temperatura promedio mensual registrada en la zona, por la estación meteorológica de Tlaxco, osciló entre los 5 y 16 °C. Aún cuando la fluctuación en las temperaturas difirió marcadamente dentro y fuera del refugio su comportamiento fue similar (T_{AR} vs T_A : $r = 0.5934$, $p = .0014$; T_{PR} vs T_A : $r = 0.5513$, $p = .0035$) ya que los períodos de descenso e incremento de las temperaturas (figura 3) corresponden y las pruebas de Mann-Whitney aplicadas a los datos indicaron que sus medias fueron similares alrededor de los 10.5 °C ($z = 1.55$, $p = 0.890$; $z = 1.23$, $p = 0.67$ respectivamente).

Si bien es cierto que las fluctuaciones en las temperaturas promedio mensuales dentro del refugio fueron pequeñas, los análisis de correlación entre los años del estudio no mostraron tendencias definidas (T_{AR} ; $r = 0.3599$, $p = 0.25$ y T_{PR} ; $r = 0.2136$, $p = 0.50$), esto se puede apreciar en la figura 4a y 4b, en las que se observa que el periodo 91-92 muestra oscilaciones mayores que el periodo 92-93. No obstante la diferencia en su tendencia, las pruebas de t indicaron que sus medias son iguales (T_{AR} ; $t = 1.86$, $p = 0.07$; T_{PR} ; $t = 1.58$, $p = 0.12$) y ponen de manifiesto la estabilidad climática de este refugio.

Los análisis de correlación entre la T_{AR} ; T_{PR} y T_A , indicaron que existe una dependencia entre las temperaturas (T_{AR} vs T_A : $r = 0.5934$, $p = .0014$; T_{PR} vs T_A : $r = 0.5513$ $p = .0035$), mientras que la correlación cruzada mostró una relación directa entre ellas con un ciclo de aproximadamente 12 meses (Figura 5a, b).

Al graficar la varianza de las temperaturas promedio en los puntos marcados cada 20 m a lo largo de “El túnel” (figura 6a y b) se observó que los valores de dispersión descenden gradualmente conforme se alejan de la entrada. La prueba de Levene para igualdad de varianzas mostró que existen diferencias significativas entre las temperaturas promedio a través de “El Túnel” (T_{AR} ; Prueba de Levene = 4.0736376, $P = 0.00001019$ y T_{PR} ; Prueba de Levene = 4.1234214, $P = .000008321$). Sin embargo, a partir de los 60 m y hasta el final del mismo, la prueba de Levene mostró homogeneidad de varianzas tanto para la T_{AR} como para T_{PR} (Prueba de Levene = 1.997338, $P = 0.0965779$; Prueba de Levene = 1.429553, $P = 0.1927911$) confirmando la escasa perturbación de la masa de aire externa sobre las condiciones climáticas del refugio en la medida que se adentran al mismo. Las temperaturas a través del refugio mostraron un comportamiento diferente a sus varianzas ya que T_{AR} y T_{PR} se incrementan lentamente en la medida que se alejan de la entrada, presentándose los registros más altos en el fondo del refugio (Figura 6a y 4b).

La humedad relativa del refugio osciló entre los 89 a 92 % durante los dos años de estudio (Figura 3). Los valores de correlación no mostraron tendencia alguna de un año a otro ($r = 0.07$; $p = 0.82$) y la prueba de t indicó que sus medias son iguales (HR_R ; $t = 0.92$, $p = 0.36$). En cuanto al comportamiento de la humedad relativa a lo largo de “El Túnel” se observó un tendencia similar a la temperatura pues los porcentajes más altos de humedad se obtuvieron al fondo del refugio; la prueba de Levene reveló que existen variaciones a través del refugio (HR_R : Prueba de Levene = 2.306, $p = 0.009$) pero, después de los 60 m (figura 7) las fluctuaciones fueron tan pequeñas que no hubo diferencias significativas (Prueba de Levene = 0.717, $p = 0.693$).

COMPORTAMIENTO DE LA COLONIA

En la figura 8 se representa la marcha mensual de la T_A y la presencia de *Dermanura azteca* en el refugio. Se observa que las temperaturas de verano se encuentran por arriba de los 12 °C y que a fines del otoño la temperatura del área descende por debajo de los 10 °C momento en el cual *Dermanura azteca* arriba a su refugio.

A través del invierno, cuando se registraron las T_A más bajas (5 y 6 °C); en “El Túnel” se concentró el mayor número de individuos de la colonia de *D. azteca*. A fines de abril principios de mayo, la temperatura promedio mensual de la zona ascendió por arriba de los 12 °C, momento en el cual la colonia abandonó el refugio hasta el siguiente período otoño-invierno mostrando el mismo comportamiento durante el nuevo ciclo (Figura 8). La correlación cruzada hizo evidente el arribo paulatino de este murciélago frugívoro al túnel al establecerse después de cinco meses una relación inversa pero significativa entre la temperatura ambiente externa y el ingreso de *D. azteca* a su refugio (Figura 9).

Durante su estancia en “El Túnel” la colonia de murciélagos tiende a formar un grupo compacto indistintamente a los 140 o 200 m en una oquedad en el techo del refugio. Los individuos de la periferia arquean el cuerpo hacia delante y sus brazos los colocan frente al rostro, de tal forma que sólo se observan los dorsos de cada uno de ellos.

La temperatura promedio del ambiente y la pared en cada uno de estos sitios fueron iguales (140 m: media = 10.9 °C; 200 m: media = 11.6 °C), pero significativamente diferentes entre ellos (T_{AR} : $t = 5.04$, $gl = 76$, $p = 0.001$; T_{PR} : $t = 5.90$, $gl = 76$, $p = 0.001$).

Al revisar el comportamiento de la masa corporal (M_C) promedio mensual de *D. azteca* (figura 10), se observa que al inicio del período frío (septiembre) esta colonia presentó una masa de 22.4 g en promedio y a finales de febrero, cuando las temperaturas son más bajas en la zona, se registró una pérdida de 1.82 g (8.12% de su M_C al inicio de la época fría), mientras que a; hacia finales del invierno (marzo) la colonia tiende a incrementar su M_C perdiendo al final del invernal sólo el 2.9% de su masa inicial. La tasa de pérdida de masa corporal a lo largo del otoño-invierno fue de 0.003611 g/día.

El análisis de correlación de Pearson mostró que la pérdida de masa corporal es independiente de las temperaturas del refugio (T_{AR} vs M_C : $r = 0.6344$, $p = 0.0911$; T_{PR} vs M_C : $r = 0.2916$, $p = 0.4834$). Más no así con respecto a la T_A de la que mostró una dependencia marginal (T_A vs M_C : $r = 0.6963$, $p = 0.0557$).

DISCUSIÓN

CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL REFUGIO

Los resultados del presente estudio revelaron que el refugio invernal de *D. azteca* mostró una variación promedio mensual de sólo tres grados centígrados (9 a 12 °C) durante los dos años de trabajo de campo (figura 3 y 4). Diez años antes López-Wilchis (1989) había registrado este mismo comportamiento climático en esa misma cueva al estudiar a una población del murciélago insectívoro *Corynorhinus mexicanus*. Los datos obtenidos en dos períodos distintos muestran la poca variación climática que el habitáculo mantuvo durante esta década.

De acuerdo con McNab (1974) las condiciones climáticas de una cueva o minas son perturbadas por el movimiento de gas atmosférico hacia su interior, efecto que debería reflejarse en una estrecha relación entre la temperatura externa e interna. Aunque el análisis de correlación indicó que existe una dependencia entre las temperaturas, los análisis de regresión revelaron la exigua influencia que tuvo la masa de aire externa sobre las temperaturas del hábitat *D. azteca* ($r^2 = 0.35$; $P = 0.0014$ y $r^2 = 0.30$; $P = 0.0035$ respectivamente). Los valores del coeficiente de determinación (r^2) sólo pueden explicar el 35 y 30% de la variación en la T_{AR} y T_{PR} respectivamente, debida a la variación en T_A . El valor de la pendiente mostró que, un incremento en un grado centígrado en la T_A afectó una décima de grado a la T_{AR} ($m = 0.12$), y sólo ocho centésimas a la T_{PR} ($m = 0.08$). El escaso efecto de T_A a lo largo del habitáculo disminuye de manera drástica después de los 60 m con oscilaciones menores a medio grado centígrado (figura 6), y pone de manifiesto que las características morfológicas que posee “El Túnel” como son: la presencia de una sola entrada, su profundidad, altura, amplitud y ausencia de pendiente impiden el intercambio térmico entre estos ambientes y, en consecuencia, se

propicia una marcada estabilidad climática para el refugio. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Twente (1955); Dwyer (1971) y McNab (1974) para refugios con características similares en las zonas templadas Neárticas. Otro factor que soporta la estabilidad climática del refugio es la escasa variación de la humedad relativa que se registró. Si se tiene en cuenta que esta variable es fuertemente influenciada por la temperatura y que después de los 60 m prácticamente se mantiene estable (figura 7), se pone de manifiesto el importante papel que esta construcción juega al proveer un clima estable y aislar a sus moradores de las variaciones ambientales externas que pueden oscilar algunos días hasta más 15 °C.

COMPORTAMIENTO DE LA COLONIA

Aún cuando no se tiene una idea clara de lo que sucede con *D. azteca* durante el período cálido, si permanece en la zona o se dispersa a cortas distancias en pequeños grupos, lo cierto es que su estilo de vida es parecido al de los murciélagos insectívoros sedentarios o regionales de zonas templadas al arribar y abandonar sus refugios de manera paulatina en respuesta a las bajas temperaturas del aire, congregarse en cuevas, túneles o minas y mostrar preferencia por sitios particulares dentro del refugio (Fleming y Eby, 2003). Este mismo fenómeno se ha observado en murciélagos insectívoros como *Corynorhinus mexicanus* y *Myotis velifera* que comparten “El Túnel” con *D. azteca* (López-Wilchis, 1989), en especies de Norteamérica como *Myotis sodalis*, *Eptesicus fuscus*, *Corynorhinus rafinesquii*, *Antrozous pallidus*, *Macrotus californicus*, *Myotis lucifugus*, *M. grisescens*, *Pipistrellus subflavus* (Barbour y Davis, 1969; Cope y Humphrey, 1977; Clawson *et al.* 1980; Richter *et al.* 1993).

Aunque algunos individuos de *D. azteca* permanecen en el área y ocasionalmente usan la cueva para alimentarse durante el período cálido (López-Wilchis, 1999), nunca se observó la conformación de una colonia como la de invierno y sólo se encontraron de uno a tres individuos durante el verano en el período que duro el estudio.

Diversos autores reportan que refugios con temperaturas entre los 2 y 12 °C en las zonas templadas proveen sitios adecuados para la hibernación. Dwyer (1971) predice que los murciélagos que ocupan estos refugios entran voluntariamente en torpor, permanecen inactivos, son insectívoros y su temperatura corporal es cercana a la del aire. La temperatura que mantiene la cueva “El Túnel” en estudio se encuentra en el límite superior propuesto por Dwyer y las predicciones realizadas para el tipo de murciélagos que habitan este tipo de refugios concuerdan perfectamente con la presencia de *Corynorhinus mexicanus* y *Myotis velifera* (López-Wilchis, 1989), pero no para *D. azteca* que durante su permanencia en el refugio basó su dieta en frutas y se presume que no entra en torpor, porque, durante las incursiones al refugio en diferentes meses como horas del día, el grupo se disgrega mucho antes de llegar al sitio donde pernoctan, a diferencia de las otras dos especies que permanecen en torpor aún cuando sean ligeramente perturbadas.

Los registros de temperatura corporal (T_C) de este frugívoro en diferentes meses, condiciones climáticas y circunstancias mostraron datos interesantes. En diciembre de 1991, la T_C promedio de 13 murciélagos, que se encontraban formando un grupo compacto fue de 30 ± 2.5 °C en T_{AR} 10.6 °C. En enero de 1992, 36 individuos se mantuvieron en costales de manta a la intemperie por espacio de 2 a 3 horas y su T_C promedio fue 28.5 °C en T_A de 6 °C. Por otra parte López-Wilchis (1999) reportó en febrero de 1992 la temperatura rectal de un individuo de *D. azteca* fue de 13.9 °C y la del sustrato 11.6 °C. Estos registros sugieren que este murciélago frugívoro puede mantener una T_C elevada

independientemente de T_A o regular su T_C en diferentes puntos por debajo de los niveles normales de los eutermos (Speakman y Thomas 2003). Un comportamiento similar se ha observado en otros frugívoros como *Sturnira erythromos*, *S. liliium*, *Carollia perspicillata* y *Megaloglossus woermanni* que en T_A entre los 14 y 25 °C pueden comportarse como endotermos o entrar en torpor, reduciendo su T_C hasta 23 y 26 °C (Audet y Thomas, 1977; Soriano *et al.* 2002).

Es interesante hacer notar que el análisis de distribución de la T_C de los 36 individuos *D. azteca* capturados en enero de 1992 mediante estimadores de densidad por Kernel (Salgado-Ugarte 2002) reveló la presencia de tres grupos (sugeridos por el hombro y las dos modas de la distribución), que pueden ser interpretados como dos patrones termorreguladores (figura 11): el primero de ellos mantiene una T_C promedio elevada de 31 ± 1.3 °C ($n = 7$) que podría considerarse como propia de eutermos, mientras que el segundo grupo está constituido por dos partes que se comportan como hipotermos: uno que permite el descenso de su T_C un par de grados por debajo de los niveles normales de los eutermos (30 – 40 °C [Speakman y Thomas 2003]) y el otro baja su T_C hasta 7 °C (media: 24.5 °C \pm 0.844 °C ($n = 6$)). Estos datos reflejan la capacidad y flexibilidad para regular el control de su T_C que puede presentarse entre los diferentes individuos expuestos a condiciones ambientales similares.

Algunos investigadores han inducido experimentalmente una respuesta hipotérmica en especies de murciélagos al bajar la temperatura del aire, suministrar bajas cantidades de alimento y agua (Rasweiller, 1973; Studier y Wilson, 1979; Vogt y Lynch, 1982; Calder, 1994). De estos tres últimos factores que podrían inducir el descenso en la temperatura corporal de *D. azteca*, el agua puede ser descartada, debido que este recurso se encuentra accesible en forma líquida y en altos porcentajes de humedad relativa dentro del refugio.

Aún cuando el alimento es abundante en los alrededores de la cueva (López-Ortega, 2004), bajo determinadas circunstancias puede estar restringido debido a las fuertes lluvias, condiciones lunares (Morrison, 1978a), bajas temperaturas nocturnas (Soriano *et al.* 2002) y heladas (Vidal y García, 1990) que pueden impedir o limitar el tiempo de forrajeo disponible para estos frugívoros y, ante estas condiciones, podrían optar por el torpor superficial o hipotermia al día siguiente de no haber consumido alimento por la noche. Este fenómeno fue observado por Audet y Thomas en 1997 durante sus experimentos: al privar de alimento al anochecer a individuos de *Carollia perspicillata* y *Sturnira lilium* encontraron que la mayoría de ellos exhibían un estado de hipotermia a la mañana siguiente.

