

12
00343 24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**FACTORES MICROCLIMÁTICOS Y SELECCIÓN DEL REFUGIO
DIURNO POR MURCIÉLAGOS CAVERNÍCOLAS EN
GÓMEZ FARIÁS, TAMAULIPAS.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA ANIMAL)**

P R E S E N T A :

JORGE ALBINO VARGAS CONTRERAS

DIRECTOR DE TESIS: BIÓLOGO OSCAR SÁNCHEZ HERRERA

258377

MEXICO, D. F.

1998

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

*Cuentan de un sabio, que un día
tan pobre y mísero estaba
que sólo se sustentaba
de las hierbas que cogía.
¿Habrá otro - entre sí decía -
más pobre y triste que yo?
Y cuando el rostro volvió
halló la respuesta, viendo
que iba otro sabio cogiendo
las hojas que él arrojó.*

Calderón de la Barca.

Fe de erratas.

Párrafo	Renglón	Texto	Cambiar por	Página
	1	5 instalación	instalación	Agradecimientos
	2	2 Codero	Cordero	Agradecimientos
	3	4 temperatura	temperatura	32
	3	3 coincidió	coincidió	33
	4	4 abiótica	abióticas	33
	4	4 son similares	es similar	33
	2	1 ambiental	ambiental	37
Cuadro 4	1	seleccionados	seleccionados	38
	2	2 cálidos	cálidas	40
Figura 8	1	Clasificación	Clasificación	41
Figura 11	2	absisas	abscisas	52
Figura 11	3	Perre	Perra	52
	1	5 llegó	llegaron	57
	2	1 presentaron	presentó	61
	2	6 bastante	bastantes	61
	1	9 particularizará	particularizará	64
	3	1 posible	posibles	67
	2	5 cálido	cálidas	71
	4	1 murciélagos	murciélagos	76
	2	3 constituyen	constituye	80
	1	11 experiencia	experiencia	86
	2	4 templeados	templados	89
	4	1 com	con	90
	5	6 <i>kaysi</i>	<i>keaysi</i>	90
Figura 18	1	microabientes	microambientes	91
Figura 19		microabientes	microambientes	92
	1	2 <i>auriculos</i>	<i>auriculus</i>	96
	4	3 <i>goeffroyi</i>	<i>geoffroyi</i>	103
	4	8 homogéneo	homogéneo	103

DEDICATORIA

*A mi familia tamaulipeca, Flores Maldonado,
por darme todo a cambio de nada.*

*A mi esposa, Griselda Escalona, por su
apoyo y estímulo para seguir adelante.*

Para aquellas personas que tienen el don, la paciencia y el interés en formar nuevos investigadores.

A mis profesores, pero en particular, a mi profesor y amigo Oscar Sánchez Herrera,

*A mis padres: Rosa Ma. Contreras, Pablo Heredia, Blanca A.
Contreras, Carlos Porras, Catalina Maldonado y Jesús Flores,
por sus valiosos consejos para llegar a ser alguien en esta vida.*

*A mis hermanos, particularmente a Diana
y a Alex, por alentar mi ánimo de superación.*

*A mi mejor amigo, Rafael Herrera, por su
apoyo moral y por fomentar mi interés en
la Biología.*

AGRADECIMIENTOS.

No quiero caer en el error de omitir nombres de amigos, familiares, personas e instituciones que me ayudaron a llegar a este escalón académico. De llegar a ser ésto, de antemano pido disculpas. En principio agradezco al CONACYT por haber otorgado la beca (60371) para realizar los estudios de posgrado, al Instituto de Biología de la UNAM por el apoyo institucional durante mi estancia en México, al Texas South Most School at Brownsville por permitir usar las instalaciones del Rancho "El Cielo", al Instituto de Ecología y alimentos y Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y al Consejo Tamaulipeco de Ciencia y Tecnología por el apoyo institucional para concluir mis estudios de Maestría.

A mis profesores: Biól. Oscar Sánchez Herrera por haber confiado en mi y no permitir dejar inconclusa la maestría; Dr. Victor Sánchez Codero, Dr. Héctor Arita y M. C. William López Forment, por enseñarme muchas formas de analizar la biología, revisar y mejorar mi documento; además, al Dr. Joaquín Arroyo, Dr. Roberto Martínez, M. C. Livia León P., Dr. Rodrigo Medellín