Si bien la temperatura juega un papel determinante en la selección de refugios para los quirópteros de zonas templadas y frías (Kunz, 1973; McNab, 1974; Betts, 1977; Ormsbee y McComb, 1988;; Richter *et al.* 1993; Hamilton y Barclay, 1994; Vonhof y Barclay, 1996; Callahan *et al.* 1997); los datos sugieren que *D. azteca* no selecciona este refugio en función de la temperatura sino por su marcada estabilidad climática, pues las temperaturas entre 9 y 12 °C son consideradas como condiciones de estrés térmico por más de 48 horas en estudios experimentales (McManus y Nellis, 1972; McNab, 1982; Neuweiler, 2000). De esta forma, estas son las temperaturas más bajas registradas para un refugio habitado por un filostómido (Speakman y Thomas, 2003; Avila-Flores y Medellín, 2004). Bajo este escenario, las temperaturas corporales de 30 °C registradas para *D. azteca* pueden ser explicadas en función del consumo diario de alimento, su comportamiento de agruparse y algunas de sus características anatómicas tales como su masa corporal y pelaje que permiten a esta colonia mantener T_C en el límite inferior de los eutermos (Speakman y Thomas, 2003).

Las $T_C < 30$ °C probablemente sean el resultado de un efecto sinérgico de la incapacidad temporal para obtener alimento, las condiciones de estrés térmico del

refugio y las bajas temperaturas ambientales de enero-febrero que podrían obligar a los murciélagos a relajar su temperatura corporal e ingresar a un estado de torpor facultativo o hipotermia. Esta respuesta fisiológica permitiría a los murciélagos reducir su gasto energético. Audet y Thomas (1997) calcularon que *Sturnira liliium* bajo condiciones de hipotermia puede economizar entre un 10 y 30% de sus reservas energéticas. Es probable que *D. azteca* presente el mismo mecanismo de ahorro energético al reducir su temperatura corporal, que podría reflejarse en la escasa pérdida de masa corporal a lo largo del período frío del año (entre 2 - 8%) en comparación con los insectívoros que pierden una porción significativa (20 - 50%) de su M_C (Davis, 1970; Humphrey y Kunz, 1976) pero, principalmente, a su consumo constante de alimento basado en carpoides de *Juniperus deppeana*.

La capacidad fisiológica de regular su temperatura corporal, la marcada estabilidad climática del refugio y la disponibilidad de una fuente abundante de alimento que les permite contrarrestar el alto costo energético que imponen las zonas templadas durante el invierno a los eutermos parecen ser los principales factores que han permitido que *Dermanura azteca* pueda permanecer durante el invierno por arriba de los 3220 m en las zonas templadas de la América tropical.

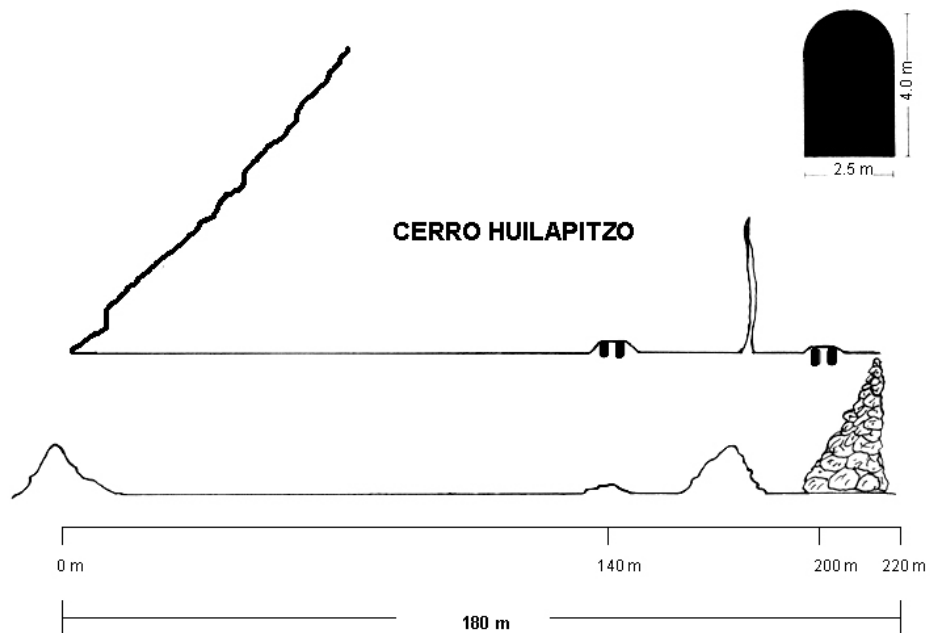


Figura 2. Muestra la primera cámara del refugio de *Dernauro azteca* y los sitios donde pernocta (modificada de Lopez-Wilchis, 1989).

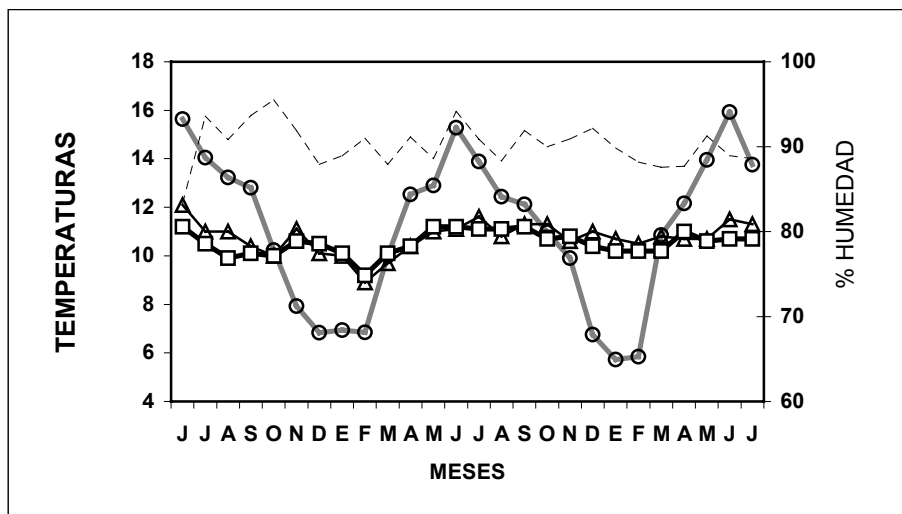


Figura 3. Muestra los registros de la temperatura promedio mensual dentro y fuera del refugio. La línea con triángulos corresponde a la temperatura ambiente del refugio (T_{AR}). La línea con cuadros a la temperatura de las paredes de la cueva (T_{PR}); la línea con círculos a la temperatura ambiente exterior (T_A) y la línea punteada el % de humedad relativa.

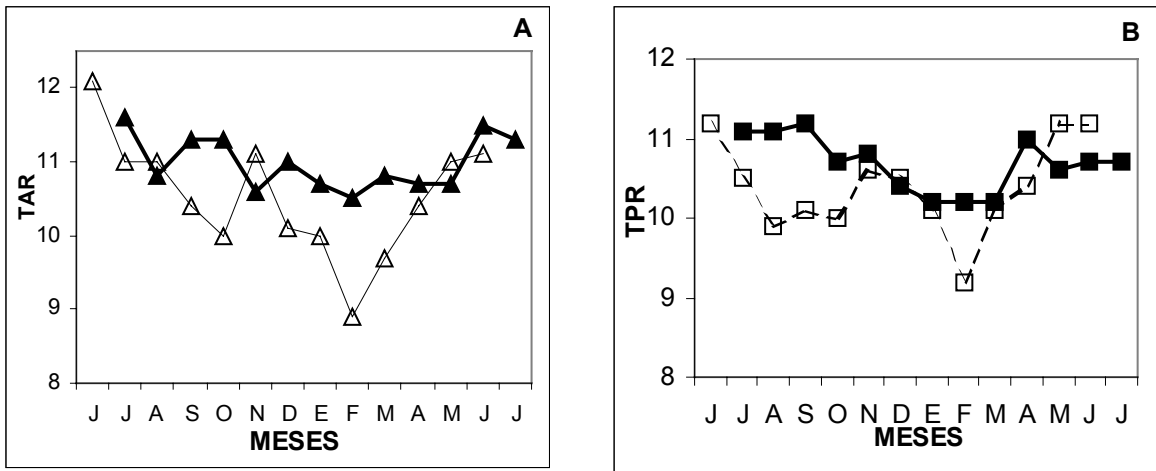


Figura 4. Comportamiento anual de la temperatura ambiente (T_{AR}) y de las paredes del refugio (T_{PR}). a) Los triángulos abiertos corresponden a la temperatura ambiente durante el período 91-92, en tanto los sólidos corresponden al período 92-93. b) Los cuadrados abiertos corresponden a la temperatura de las paredes de la cueva en el período 91-92, en tanto los cuadros sólidos de 92-93.

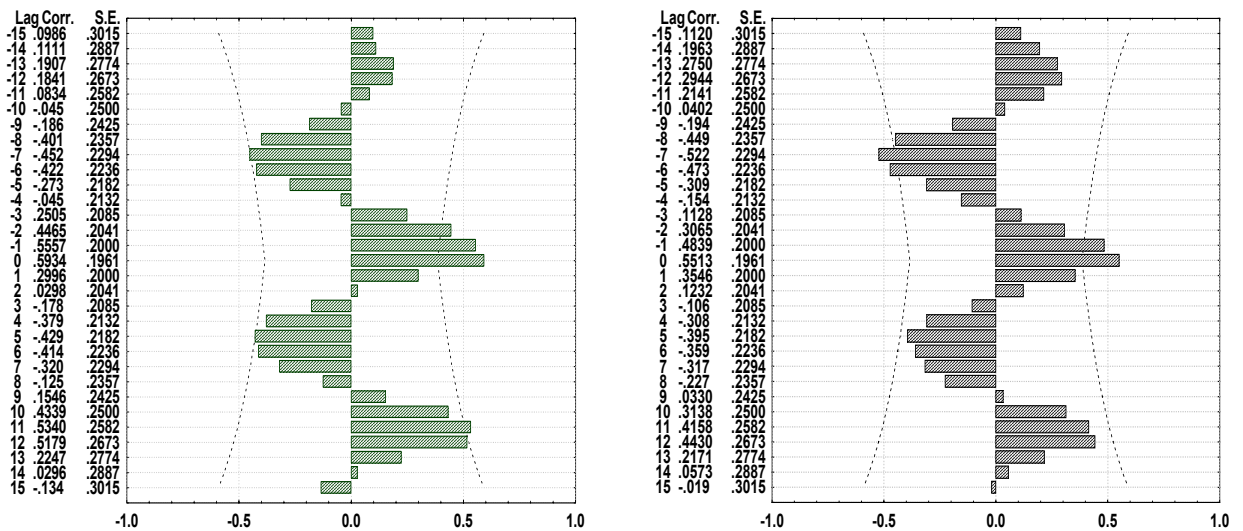


Figura 5a, b. Correlación cruzada entre la temperatura ambiente externa y la temperatura del ambiente y paredes del refugio.

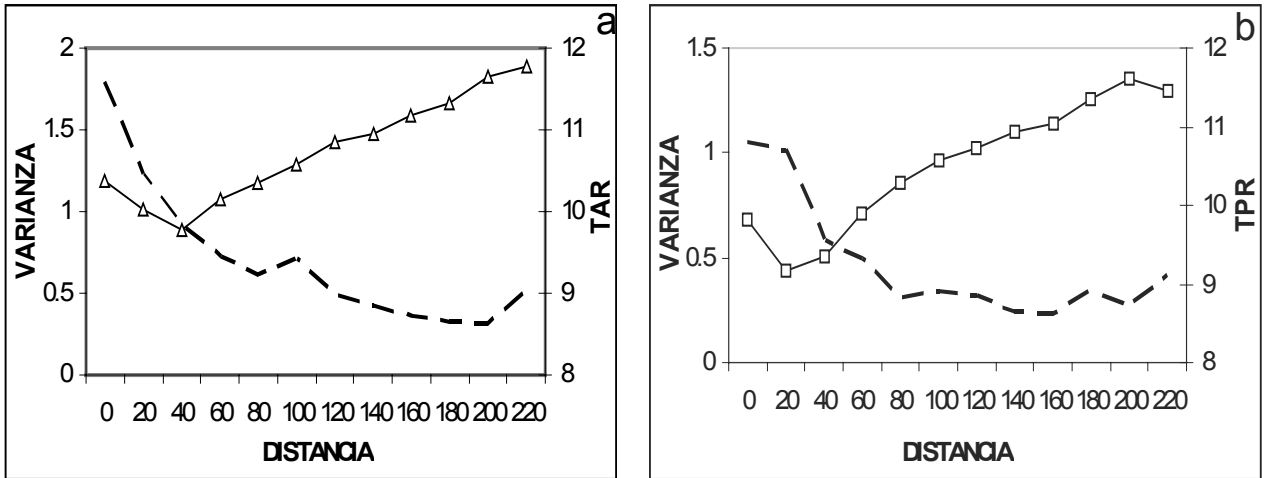


Figura 6. Comportamiento de las varianzas de las temperatura promedio mensual y la temperatura promedio a lo largo del refugio. a) temperatura de la masa de aire del refugio. b) temperatura de las paredes del refugio.

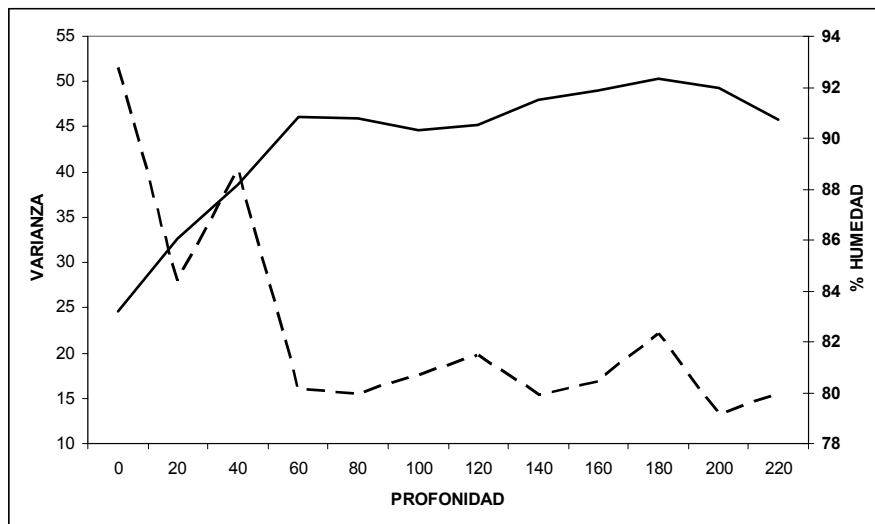


Figura 7. Comportamiento de la humedad promedio mensual y su varianza a lo largo del refugio. La línea continua indica la humedad promedio; la línea punteada la varianza de la humedad promedio.

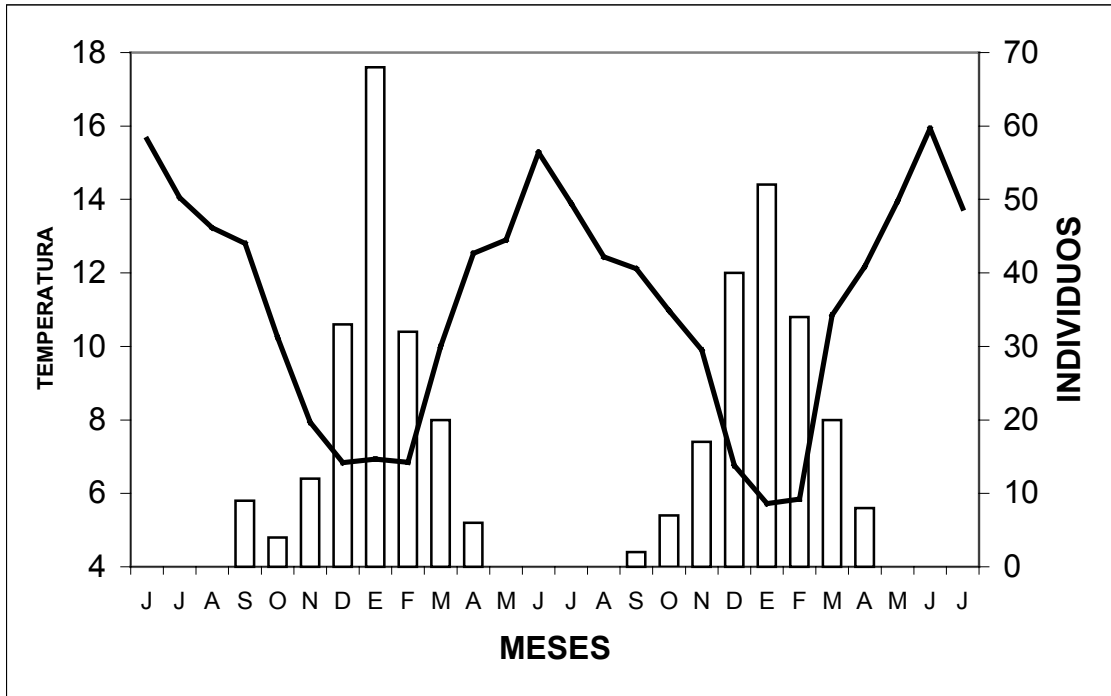


Figura 8. Muestra los meses del año en que *D. a azteca*, penetra al refugio y la marcha de la temperatura del área. La línea corresponde a T_A. Las barras representan el número de individuos observados dentro del refugio.

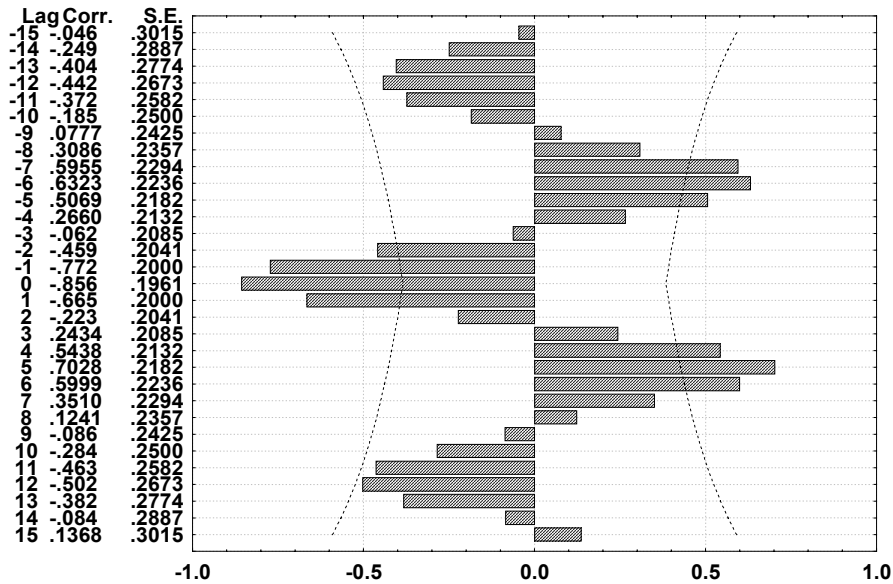


Figura 9. Correlación cruzada entre la temperatura ambiente externa y el número de murciélagos observados en el refugio.

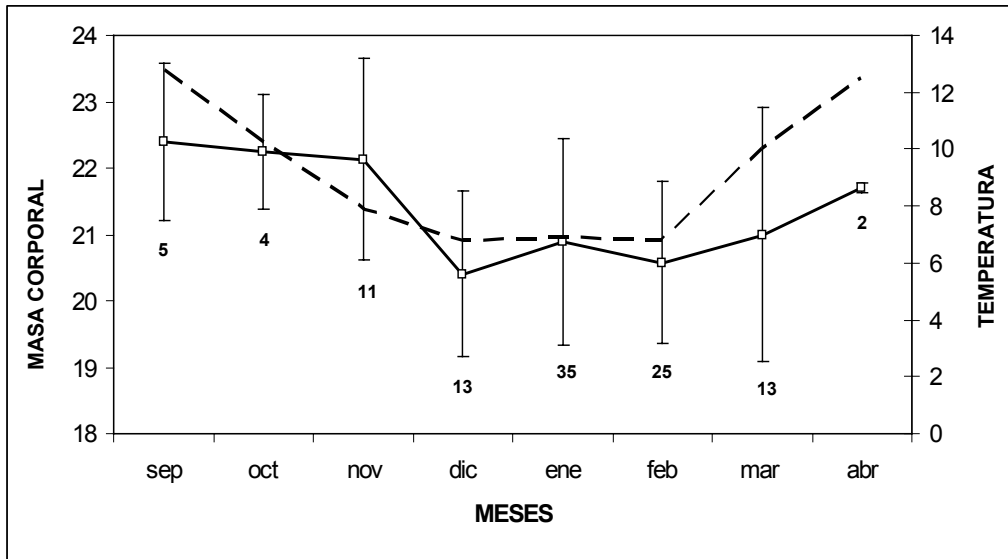


Figura 10. Muestra los cambios en la masa corporal de *D. azteca* y la marcha de la temperatura ambiente externa a lo largo del otoño-invierno de 1992. La línea continúa representa el comportamiento promedio mensual de la masa corporal, las barras verticales la desviación estándar y los números por debajo de las barras el tamaño de muestra. La línea punteada corresponde la temperatura ambiente externa.

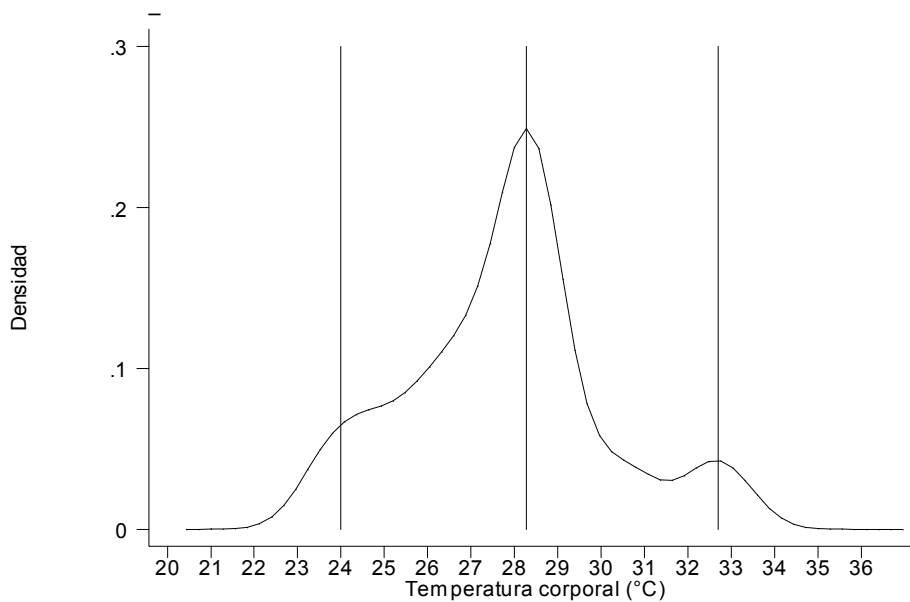


Figura 11. Muestra la distribución de la temperatura corporal para 36 murciélagos que formaban un grupo compacto y expuesto a T_A de 6 °C por espacio de 2 a 3 horas. Las líneas verticales muestran la posición de las tres modas.

HÁBITOS ALIMENTARIOS DE UNA COLONIA DE *Dermanura azteca* EN UNA ZONA TEMPLADA DE MÉXICO

INTRODUCCIÓN

Dermanura azteca es una de las pocas especies de estenoderminos que logran penetrar más allá de los 3000 msnm, donde se encuentran las zonas templadas o frías de la América tropical, y en México se encuentra asociada a bosques de pino, encino y oyamel (Villa, 1967; Davis, 1969). Los murciélagos que habitan las zonas templadas deben enfrentar las bajas temperaturas y la escasez de alimento (McNab, 1982), factores que de acuerdo con Huey (1991) incrementan el gasto metabólico de los endotermos ya que se ve fuertemente influenciado por la temperatura ambiente. Más aún, el mismo autor sugiere que la demanda de alimento se incrementa en la medida que baja la temperatura, por tanto la endotermia únicamente puede ser mantenida cuando existen cantidades adecuadas de alimento.

Los estenoderminos basan su dieta en flores, frutas, polen, néctar e inclusive insectos (Gadner, 1977), recursos estacionalmente escasos en ambientes dominados por bosques de coníferas por lo que, aunado a su incapacidad de regular la temperatura corporal (McNab, 1969), tienen que migrar hacia zonas donde las condiciones ambientales sean más favorables y exista un aporte constante de alimento (McNab, 1982; Speakman y Racey, 1989).

No obstante, varios registros indican que *Dermanura azteca* permanece a altitudes elevadas en algunos puntos de su distribución durante la época fría del año, cuando las condiciones de temperatura y por ende la disponibilidad de alimento, se tornan más severas. Villa (1967) cita la presencia de esta especie en una mina en el Estado de México a 2300 m en el mes de septiembre; Navarro y León-

Paniagua (1995) encuentran algunos individuos en una cueva en la parte alta del estado de Querétaro durante el invierno, mientras que Morales-Malacara y López-Wilchis (1990) y López-Wilchis (1999) reportan que este quiróptero permanece todo el año en un túnel a una altitud de 3220 m en el estado de Tlaxcala. Las observaciones realizadas durante varios años en esta última localidad, originaron las siguientes preguntas: ¿Qué estrategia siguen los individuos de *D. azteca* para permanecer en esta zona durante la estación fría?, ¿De qué se alimenta durante su estancia en este refugio? y ¿El alimento disponible se encuentra cerca del refugio de esta especie o se desplaza distancias considerables para conseguirlo?

OBJETIVO PARTICULARES

Determinar los hábitos alimentarios de *Dermanura azteca*.

Evaluar la disponibilidad de alimento en la zona.

MÉTODOS

Para estudiar los hábitos alimentarios de esta colonia de quirópteros se efectuaron 24 salidas mensuales, por espacio de dos días cada una, de julio de 1991 a julio de 1993. La dieta se determinó con base en el análisis de los restos de alimento, excretas y contenido estomacal; este último, se realizó sólo durante uno de los dos períodos fríos del año para evitar el sacrificio de muchos organismos.

Los restos de alimento se obtuvieron de dos sitios: 1) “El Túnel”, que los murciélagos utilizan como refugio durante la época fría del año, y 2) una oquedad,

ubicada a un kilómetro al este en línea recta con respecto a “El Túnel”, que emplean como sitio de alimentación (Figura 1). En agosto de 1991, al inicio del estudio, de ambos sitios se retiraron todas las semillas acumuladas hasta ese momento. A partir de septiembre de 1991 se evaluó mes con mes, la proporción de cada una de las especies que este murciélago consume en términos del porcentaje total de los restos identificables. Debido a que en ambos sitios los porcentajes de los elementos que componen la dieta de este murciélago fueron muy similares, se consideraron como una sola muestra en este trabajo ($X^2 = 0.137$; $gl = 2$; $p > 0.90$). Para el análisis del contenido estomacal, tres murciélagos fueron sacrificados cada mes, de noviembre de 1991 a abril de 1992; los aparatos digestivos se separaron del cuerpo y se conservaron en formalina al 10 %; posteriormente se seccionaron y su contenido se hirvió por unos cuantos segundos en solución de Hertwig (DeBlase y Martín, 1974).

Las excretas se obtuvieron al mantener de tres a cinco murciélagos en bolsas de manta por espacio de 3 horas (Humphrey *et al.* 1983); debido a la constitución del excremento fue imposible determinar el número de excretas, de tal forma que todas fueron reunidas en una muestra mensual y transportadas en bolsa de papel al laboratorio. Las muestras se secaron a una temperatura de 50 °C para evitar la proliferación de hongos y posteriormente fueron tratadas con la solución de Hertwig (DeBlase y Martín, 1974).

Tanto para el contenido estomacal como para las excretas de cada muestra mensual se elaboraron de 5 a 10 preparaciones, dependiendo de la cantidad de material, se revisaron 30 campos por preparación y se registró la frecuencia en que ocurrió cada planta.

PERÍODOS DE FRUCTIFICACIÓN

Para corroborar la presencia-ausencia de frutos disponibles en las inmediaciones del refugio se establecieron seis sitios a lo largo del camino entre el pueblo de Tecomalucan y “El Túnel”. Se consideró que un árbol tenía frutos si al menos en cinco de sus ramas los presentaban. De *Juniperus deppeana*, se seleccionaron 300 árboles distribuidos en cuatro de los manchones (sitios 3-6, figura 1); de *Prunus capuli*, se revisaron 50 individuos (sitio 2, figura 1) y 40 de *Crataegus mexicana* (sitio 1, figura 1).

RESULTADOS

La colonia de *Dermanura azteca*, compuesta de 10 a 60 individuos, arribó a “El Túnel” de septiembre al mes de abril, formando un grupo compacto después de los 100 m dentro del refugio.

Los hábitos alimentarios determinados para esta colonia de murciélagos están basados en la revisión de 34,565 semillas, 3,180 campos de 106 preparaciones de excretas y 1,560 campos de 18 tractos digestivos. Todos los análisis revelaron que de otoño a mediados de primavera su dieta se compone exclusivamente de frutas. De las 34,565 semillas, 32,689 correspondieron a *Juniperus deppeana*; 1,238 a *Prunus capuli* (capulín) y 638 *Crataegus mexicana* (tejocote). Esta es la primera vez que se documenta el consumo sostenido y de manera abundante de los conos de *J. deppeana* por *D. azteca*. Más aún, el análisis mensual muestra que este frugívoro durante el otoño-invierno basó su alimentación principalmente (94-100%) en los conos de esta planta, e incorporó de manera ocasional frutos de tejocote (2 - 5 %) a los que substituyó por frutos de capulín a finales del invierno; este recurso

se hizo más frecuente en los restos de alimento, conforme avanzó la primavera, hasta representar más del 30 % de su dieta a mediados de esta estación (Figura 12). Tanto el análisis de contenido estomacal como el de excretas corroboraron el consumo de conos de *J. deppeana* (Figura 13a). En todos los campos revisados sólo se encontraron fibras de esta gimnosperma, excepto en las excretas de marzo de 1992 que presentaron fragmentos de *Prunus capuli* (Figura 13b) en el 5 % de los 142 campos revisados. Nunca se observaron restos de pulpa o epidermis de tejocote.

Durante el verano la colonia abandonó el refugio y es probable que haya permanecido en la zona, porque se colectaron tres individuos en redes colocadas en el bosque; no obstante a través de este lapso no se obtuvieron restos de alimento ni excretas.

FRUCTIFICACIÓN

De los árboles que explota *Dermanura azteca* como fuente de alimento, *Juniperus deppeana* es una gimnosperma con una fase muy larga de maduración de sus conos, mientras que *Prunus capuli* y *Crataegus mexicana* son angiospermas marcadamente estacionales, con períodos más largos de fructificación que los de floración.

La presencia de los estróbilos femeninos o conos de *J. deppeana* en diversos estadios se registró durante todo el año. Estas plantas presentaron generaciones sobrepuestas de conos debido a que los que se formaron en la primavera maduraron lentamente hasta agosto u octubre, del siguiente año. De esta forma los conos pequeños fueron abundantes en la primavera, mientras que los de talla mediana fueron los más copiosos a todo lo largo del año y los grandes se

encontraron mejor representados desde el otoño hasta fines del invierno (Figura 14a).

Los capulines presentaron una fuerte asincronía temporal entre los individuos en la producción de frutos; inclusive dentro de un mismo árbol las ramas no fructificaron al mismo tiempo. Este fenómeno provocó que la temporada de frutas disponibles se extendiera por espacio de siete meses. Las primeras frutas inmaduras se presentaron a fines de enero o principios de febrero, a partir de marzo se observaron las primeras frutas maduras pero el pico máximo de fructificación se registró en mayo-junio y terminó a fines de agosto (Figura 14b).

Los árboles de tejocote fructificaron de manera explosiva. Este proceso se inició en abril y durante septiembre los frutos se tornaron amarillos al alcanzar la madurez, un mes después, pero el mayor número de frutas maduras se presentó de noviembre a diciembre y, a principios de enero, los pocos frutos que permanecían en los árboles estaban decadentes (figura 14c).

DISCUSIÓN

Dos reportes previos a este estudio (Morales-Malacara y López-Wilchis, 1990 y López-Wilchis, 1999) citan que *Dermanura azteca* permanece en “El Túnel” a lo largo del año, sin embargo, durante los dos ciclos anuales que abarcó este trabajo, la colonia de *D. azteca* se refugió sólo de septiembre a mediados de abril, momento que permitió registrar sus hábitos alimentarios.

Registros sobre la dieta de este murciélago mencionan el consumo de conos de *Cupressus* (Ceballos y Galindo, 1984; López-Wilchis, 1999), pero en este estudio nunca se registró la presencia de esta gimnosperma. Es poco probable que los

conos de *Cupressus* pudieran ser explotados por este murciélago *D. azteca* ya que, si bien ambos árboles son miembros de la familia Cupressaceae, sus conos y mecanismos de dispersión son muy diferentes, y mientras *Cupressus* presenta un cono leñoso dehiscente y sus semillas son dispersadas por el viento, como en muchas otras gimnospermas, algunos *Juniperus* han desarrollado un carpoide carnoso parecido a las frutas de las angiospermas que nunca abren facilitando su dispersión por animales (cuadro 1).

Se desconoce la calidad de los nutrimentos que poseen los conos de *Juniperus deppeana* pero Poddar y Lederer (1982) evaluaron la calidad de los conos de *J. occidentalis* en base seca encontrando, que contienen en promedio de 3% de proteínas, 17% de lípidos y 45% de carbohidratos. Estos mismos autores sugieren que la calidad nutritiva puede ser uniforme entre las especies de *Juniperus*. Si esta premisa fuera cierta, los conos de *J. deppeana* constituirían un aporte energético bajo pero suficiente para subsistir durante la época fría, sobre todo si se toma en cuenta que el valor nutritivo de los otros dos frutos que complementan la dieta de *Dermanura azteca* es inferior. *Prunus capuli* contiene 0.28% de proteínas, 0% de lípidos y 3.76% de carbohidratos en tanto que *Crataegus mexicana* contiene 0.275%, 0.273% y 5.87% respectivamente (Hernández *et al.* 1987). Más aún, al comparar los valores calóricos de los tres frutos, se obtiene que los conos de *Juniperus* son 6.7 veces más energéticos (5.33 cal/mg) que el capulín y el Tejocote (0.66 y 0.87 cal/mg), respectivamente (Hernández *et al.* 1987).

Con estos antecedentes se deduce que la estrategia que sigue la colonia de *Dermanura azteca* consiste en explotar los conos (94.5 a 100%, Figura 12) de *Juniperus deppeana*, bajo en calidad nutritiva pero muy abundante y cercano a su refugio (Figura 1, 14a) que le permite compensar el incremento en el costo de termorregulación al momento de descender la temperatura en la zona montañosa que habita. Un fenómeno similar fue reportado por Pigozzi (1992) quien, al estudiar la dieta de *Meles meles*, planteó que el consumo de conos de *Juniperus*

oxycedrus en invierno y primavera (98.4 y 100% respectivamente), estaba relacionado con la abundancia y distribución de esta planta en el área donde mora este carnívoro. Por su parte Poddar y Lederer (1982) encontraron que *Myadestes townsendi* se alimentó durante el invierno sólo de *Juniperus occidentalis* por ser el único recurso en la zona (cuadro 1).

Al parecer varias especies del género *Juniperus* desempeñan el papel de especies clave en las comunidades templadas durante la época fría del año porque organismos de diverso tamaño, tasa metabólica y requerimientos energéticos incorporan este tipo de conos en su dieta como se puede apreciar en el cuadro 1. Así, *Juniperus deppeana* podría estar cumpliendo el papel de especie clave en la comunidad de la zona templada de Tlaxco, Tlaxcala.

Los factores más importantes que se han propuesto para explicar la ausencia de frugívoros en las zonas templadas son la escasez de alimento y las bajas temperaturas. En el área de estudio, seis especies de plantas produjeron frutos: *Arbutus glandulosa*, *Quercus rugosa*, *Prunus capuli*, *Crataegus mexicana* y *Juniperus deppeana*, reportados ya en la dieta de algunos quirópteros (Gardner, 1977; Sánchez-Herrera *et al.* 1989) y es muy probable que en otras zonas templadas de la América tropical más plantas puedan producir alimento disponible durante la época fría incrementando la riqueza de murciélagos frugívoros, nectarívoros y polinívoros en estos ambientes.

Con respecto a la temperatura, a diferencia de las zonas templadas de Norteamérica que permanecen cubiertas de nieve hasta seis meses, en “El Túnel” las nevadas son ocasionales en el invierno pero las heladas son frecuentes, y las temperaturas cercanas a los 0 °C (Vidal y García, 1990).

Graham (1983) planteó que sólo aquellas especies no insectívoras, capaces de compensar el gasto energético, seleccionar un refugio apropiado y con tendencia

a agruparse podrían permanecer en las zonas altas de los sistemas montañosos. Tal es el caso de *Dermanura azteca* que arriba al refugio sólo durante el periodo frío, forma un grupo compacto y sobrevive a base de los conos de la gimnosperma *Juniperus deppeana*.

Cuadro 1. Listado de aves y mamíferos que consumen como fuente de alimento diversas especies del género *Juniperus* durante la época fría del año.

RECURSO	ESPECIE	ESTACIÓN	AUTOR	
<i>Juniperus virginiana</i>	<i>Dendroica coronata</i>	Otoño–Invierno	Holthuijzen y Sharik, 1985	
	<i>Bombycilla cedrorum</i>			
	<i>Turdus migratorius</i>			
	<i>Sturnus vulgaris</i>			
	<i>Sialia sialia</i>			
	<i>Mimus polyglottos</i>			
	<i>Picoides pubescens</i>			
	<i>Hylocichla mustelina</i>			
	<i>Cyanocitta cristata</i>			
	<i>Sturnella magna</i>			
	<i>Sitta carolinensis</i>			
	<i>Carpodacus purpureus</i>			
	<i>Cardinales cardinales</i>			
	<i>Junco hyemalis</i>			
<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>	Invierno	Abbott y Belig, 1961		
<i>Sciurus Niger</i>	Invierno	Bugbee y Riegel, 1945		
<i>Juniperus occidentales</i>	<i>Myadestes townsendi</i>	Invierno	Poddar y Lederer, 1982	
<i>Juniperus monosperma</i>	<i>Myadestes townsendi</i>	Invierno	Solomonson y Balda, 1977	
	<i>Parus gambeli</i>			
	<i>Parus inornatusi</i>			
<i>Juniperus communis</i>	<i>Turdus torquatus</i>	Invierno	Zamora, 1990	
	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>		Abbott y Belig, 1961	
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Vulpes vulpes</i>	Invierno	Debussche e Isenmann, 1989	
	<i>Martes foina</i>			
	<i>Martes martes</i>			Delibes, 1978
	<i>Meles meles</i>			Pigozzi, 1992
	<i>Sus scrofa</i>			Otoño–Invierno
	<i>Dama dama</i>			
<i>Juniperus phoenicca</i>	<i>Meles meles</i>	Otoño-Invierno	Pigozzi, 1992	
<i>Juniperus flaccida</i>	<i>Ursus sp.</i>	No menciona	Martínez, 1953	
<i>Juniperus deppeana</i>	<i>Canis latrans</i>	Otoño-invierno	Ortega, 1987	
	<i>Ursus sp.</i>	No menciona	Martínez, 1963	
	<i>Dermanura azteca</i>	Otoño-Invierno	En este trabajo	

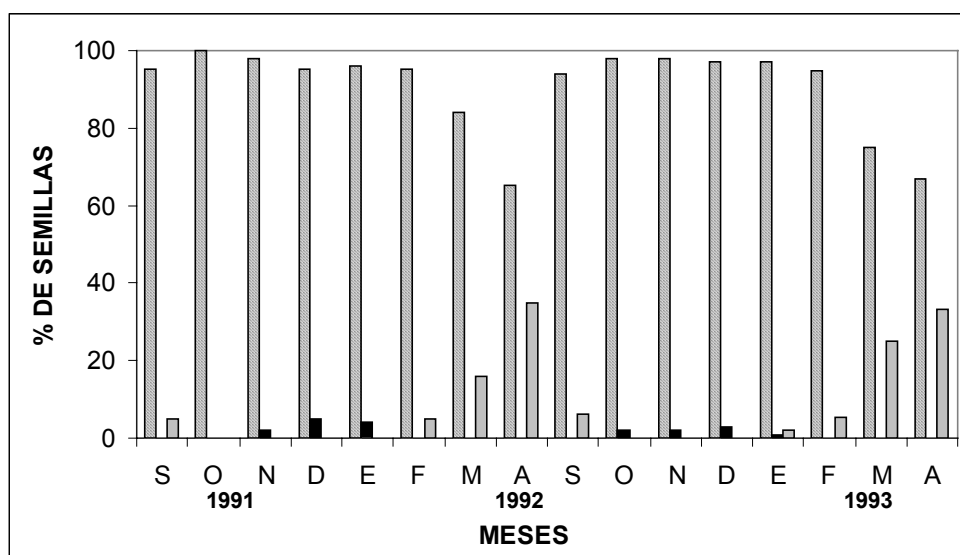


Figura 12. Porcentaje mensual de semillas de cada una de las especies consumidas por *Dermanura azteca*. Las barras punteadas = *Juniperus deppeana*; barras negras = *Crataegus mexicana*; barras grises = *Prunus capuli*.

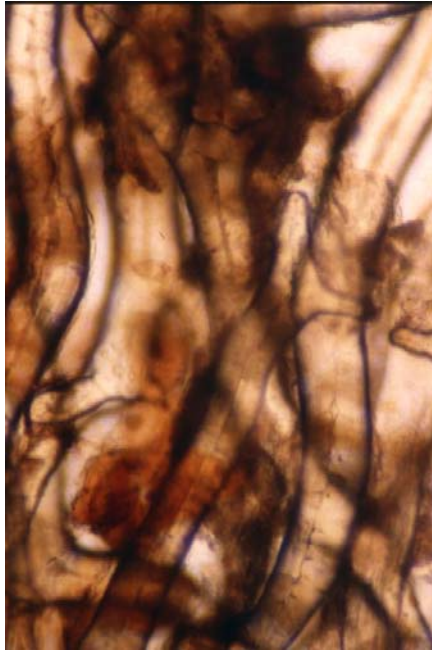


Figura 13a. Fibras de *Juniperus deppeana* en el contenido estomacal *D. azteca*.

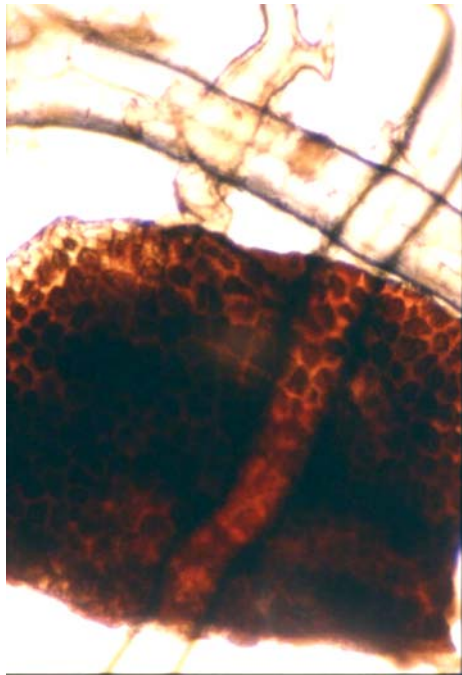


Figura 13b. Fragmentos de epidermis de *Prunus capuli* en las excretas de *D. azteca*

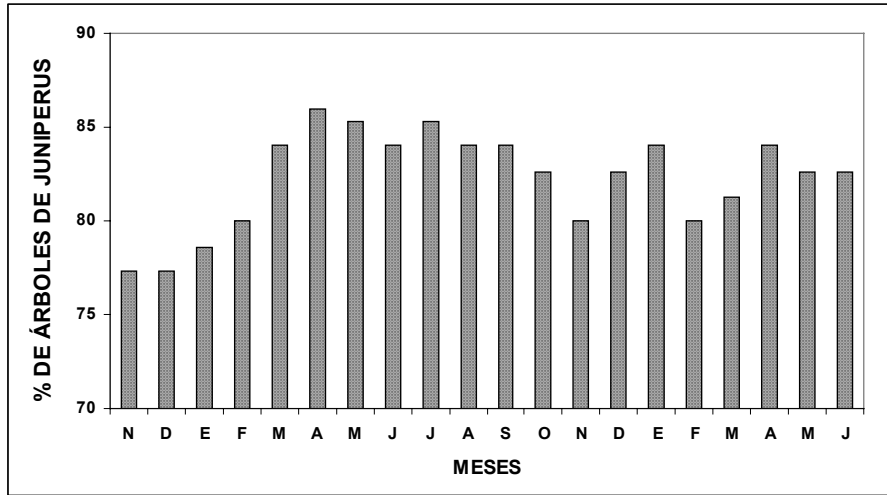


Figura 14a. Muestra el porcentaje de árboles con conos.

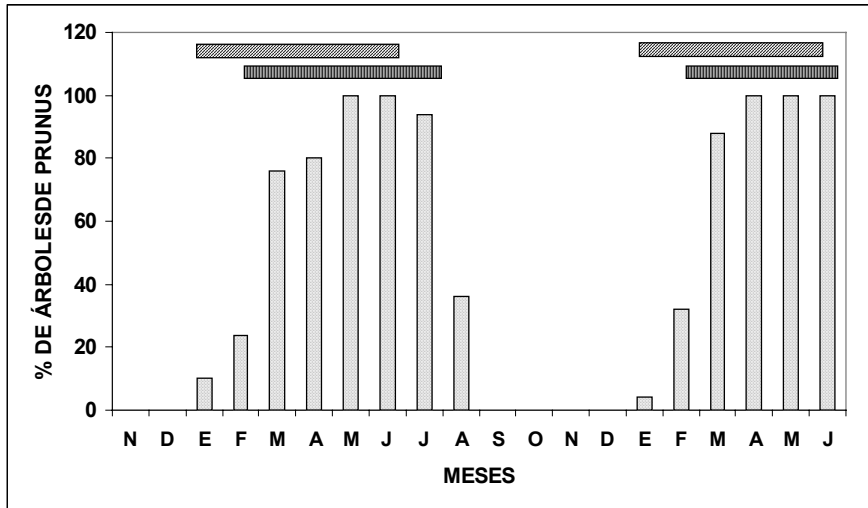


Figura 14b. Las barras verticales muestran el porcentaje de árboles con frutos. Las barras horizontales indican la presencia de frutos. El sombreado en diagonal muestra la fruta sin madurar; el sombreado en vertical corresponde a la fruta madura.

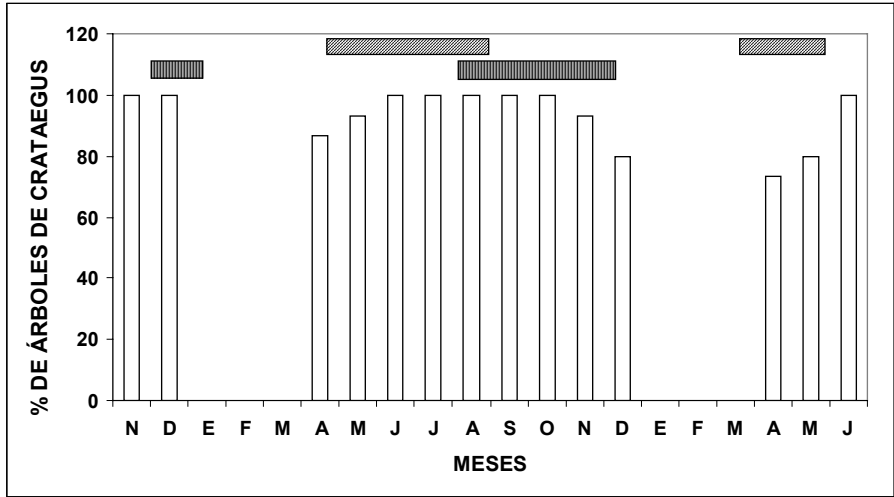


Figura 14c. Muestra el porcentaje de árboles con frutos de tejocote. Las barras sombreadas en diagonal representan frutos inmaduros, las barras sombreadas en vertical indican la presencia de frutos maduros.

SELECCIÓN DE TAMAÑO DE FRUTOS POR EL MURCIÉLAGO FRUGÍVORO *Dermanura azteca* EN UNA ZONA TEMPLADA DE AMÉRICA TROPICAL EN TLAXCO, TLAXCALA, MÉXICO.

INTRODUCCIÓN

Dermanura azteca se encuentra entre los pocos frugívoros que permanecen en las partes altas de los sistemas montañosos a lo largo del otoño-invierno en la porción central de nuestro país (Villa, 1967; López-Ortega, 1994; Navarro y León-Paniagua, 1995; Lopez-Wilchis, 1999). Durante este período *D. azteca* basa su alimentación principalmente en los conos o carpoides de *Juniperus deppeana* (López-Ortega, 2004). Esta gimnosperma se distribuye en forma de manchones entre los 2900 y 3000 m en el área de estudio. Produce una enorme cantidad de frutas carnosas que son conos modificados llamados carpoides que albergan de una a cuatro semillas. Su fenología puede variar pero generalmente la polinización ocurre a fines de invierno o principios de primavera. Los frutos crecen lentamente y requieren dos estaciones para madurar. Carpoides de diferentes tamaños se pueden encontrar durante todo el año; aún en estado maduro son de color verde y los conos decadentes se tornan ocres (López-Ortega, 2004).

Durante cada noche *Dermanura azteca* debe viajar desde su refugio hasta los manchones de árboles cargados con frutos y enfrentarse al dilema de elegir cual de ellos debe transportar para alimentarse. Este frugívoro consume la parte carnosa del fruto y desecha las semillas en sus refugios de alimentación. Su comportamiento de forrajeo brinda la posibilidad de responder si *D. azteca* es selectivo o si consume todos los tamaños de frutos disponibles en la naturaleza y así como explorar algunos posibles mecanismos que determinan su selección.

HIPÓTESIS

Si los frutos de muchas plantas acumulan nutrientes a lo largo de su proceso de maduración, uno esperaría que *D. azteca* se alimente de los conos más grandes y nutritivos disponibles en la naturaleza.

OBJETIVOS PARTICULARES

Explorar si *D. azteca* muestra una marcada preferencia por un tamaño de fruto en particular.

Determinar la distribución de las tallas de frutos de *Juniperus deppeana* disponibles en la naturaleza.

Comparar la distribución de tallas de los frutos disponibles y la distribución de los comidos por *D. azteca*.

Establecer la calidad de nutrimentos entres estadios de madurez de frutos de *Juniperus deppeana*.

Determinar la capacidad de abertura mandibular en ejemplares de *Dermanura azteca*.

MÉTODOS

Para responder a esta pregunta se compararon las tallas de los frutos disponibles en el área y los consumidos por los murciélagos. En diciembre 1991 se obtuvieron muestras de frutos de diferentes árboles. De cada fruto se midió la longitud y el diámetro (Pratt y Stiles, 1985; Wheelwright, 1985; Lambert, 1989), con un calibrador electrónico Nitutoyo modelo 500-321. Posteriormente, los frutos fueron despulpados y se obtuvo la misma medida de cada una de sus semillas.

Primeramente se efectuó un análisis de regresión entre el tamaño de los frutos y el de sus semillas con el propósito de contar con un modelo que permitiera deducir, a partir del tamaño de las semillas encontradas en los restos de alimento, el tamaño de los frutos que las contenían.

Una vez obtenido el modelo de regresión que permitió transformar las medidas de las semillas a tamaños de conos, se compararon las distribuciones de las tallas de los frutos disponibles contra los consumidos por el murciélago. Para efectuar las comparaciones mensualmente de diciembre de 1991 a abril de 1993, se cosecharon los frutos presentes de tres ramas terciarias de 10 árboles en tres manchones de *Juniperus deppeana*. De la recolección de cada mes se obtuvo una muestra al azar de 400 frutos y de igual forma se procedió a extraer 400 semillas recogidas de los restos de alimento. Sólo en los meses de abril las muestras fueron de menor tamaño.

De entre los diversos métodos que existen para mostrar el tipo de distribución que presenta un grupo de datos, los histogramas son los más comúnmente empleados. No obstante Fox (1990) plantea cuatro problemas básicos en la elaboración de histogramas de frecuencia: el origen, número y ancho de los intervalos, la discontinuidad y la amplitud fija. Por tal motivo las distribuciones

fueron analizadas mediante estimadores de densidad por Kernel (EDK) que de acuerdo con Salgado-Ugarte (2002) nos libra de algunos de estos problemas y además nos permite visualizar características como sesgo, multimodalidad y grosor de las colas de distribución de los datos.

Los estimadores de densidad por kernel son histogramas mejorados que emplean una función ponderada aplicada a cada uno de los datos (Rosenblatt, 1956). En este estudio, se emplea el kernel gaussiano en el que cada dato se representa como una curva gaussiana:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} K\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$$

Donde: $\hat{f}(x)$ = estimación de la densidad de la variable x.

n = número de observaciones.

h = amplitud de banda

$$K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \text{ función ponderal (kernel)}$$

$$K = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-u^2/2} \text{ kernel gaussiano}$$

Para establecer el comportamiento de las distribuciones se emplearon varias rutinas del programa “EDK2000” (Salgado-Ugarte, *et al.* 2000, Salgado-Ugarte, 2002) insertadas en el programa Stata (Stata Corporation, 1999).

Para obtener las curvas de distribución, se optó por el valor óptimo-gaussiano de Silverman (1986) que determina la amplitud de banda junto con el programa eficiente basado en el promedio de histogramas desplazados en su origen (Scott, 1992; Salgado-Ugarte, *et al.* 1995).

Posteriormente, las estimaciones de densidad se convirtieron a frecuencias con el fin de realizar comparaciones entre las distribuciones de tamaño de los conos (consumidos y disponibles) mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para distribución de frecuencias continuas. Esta prueba se basa en las diferencias absolutas entre las distribuciones de frecuencias acumulativas observadas y las esperadas, que se expresan como diferencias entre las frecuencias acumulativas relativas. Si el valor crítico tabulado (D_{α}) es mayor que el valor de D observado, se acepta la hipótesis de igualdad en las distribuciones; si el primero es menor que el segundo se tiene que las distribuciones son diferentes con una confianza de $1 - \alpha$ (Sokal y Rohlf, 1981).

Para explorar qué mecanismos determinan sus preferencias por algunos tamaños de conos se realizaron los análisis bromatológicos y la capacidad de abertura mandibular.

BROMATOLOGIA

Se partió de la premisa de que en su gran mayoría los frutos de muchas plantas acumulan nutrientes a lo largo de su proceso de maduración, por lo que la calidad de nutrimentos en los diferentes estadios de madurez podría determinar el tamaño mínimo de los frutos consumidos por este murciélago.

Para verificarla se realizó un análisis bromatológico de la porción carnosa del fruto. Se establecieron tres grupos de tallas de frutos: pequeños (2 a 6.9 mm), medianos (7 a 12 mm) y grandes (12.1 a 19 mm). En cada uno se estimó el porcentaje de nutrimentos en base húmeda. Los valores de humedad se determinaron mediante el método de la estufa. Los minerales a través del método de incineración. El porcentaje total de nitrógeno expresado como proteína cruda se obtuvo a partir del

método de Kjeldahl. Las grasas, como el éter extraído de la pulpa a partir del método de Soxhlet y los carbohidratos por su diferencia (AOAC, 1980).

Para establecer si existían diferencias en la calidad de los nutrimentos contenidos en cada uno de los grupos de tallas, se evaluaron los supuestos paramétricos, cuando estos se cumplieron se empleó el análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Tukey-Kramer o se optó por la prueba de Kruskal-Wallis y la de comparaciones múltiples de Bonferroni para medianas (Zar, 2001).

ABERTURA MANDIBULAR

Si consideramos que *D. azteca* transporta en el hocico los frutos desde los árboles hasta el interior de su refugio para consumirlos, entonces es factible que la capacidad de abertura de la boca sea un factor determinante del tamaño máximo de los frutos que podría acarrear para alimentarse.

Para determinar esa capacidad, se empleó el método que relaciona la orientación del músculo masetero superficial y la cantidad de estiramiento requerido para un ángulo dado de rotación mandibular. En este caso, de acuerdo con Herring y Herring (1974), se determinó que el ángulo era de 60° que es la abertura máxima razonable para la mayoría de los mamíferos. Se emplearon 102 cráneos de murciélagos de esta especie para obtener los valores de abertura mandibular a nivel de los incisivos.

Para analizar la distribución de los datos así obtenidos se usaron EDKs con la banda óptima-gaussiana junto con un programa eficiente de cálculo basado en el promedio de histogramas desplazados en su origen (Salgado-Ugarte *et al.* 1995).

Primero los valores de densidad fueron transformados a frecuencias por medio de una regla simple de proporcionalidad. Las distribuciones de frecuencia fueron sometidas al método de Bhattacharya (1967), que permite identificar y caracterizar los posibles componentes gaussianos en una distribución de frecuencias (se dio por hecho que la distribución total pudiera ser una suma de varios componentes con distribución gaussiana). Debido a que las distribuciones fueron predominantemente unimodales, se procedió a identificar y caracterizar el componente gaussiano dominante a través de sus parámetros media y desviación estándar.

Con ese componente dominante y sus parámetros se definieron intervalos con 95% de confianza para los valores originales de abertura mandibular y se representaron gráficamente en contraste con la distribución de los tamaños de conos consumidos por los quirópteros y con la distribución total de los tamaños de frutos disponibles en la naturaleza.

RESULTADOS

Dentro de los diferentes manchones de *Juniperus deppeana* se presentó una amplia variedad de tamaños de frutos que oscilan desde 2.4 mm hasta 19 mm. Las frutas pequeñas (< 6 mm) se presentan a finales de invierno principios de la primavera, en tanto los mayores a 7 mm se encuentran todo el año pero son más abundantes durante el verano-invierno y las tallas > 12 mm se pueden ver en bajas proporciones en invierno-primavera (Figura 16).

Las tallas de las semillas colectadas en los comederos pudieron ser transformadas a tamaño de conos aplicando el modelo de regresión $y = [(0.0678572) (x) +$

(0.053104) (χ^2) con un 98% de la variabilidad de y explicada por la variabilidad de x que se muestra en la Figura 15.

Al comparar las curvas de distribución obtenidas mediante los EDKs para las tallas de los conos disponibles y consumidos mes con mes, se observa claramente que esta colonia de murciélagos no consume todos los tamaños de conos disponibles en la naturaleza sino que tiene una marcada preferencia por aquellos de tallas alrededor de los 10 mm durante su estancia en el refugio. También se puede apreciar que las curvas de distribución de los conos consumidos tienden a ser más leptocúrticas unimodales mientras que las distribuciones de los frutos disponibles son platicúrticas y multimodales (Figura 16a-m).

Aunque el tamaño de los frutos preferidos se mantuvo alrededor de los diez milímetros, el intervalo mostró pequeños corrimientos, hacia la derecha durante la primavera mientras que a lo largo del otoño invierno hacia la izquierda, al parecer siguiendo los pulsos de abundancia de los conos disponibles en la naturaleza (figura 16a-m).

En las gráficas correspondientes a los meses de diciembre y enero (figura 16a-b), se puede observar que esta colonia de murciélagos consumió conos entre 8 - 12.5 mm, que son las tallas más frecuentes en esta época del año lo cual indica que, a pesar de que esta especie de murciélago consume sólo una porción del recurso disponibles, no realiza una selección debido a que estas tallas son las más abundantes. La prueba de Kolmogorov-Smirnov mostró que no existen diferencias significativas entre las distribuciones para estos dos meses (diciembre: $D = 0.05252$, $D_{\alpha 0.05} = 0.11053538$; enero: $D = 0.06942$, $D_{\alpha 0.05} = 0.11143254$).

Durante febrero, marzo y abril aumentó considerablemente la cantidad de conos disponibles de menor talla; la prueba de Kolmogorov-Smirnov indicó que existen diferencias significativas en cada uno de estos meses (febrero: $D = 0.16664$, $D_{\alpha 0.05}$

= 0.11053538; marzo: $D = 0.144297$, $D_{\alpha 0.05} = 0.12640284$; abril: $D = 0.3243$, $D_{\alpha 0.05} = 0.145822$). Los conos más consumidos por los murciélagos en esta época midieron de 7.5 a 12 mm, aun cuando no eran los más abundantes en la naturaleza; esto confirma la marcada preferencia de esta colonia por un determinado intervalo de conos y pondría de manifiesto una posible selección de frutos por su tamaño.

A finales de septiembre cuando inicia el período frío del año y los murciélagos retornan al refugio, se alimentan de los conos cuya talla se encuentra entre los 8 y 12 mm que son los más abundantes en la naturaleza (Figura 16f). Es interesante hacer notar que, a pesar de la similitud en las distribuciones entre los frutos disponibles y consumidos en septiembre, la prueba de Kolmogorov-Smirnov mostró que existen diferencias significativas entre ellas (septiembre: $D = 0.124212$, $D_{\alpha 0.05} = 0.10776366$).

De octubre de 1992 a febrero de 1993 el comportamiento de las distribuciones es similar al del período frío anterior al no registrarse diferencias significativas entre ellas (octubre: $D = 0.10534$, $D_{\alpha 0.05} = 0.10682802$; noviembre: $D = 0.00034$, $D_{\alpha 0.05} = 0.10219907$; diciembre: $D = .10634$, $D_{\alpha 0.05} = 0.11328571$; enero: $D = 0.09296$, $D_{\alpha 0.05} = 0.10568963$; febrero: $D = 0.064231$, $D_{\alpha 0.05} = 0.11157969$) y mostrar el ligero corrimiento de las curvas hacia la derecha reiterando que el consumo de frutos por parte de la colonia de murciélagos durante el otoño-invierno sigue los pulsos de abundancia del alimento disponible en la naturaleza (Figuras 16g – k).

En marzo y abril los conos de que se nutre la colonia tienen un claro descenso en su frecuencia y consumen los frutos más pequeños registrados a lo largo de todo el estudio. La prueba de Kolmogorov-Smirnov vuelve a mostrar que existen diferencias significativas entre las curvas obtenidas en estos meses, indicando nuevamente una posible selección del tamaño del alimento (marzo: $D = 0.199309$, $D_{\alpha 0.05} = 0.12961976$; abril: $D = 0.154633$, $D_{\alpha 0.05} = 0.13110186$).

BROMATOLOGÍA

Los conos de *Juniperus deppeana* presentan tanto resinas como aceites volátiles que pueden perderse durante el proceso de secado. La pulpa de estas frutas de gimnospermas presenta bajos porcentajes de humedad que representan sólo entre 7 a 10 % (cuadro 2) y pone de manifiesto que el incremento en talla del fruto durante la madurez probablemente se deba al incremento en masa tanto de la pulpa como de las semillas y no a la acumulación de agua. Aún cuando los porcentajes de humedad son relativamente similares, el análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tres grupos de tallas (Kruskall Wallis: $k = 7.20$; grupos = 3; $p = 0.027$); estos cambios se debieron a las diferencias entre los tres tamaños de conos.

El total de nitrógeno expresado como proteína cruda disminuyó significativamente con la madurez de los frutos (Kruskall Wallis: $k = 7.32$; grupos = 3; $p = 0.026$), al encontrarse en mayor proporción en los conos pequeños que en los grandes (cuadro 2). En relación a los otros nutrimentos, los lípidos comprenden una pequeña porción del valor total del alimento en los tres tamaños de frutos (Cuadro 2). La concentración de lípidos mostró un comportamiento diferente al de proteínas, los conos pequeños presentaron los porcentajes más bajos y en la medida que el cono madura incrementa la cantidad de grasas en la pulpa mostrando diferencias significativas entre los tres tamaños de conos (Kruskall Wallis: $k = 7.32$; grupos = 3; $p = 0.026$). El porcentaje mínimo de minerales se encontró en los frutos medianos y el más alto en los frutos grandes (Cuadro 2), no obstante la prueba de Kruskall Wallis mostró que existen diferencias significativas entre los tres tipos de tallas (Kruskall Wallis: $k = 7.20$; grupos = 3; $p = 0.027$).

Los porcentajes de carbohidratos en los tres tamaños de conos oscilaron entre 74 y 77 %. El mayor porcentaje se encontró entre los conos medianos y la menor en

los pequeños (Cuadro 2). El análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas entre cada una de las tallas (Kruskall Wallis: $k = 7.26$; grupos = 3; $p = 0.027$).

ABERTURA DE LA BOCA

Los registros de abertura mandibular de los 101 ejemplares de museo de ambos sexos y estados de madurez promediaron 11.23 ± 0.55 mm. El intervalo de confianza del 95% para la abertura máxima de mandíbula se comparó con los EDKs de tamaño de fruto consumido observándose que en general dicho intervalo se situó hacia la derecha de la moda predominante de cada distribución.

El intervalo de confianza del 95% (10.1 – 12.1) coincide con el borde derecho del estimador de frecuencia de tamaño de los frutos disponibles en la naturaleza lo que representa sólo un 20% del total disponible y por tanto estima un tamaño máximo que puede ser consumido y que a pesar de que existen frutos disponibles mayores, éstos no se consumen debido a la limitación mecánica impuesta por la máxima abertura mandibular. Si se toma como referencia para el tamaño de los frutos más grandes el valor promedio de abertura mandibular máxima, el intervalo anterior representa un consumo del 5% de los frutos mayores disponibles (Figura 17).

DISCUSIÓN

De entre los diferentes niveles de selección de alimento que pueden ser hipotetizados (McKey, 1978; Sourd y Gautier-Hion, 1986; Weelwright, 1985, 1993), los hábitos alimentarios para esta colonia de *Dermanura azteca* se presume operan en diferentes niveles: el primero ocurre cuando este frugívoro explota tres de las seis especies de frutos consumidos por murciélagos; el siguiente, al aprovechar una de las tres especies que constituyen su fuente principal de nutrimentos con porcentajes que oscilan entre el 94 a 100 % (López-Ortega, 2004). El tercero cuando de todas las tallas disponibles este frugívoro muestra una marcada preferencia por un intervalo de tamaños de conos que oscilan entre los 7.5 a 12.4 mm (Figura 16).

Si bien es cierto que, este frugívoro come sólo una porción de los frutos disponibles, también es evidente que de septiembre a enero las tallas de las que se alimenta son las más abundantes y representan más del 80 % de los frutos disponibles en los árboles (Figura 16). El escenario cambia a partir de marzo cuando los frutos preferidos por la colonia de murciélagos se encuentran en menor proporción (35 %) y es durante estos meses donde podría ocurrir la selección con base en el tamaño del fruto (Figura 16).

Los resultados del análisis bromatológico mostraron que las diferencias entre los tres estadios de madurez para cada uno de los nutrimentos no fueron mayores al 3 % (cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los estudios nutricionales realizados en conos maduros e inmaduros de *Juniperus virginiana* y *J. occidentalis* donde, a excepción de las proteínas, los nutrimentos se presentan en mayor porcentaje en los conos grandes (Halls, 1977; Poddar y Lederer, 1982). Si consideramos que los carbohidratos se encuentran en mayor proporción en los frutos y junto con los lípidos son prácticamente los que aportan el contenido

calórico y que de acuerdo con Solomonso (1978) la cantidad de nutrimentos incrementa al aumentar la masa y diámetro de los frutos, entonces, ésta puede ser una de las varias razones de porque *D. azteca* evita los conos pequeños y muestra una marcada preferencia por los conos de mayor talla (Figura 17). Bonaccorso (1978), Morrison (1978b y August (1981) reportan que algunas especies de filostómidos se alimentan principalmente de higos maduros y evitan los árboles con higos inmaduros aún cuando estos se encuentran de manera abundante.

Otra posible causa es su tamaño pequeño, ya que, pueden ser difíciles de detectar, arrancar o manipular por este frugívoro cuando forrajea entre las ramas de *Juniperus deppeana*, aún cuando los frutos son sésiles, no elusivos y relativamente indefensos (Snow, 1971). Podar y Lederer (1982) mencionan que *Myadestes townsendi* evita los frutos pequeños de *Juniperus occidentales* principalmente porque son más difíciles de remover de las ramas.

De entre las diversas características físicas de los frutos, que se conocen con un valor potencial para documentar la selección de alimento el tamaño de la fruta, parece jugar un papel importante para aquellos organismos pequeños que enfrentan dificultades para transportar, manipular o tragar frutos grandes, debido a las limitaciones mecánicas impuestas por su reducida capacidad de abertura mandibular (Bonaccorso, 1979; August, 1981; Pratt y Stiles, 1985; Wheelwright, 1985, 1993; Lambert, 1989; Jordano, 1992; Dumont, 2003).

Las tallas de las semillas encontradas en los comederos y transformadas a tamaño de fruto indicaron que *D. azteca* no explota conos mayores a los 12.4 mm. Más aún, las curvas de frecuencia en relación con el intervalo de confianza (Figura 17), destacan que este frugívoro consume frutos de tamaño menor al máximo, lo que sugiere que en general los individuos no abren al límite sus mandíbulas para comer el fruto más grande posible sino que prefieren aquellos con tamaños

menores los cuales probablemente son más fáciles de transportar, manipular y morder. La preferencia *Dermanura azteca* por los carpoides menores al límite de su abertura mandibular contrasta con la marcada inclinación de *Artibeus jamaicensis* por los higos maduros más grandes (Morrison, 1978; Bonaccorso, 1979; August, 1981).

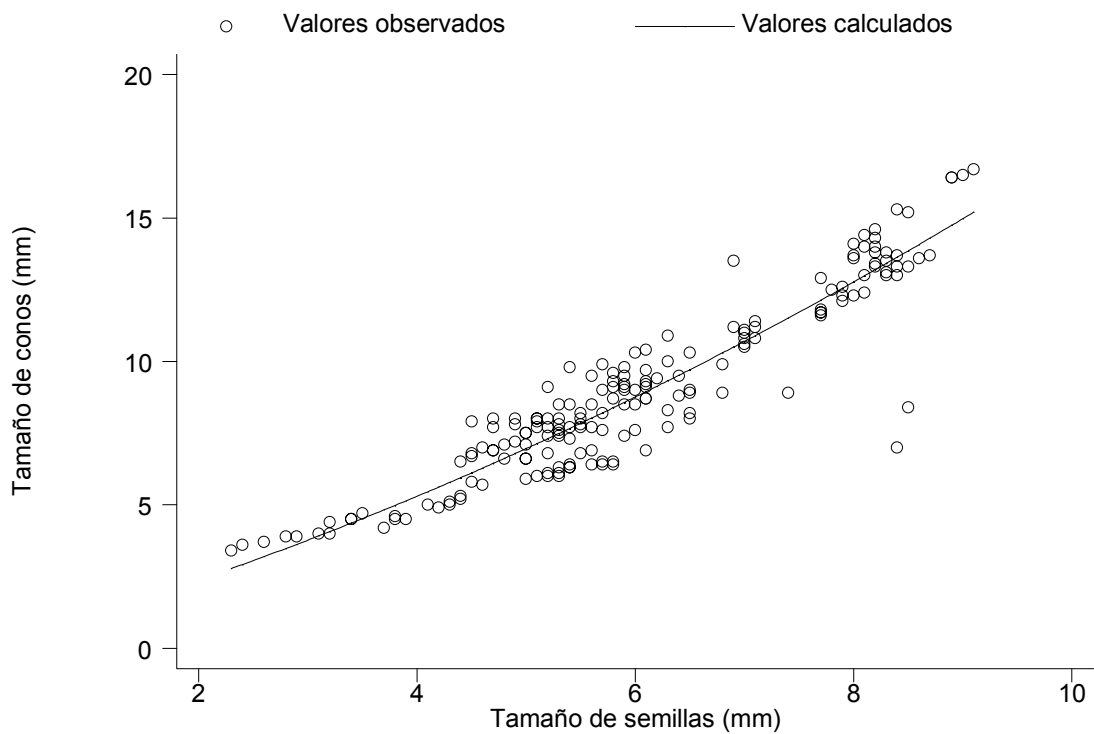


Figura 15. Análisis de regresión cuadrática entre el tamaño de semillas y el tamaño de conos.

Cuadro 2. Porcentajes de nutrimentos en la pulpa de tres estadios de madurez para *Juniperus deppeana* en base húmeda (media \pm desviación estándar).

Tamaño	Humedad	Proteínas	Lípidos	Minerales	Carbohidratos y Fibras
Pequeños	8.8 \pm 0.09	9.59 \pm 0.03	2.67 \pm 0.02	3.69 \pm 0.03	74.53 \pm 0.04
Medianos	7.6 \pm 0.03	8.26 \pm 0.005	3.28 \pm 0.005	4.41 \pm 0.02	77.11 \pm 0.02
Grandes	9.9 \pm 0.09	6.63 \pm 0.05	3.70 \pm 0.02	4.67 \pm 0.03	75.09 \pm 0.07

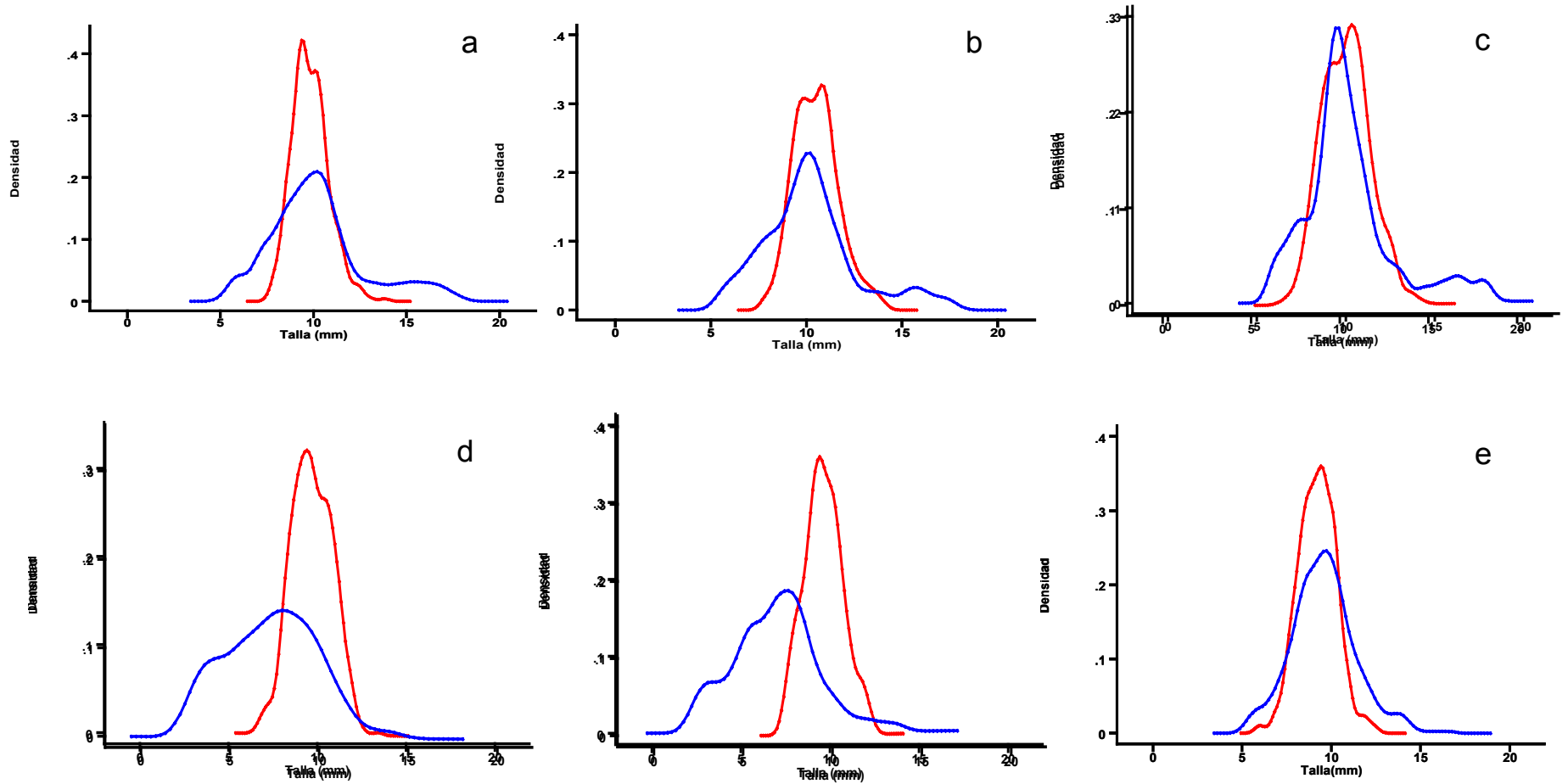
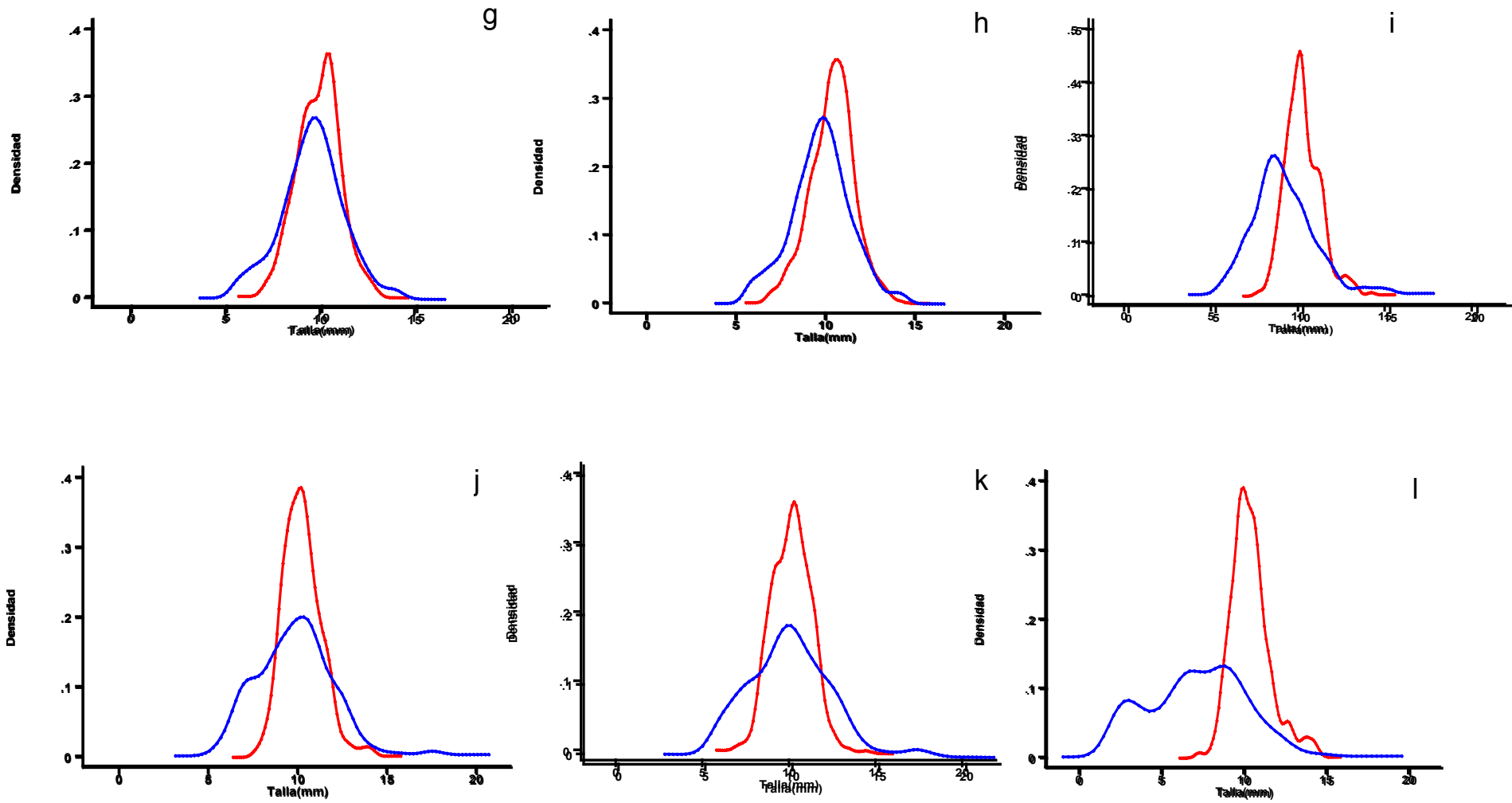
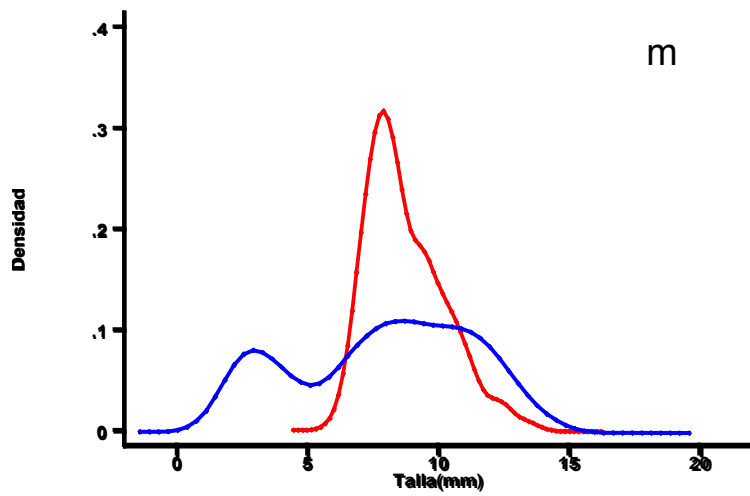


Figura 16. Muestran los kernels para los tamaños de conos disponibles en la naturaleza y los seleccionados por *Dermanura azteca*. La línea azul representa la densidad de talla de conos disponibles y la roja la densidad de tallas consumidas por la colonia de murciélagos. a = diciembre 1991; b = enero 1992; c = febrero 1992; d = marzo 1992; e = abril 1992 y f = septiembre 1992.



Continúa figura 16. La línea azul representa la densidad de talla de conos disponibles y la roja la densidad de tallas consumidas por la colonia de murciélagos. g = octubre 1992; h = noviembre 1992; i = Diciembre 1992; j = enero 1993; k = febrero 1993 y l = marzo 1993.



Continúa Figura 16: m = abril 1993.

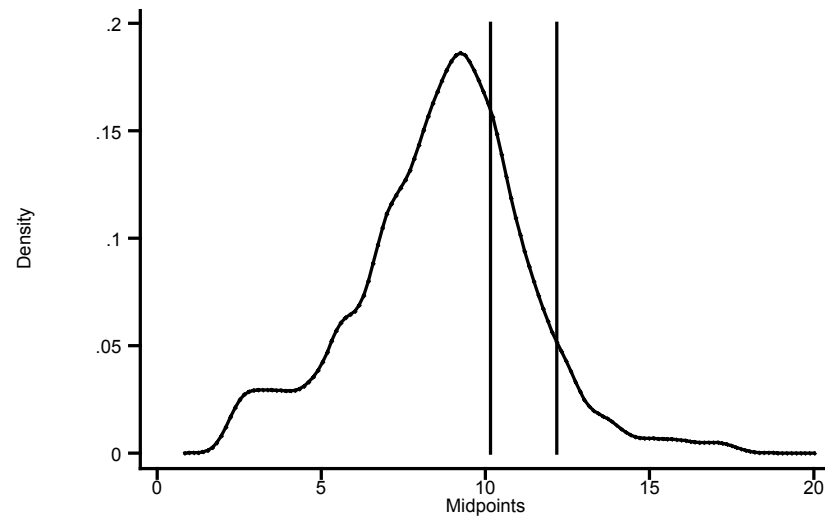


Figura 17. Muestra el EDK de los conos disponibles con el intervalo de confianza de la abertura máxima mandibular.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio indican que:

1) La presencia de *Dermanura azteca* en el refugio coincide con el descenso de la temperatura en el área por debajo de los 12 °C durante el mes de septiembre.

2) La conformación de la colonia es de manera paulatina, alcanzándose el mayor número de individuos en diciembre-enero.

3) Diversas características del refugio promueven poca variación climática.

4) La selección de la cueva “El Túnel” por parte de este quiróptero no está en función de la temperatura, sino de su fuerte estabilidad climática.

5) Los datos reflejan que esta población de *D. azteca* tiene la capacidad fisiológica de regular su temperatura corporal.

6) Se alimenta de manera sostenida de carpoides de una gimnosperma, con porcentajes que van desde el 94 al 100 %.

7) Este recurso se encuentra disponible de manera abundante en los alrededores de su refugio.

8) *D. azteca* no consume todos los tamaños de conos disponibles en la naturaleza; muestra una marcada predilección por conos de talla mediana (7 y 12 mm), que son los más abundantes.

9) Al parecer discrimina los conos de tallas pequeñas por su composición nutrimental en tanto los grandes debido a impedimentos mecánicos de su abertura mandibular.

La estrategia que sigue *Dermanura azteca* para poder permanecer en estos bosques de coníferas durante el período frío del año, concuerda con la hipótesis de trabajo.

Es interesante hacer notar que la permanencia de *Dermanura azteca* en este refugio se encuentra condicionada a que la cueva “El Túnel” mantenga sus condiciones climáticas, pues si bien, éste frugívoro se encuentra bajo condiciones de estrés térmico, un descenso en la temperatura probablemente obligaría a esta colonia a abandonar su habitáculo invernal.

Finalmente *D. azteca* mostró una marcada preferencia por carpoides de tallas medianas que son los más abundantes en la naturaleza excepto durante los meses de marzo y abril cuando este recurso tiende a ser escaso y es en ese tiempo cuando la colonia probablemente realice una selección por tamaño de fruto. Si bien *Dermanura azteca* no se alimenta de los frutos más grandes, sí elige tallas que su capacidad de abertura mandibular le permite transportar a sus sitios de alimentación.

LITERATURA CITADA

Abbott, H. G. y W. H. Belig. 1961. *Juniperus* seed: A winter food of red squirrels in Massachusetts. *Journal of Mammalogy*, 42:240-244.

Anthony, E. L. P. 1988. Age determination in bats Pp. 47-57, in *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. (Thomas H. Kunz, Ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 533 pp.

Audet, D. y D. W. Thomas 1977. Facultative hypothermia as a thermoregulation strategy in the phyllostomid bats, *Carollia perspicillata* and *Sturnira lilium*. *Journal of Comparative Physiology, B: Biochemical, Systematic, and Environmental Physiology*, 167:146-152.

AOAC. 1980. Official methods of analysis of the Association of Analytical Chemistry. Association of Analytical Chemistry. Washington, D. C.

August, P. V. 1981. Fig fruit consumption and seed dispersal by *Artibeus jamaicensis* in The Llanos of Venezuela. *Biotropica*, 13:70-76.

Avila-Flores, R. y R. A. Medellín. 2004. Ecological, Taxonomic, and physiological correlates of cave use by mexican bats. *Journal of Mammalogy*, 85:675-687.
Barbour, R. W. y Davis, W. H. 1969. *Bats the America*. University of Kentucky Press, Lexington, 286 p.

Betts, B. J. 1977. Microclimate in Hell's Canyon mines used by maternity colonies of *Myotis yumanensis*. *Journal of Mammalogy*, 78:1240-1250.

Bhattacharya, C. G. 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23: 115-135.

Bonaccorso, F. J. 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin Florida State Museum*, 24: 359-408.

Bugbee, E. R. y Riegel, A. 1945. Seasonal food choices of the fox squirrel in western Kansas. *Transaction Kansas Academy of Science*, 48:199-204.

Calder, W. A. 1994. When do hummingbirds use torpor in nature? *Physiological Zoology*, 67:1051-1076.

Callahan, E. V., R. D. Drobney, y R. L. Clawson. 1997. Selection of summer roosting sites by Indian bats (*Myotis sodalis*) in Missouri. *Journal of Mammalogy*, 78:818-825.

- Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. Mamíferos silvestres de la cuenca de México. MAB, UNESCO-Limusa, México. 299 pp.
- Clawson, R. L., R. K. Laval, y W. Caire. 1980. Clustering behavior of hibernating *Myotis sodalis* in Missouri. *Journal of Mammalogy*, 61:245-253.
- Cope, J. B. and S. R. Humphrey. 1977. Spring and autumn swarming behavior in the Indiana bat, *Myotis sodalis*. *Journal of Mammalogy*, 58:93-95.
- Davis, W. B. 1969. A review of the small fruit bats (genus *Artibeus*) of Middle America. Part 1 *Southwestern Naturalist*, 14:15-29.
- Davis, W. H. 1970. Hibernation: ecology and physiological ecology. Pp. 265-331 in *Biology of Bats* (W. A. Wimsatt, ed.). Vol. 3. Academic Press, New York.
- DeBlase, A. F. y R. E. Martin. 1974. *Manual of Mammalogy*. W. M. C. Brown Co. Publishers. 329pp.
- Debussche, M. y Isenmann, P. 1989. Fleshy fruit characters and choices of bird and mammals seed dispersers in a mediterranean region. *Oikos*, 56:327-338.
- Delibes, M. 1978. Feeding habits of the stone marten, *Martes foina* (Erleben, 1777), in Northern Burgos, Spain. *Zeitschrift für Säugetierkunde*, 43:282-288.
- Duellman, W. E. 1979. The herpetofauna of the Andes: patterns of distribution, origin, differentiation, and present communities. Pp. 371-459, in *The South American herpetofauna: its origin, evolution and dispersal* (W. E. Duellman, Ed.). *Monographs of the Museum of Natural History, University of Kansas*, 7:1-485.
- Dumont, R. E. 2003. Bats and Fruit: An ecomorphological approach. Pp. 398-429. in: *Bat Ecology* (Thomas H. Kunz and M. B. Fenton, Eds.) University of Chicago Press.
- Dwyer, P. D. 1971. Temperature regulation and cave-dwelling in bats: An evolutionary perspective. *Mammalia*, 35:424-455.
- Findley, J. S. y Jones, C. 1964. Seasonal distribution of the hoary bat. *Journal of Mammalogy*, 45:461-470.
- Fleming, T. H. 1986. The structure of Neotropical bats communities: a preliminary analysis. *Revista Chilena de Historia Natural*, 59:136-150.

Fleming, T. H. 1988. The short-tailed fruit bat: a study in plant-animal interactions. University Chicago Press, USA. 365 pp.

Fleming, T. H. y P. Eby. 2003. Ecology of bats Migration. Pp. 156-197 in Bats ecology (T. H. Kunz y M. B. Fenton, Eds.). University of Chicago Press. Chicago.

Fox, J. 1990. Describing univariate distributions. Pp. 58-125 In: Modern methods of data analysis. J. Fox y J. S. Long. Eds. Newbury Park.

Gardner, A. L. 1977. Feeding habits. Pp. 293-350, in Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae. Part II (R.J. Baker, J.K. Jones, Jr., and D.C. Carter, eds.) Special Publication. The Museum, Texas Tech. University, 13:1-364.

Glander, K. E. 1981. Feeding patterns in mantled howling monkeys.. Pp. 231-257. In: Foraging Behavior Ecological, Ethological and Psychological Approaches (A. C. Kamil & T. D. Sergent, Eds.). Garland Press, London.

Graham, G. L. 1983. Changes in bats species diversity along an elevation gradient up the Peruvian Andes. Journal of Mammalogy, 64:559-571.

Griffin, D. R. 1970. Migration and homing of bats. Pp. 233-246 in Biology of Bats (W. A. Wimsatt, ed.). Vol. 1. Academic Press, New York.

Hamilton, I. A. y Barclay, R. M. R. 1994. Patterns of daily torpor and day-roost selection by male and female big brown bats (*Eptesicus fuscus*). Canadian Journal of Zoology, 72:744-749.

Herrera, M. C. 1981. Fruit variation and competition for dispersers in natural population of *Smilax aspera*. Oikos, 36:51-58.

Herring, S. W. y Herring, S. E. 1974. The superficial masseter and gape in mammals. American Naturalist, 108:561-576.

Hill, J. E. y J. D. Smith. 1984. Bats: a natural history. University of Texas Press, Austin.

Holthuijzen, M. A. y T. L. Sharik. 1985. The avian seed dispersal system of eastern red cedar (*Juniperus virginiana*). Canadian Journal Botany, 63:1508-1515.

Huey, R. B. 1991. Physiological consequences of habitat selection. American Naturalist, 137: S91-S115.

Humphrey, S. R. y T. H. KUNZ. 1976. Ecology of a Pleistocene relict, the western big-eared bat (*Plecotus townsendii*), in the southern Great Plains. Journal Mammalogy, 56: 470-494.

Humprey, S. R., F. J. Bonaccorso y T. L. Zinn. 1983. Guild structure of surface-gleaning bats in Panama. *Ecology*, 64:284-294.

Howe, H. F. 1983. Annual variation in a neotropical seed-dispersal system. Pp. 211-227. In: Sutton, S. L. Whitmore T. C. y Chadwick A.C. (eds.) *Tropical rainforest ecology and management*. Blackwell Scientific Publication, London.

Koopman, K. F. 1982. Biogeography of the bats of South America. Pp. 273-302. *in* *Mammalian biology in South America* (M. A. Mares and H. H. Genoways, eds). Spec. Publ. Ser. Pymatuning Lab. Ecol., 6:1-539.

Koopman, K. F. 1978. Zoogeography of peruvian bats with special emphasis on the role of the Andes American Museum Novitates, 2651:1-33.

Kunz, T. H. 1973. Population studies of the cave bat (*Myotis velifer*): Reproduction, growth and development. Occasional Paper Museum Natural History University of Kansas, 15:1-43.

Kunz, T. H. 1982. Roosting ecology of bats. Pp. 1-55 in *Ecology of bats*. (T. H. Kunz, ed.). Plenum Publishing Press, New York.

Lambert, F. 1989. Fig-eating bird in Malaysian lowland rain forest. *Journal Tropical Ecology*, 5:410-412.

López-Ortega, G. 1994. Food habits of *Dermanura azteca* in a winter refuge. *Bat Research News*, 35:105.

López-Ortega, G. 2004. Hábitos alimentarios de una colonia de *Dermanura azteca* en una zona templada de México. *Vertebrata Mexicana*, 14:9-20.

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, 227 pp.

Lopez-Wilchis, R. 1999. Murciélagos asociados a una colonia de *Corynorhinus mexicanus* G. M. Allen, 1916 (Chiroptera: Vespertilionidae). *Vertebrata Mexicana*, 5:9-16.

Lyman, C. P. 1970. Thermoregulation and metabolism in bats. Pp. 301-330 in *Biology of Bats* (W. A. Wimsatt, ed.). Vol. I. Academic Press, New York.

Martínez, M. 1953. Las pináceas mexicanas. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Subsecretaría de Recursos Forestales y de Caza. México, D.F. 363 pp.

McKey, D. 1978. Phenolic content of vegetation in two African rain forests; ecological implications. *Science*, 202,61-64.

McManus, J. J. y Nellis, W. D. 1972. Temperature regulation in three species of tropical bats. *Journal of Mammalogy*, 53:226-227.

McManus, J. J. 1977. Thermoregulation. Pp. 281-292 in *Biology of bats of the New World family Phyllostomatidae. Part II* (R. J. Baker, J. K. Jones, Jr., y D. C. Carter, Eds.) No. 13, Special Publications, The Museum, Texas Tech University, Lubbock.

McNab, B. K. 1969. The economics of temperature regulation in Neotropical bats. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 31:227-268.

McNab, B. K. 1974. The behavior of temperate cave bats in a subtropical environment. *Ecology*, 55:943-958.

McNab, B. K. 1982. Evolutionary alternatives in the physiological ecology of bats. Pp. 151-200. in *Ecology of bats*. (Thomas H. Kunz, Ed). Plenum Press. New York. Pp.425.

McNab, B. K. 1983. Energetics, body size and the limits to endothermy. *Journal Zoology*, 199:1-29.

McNab, B. K. 1989. Temperature regulation and rate of metabolism in three Bornean bats. *Journal of Mammalogy*, 70:153-161.

Morales-Malacara, J. B. y R. López-Wilchis. 1990. Epizootic fauna of *Plecotus mexicanus* (Chiroptera: Vespertilionidae) in Tlaxcala, Mexico. *Journal of Medical Entomology*, 27:440-445.

Morrison, D. W. 1978a Lunar phobia in a neotropical fruit bat, *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Animal Behavior*, 26:852-855.

Morrison, D. W. 1978b Foraging ecology and energetics of the frugivorous bat *Artibeus jamaicensis*. *Ecology*, 59:716-723.

Navarro, L. D. y León-Paniagua, L. 1995. Community structure of bats along an altitudinal gradient in tropical eastern Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 1:9-21.

Neuweiler, G. 2000. *The biology of bats*. Oxford University. Press. 310 pp.

Ormsbee, P. C., y W. C. McComb. 1988. Selection of day roosts by female long-legged *Myotis* in the central Oregon Cascade Range. *Journal of Wildlife Management*, 62:596-603.

- Ortega, C. J. 1987. Coyote food habits southeastern Arizona. *Southwestern Naturalist*, 32:152-155.
- Patterson, B. D., V. Pacheco y S. Solaris. 1996. Distribution of bats along an elevational gradient in the Andes of south-eastern Peru. *Journal of the Zoology (London)*, 240:637-658.
- Patterson, B. D., Stotz, F. D., Solaris y S. Fitzpatrick W. J. 1998. Contrasting patterns of elevation zonation for birds and mammals in the Andes of southeastern Peru. *Journal of Biogeography*, 25:593-607.
- Pigozzi, G. 1992. Frugivory and seed dispersal by the european badger in a Mediterranean habitat. *Journal of Mammalogy*, 73:630-639.
- Pizzimenti, J. J. y R. De Salle. 1981. Factor influencing the distributional abundante of two trophic guilds of Peruvian cricetid rodents. *Biological Linnean Society*, 15:339-354.
- Pratt, T. K. y Stiles, E. W. 1985. The influence of fruit size and structure on composition of frugivore assemblages in New Guinea. *Biotropica*, 17:314-321.
- Piper, J. K. 1986. Effect of habitat and size of fruit display on removal of *Smilacina stellata* (Liliaceae) fruit. *Canadian Journal Botany*, 64: 1050-1054.
- Poddar, P. y Lederer, R. J. 1982. Juniper berries an exclusive winter forage for Townsend's Solitaires. *American Midland Naturalist*, 108:34-40.
- Racey, A. P. 1988. Reproductive Assessment in bats. Pp. 31-43, in *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. (Thomas H. Kunz, Ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 533 pp.
- Rasweiller, J. J. 1973. Care and management of the long-tongued, *Glossophaga soricina* (Chiroptera, Phyllostomatidae) in the laboratory, with observation on estivation induced by food deprivation. *Journal of Mammalogy*, 54: 391-404.
- Richter, A. R., S.R. Humphrey, J. B. cope y V. Brack JR. 1993. Modified cave entrances: thermal effect on body mass and resulting decline of endangered Indiana bats (*Myotis sodalis*). *Conservation Biology*, 7:407-415.
- Rosenblatt, M. 1956. Remarks on some nonparametric estimates of a density function. *Ann. Math. Statist.* 27:832-837.

Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, y T. Taniuchi, 1995. Practical rules for bandwidth selection in univariate density estimation. *Stata Technical Bulletin*, 27:5-19.

Salgado-Ugarte, I. H., M. Shimizu, T. Taniuchi, y K. Matsushita, 2000. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *Asian Fisheries Science*, 13: 1-12.

Salgado-Ugarte, I. H. 2002. Suavización no paramétrica para análisis de datos. FES Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma México, 139 pp.

Sánchez-Herrera, O., G. López-Ortega y R. López-Wilchis. 1989. Murciélagos de la ciudad de México y sus alrededores. Pp. 141-165. in *Ecología urbana* (R. Gío-A., L. Hernández-R. y E. Sainz-H., Eds.). DDF, CONACYT, UNAM, SEDUE, SEP, Sociedad Mexicana de Historia Natural, Universidad Nacional Autónoma de México.

Scott, N. J. 1976. The abundance and diversity of the herpetofaunas of tropical forest litter. *Biotropica*, 8:41-58.

Scott, D.W. 1992. *Multivariate Density Estimation: Theory, Practice, and Visualization*. New York: John Wiley & Sons, 317 p.

Silverman, B. W. 1986. *Density estimation for statistics and data analysis*. London Chapman and Hall.

Snow, D. W. 1971. Evolutionary aspects of fruit-eating in birds. *Ibis*, 113:194-202.

Speakman, J. R. y P. A. Racey. 1989. Hibernar ecology of the pipistrelle bat: energy expenditure, water requirements and mass loss, implications for survival and the function of winter emergence flights. *Journal Animal Ecology*, 58:797-813.

Speakman, J. R. y D. W. Thomas. 2003. Physiological ecology and energetics of bats. Pp. 430-490 in *Bats ecology* (T. H. Kunz y M. B. Fenton Eds.). University of Chicago Press. Chicago.

Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1981. *Biometry*. 2nd Ed. W. H. Freeman and Co., San Francisco. 859 pp.

Solomonson, M. J y R. P. Balda. 1977. Winter territoriality of Townsend's Solitaires (*Myadestes townsendi*) in a pinon juniperus-ponderosa pine ecotone. *Condor*, 79:148-161.

Soriano, P. J., A. Díaz De Pascual, J. Ochoa, y M. Aguilera. 1999. Biogeographic analysis of the mammals communities in the Venezuelan Andes. *Interciencia*, 24:17-25.

Soriano, P. J., A. Ruiz y A. Arends. 2002. Physiological responses to ambient temperature manipulation by three species of bats from andean cloud forests. *Journal of Mammalogy*, 82: 445-457.

Sourd, C. y Gautier-Hion, A. 1986. Fruit selection by forest guenon. *Journal of Animal Ecology*, 55:235-244.

Stata Corporation, 1999. *Stata Statistical Software: Release 6.0* College Station, TX. Stata Corporation.

Studier, E. H. y D. E. Wilson, 1970. Temperature regulation in some Neotropical bats. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 34:251-262.

Studier, E. H., y D. E. Wilson. 1979. Effects of captivity on thermoregulation and metabolism in *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera: Phyllostomatidae). *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 62:347-350.

Terborgh, J. y J. S. Weske. 1975. The role of competition in the distribution of Andes birds. *Ecology*, 56:562-576.

Terborgh, J. 1977. Bird species diversity on an Andean elevational gradient. *Ecology*, 58:1007-1019.

Thomas, D. W. 1988. Analysis of diets of plant-visiting bats. Pp. 211-220. in *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats* (T. H. Kunz, Ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.

Tuttle, M. D. 1970. Distribution and zoogeography of Peruvian bats, with comments on natural history. *University Kansas Science Bulletin*, 49:45-86.

Tuttle, M. D., y D. E. Stevenson, 1981. Variation in the cave environment and its biological implications. Pp. 46-59 in *Cave gating, a handbook*. 2nd ed. (R. Stitt, ed.). National Speleological Society, Huntsville, Texas.

Twente, J. W., JR. 1955. Some aspects of habitat selection and other Behavior of cavern-dwelling bats. *Ecology*, 36:706-732.

Vidal, R. y E. García. 1990. Otros fenómenos climáticos. *Atlas Nacional de México*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Carta IV.4.7.

Villa, R. B. 1967. Los murciélagos de México. Su importancia en la economía y la salubridad. Su clasificación sistemática. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. XVI+491 pp.

Vogt, F. D. y G. T. Lynch. 1982. Influence of ambient temperature, nest availability, huddling, and daily torpor on energy expenditure in the white-footed mouse, *Peromyscus leucopus*. *Physiological Zoology*, 55:56-57.

Vonhof, M. J., y R. M. R. Barclay. 1996. Roost-site selection and roosting ecology of forest-dwelling bats in southern British Columbia. *Canadian Journal of Zoology*, 74:1797-1805.

Weelwright, N. T. 1985. Fruit size, gape width, and the diets of fruit-eating birds. *Ecology*, 66:808-818.

Weelwright, N. T. 1993. Fruit size in a tropical tree species: variation, preference by birds, and heritability. In: *Frugivory and seed dispersal: Ecological and evolutionary aspects*. (T. H. Fleming y A. Estrada Eds.). Kluwer Academia Publishers. Belgium.

Wilson, D. E. 1973. Bat faunas: a trophic comparison. *Systematic Zoology*, 22:14-29.

Zamora, R. 1990. The fruit diet of ring ouzels (*Turdus torquatus*) wintering in the Sierra Vada (Southeast Spain). *Alauda*, 58: 67-70.

Zar, H. J. 2001. *Biostatistical análisis*. 4 Ed. Prentice HallNew Jersey. 663 pp.

HÁBITOS ALIMENTARIOS DE UNA COLONIA DE *Dermanura azteca* EN UNA ZONA TEMPLADA DE MÉXICO

Gerardo López-Ortega

Departamento de Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
Apartado Postal 55-536 México 09340, D. F. log@xanum.uam.mx

López-Ortega, G. 2004. Hábitos alimentarios de una colonia de *Dermanura azteca* en una zona templada de México. *Vertebrata Mexicana*, 14:9-20.

Resumen: Se reportan los hábitos alimentarios de una colonia de *Dermanura azteca* durante la época fría, a lo largo de dos años. Este quiróptero, que habita por arriba de los 3200 m, basó su dieta de septiembre a abril en conos de la gimnosperma *Juniperus deppeana* y, en menor proporción, en los frutos de dos angiospermas *Prunus capuli* y *Crataegus mexicanus*. La estrategia que tiene esta colonia de murciélagos para permanecer en esta zona templada concuerda con la hipótesis propuesta por Graham en 1983.

Palabras clave: *Dermanura azteca*, hábitos alimentarios, *Juniperus*, *Prunus*, *Crataegus*, zona templada.

Abstract: In this paper the alimentary habits of a *Dermanura azteca* colony during the cold season, along two annual periods are reported. It was found that this species, which inhabits above 3200 m over sea level, based its diet from September to April on *Juniperus deppeana* berries and, in a lesser proportion, on the fruits of the angiosperms *Prunus capuli* and *Crataegus mexicanus*. The strategy followed by this bat colony for staying in this temperate area during the fall-winter period agrees with the hypothesis suggested by Graham in 1983.

Key words: *Dermanura azteca*, alimentary habits, *Juniperus*, *Prunus*, *Crataegus*, temperate area.

Dermanura azteca es una de las pocas especies de estenodermis que logran penetrar más allá de los 3000 msnm, donde se encuentran las zonas templadas o frías de la

América tropical, y en México se encuentra asociada a bosques de pino, encino y oyamel (Villa, 1967; Davis, 1969). Los murciélagos que habitan las zonas templadas deben enfrentar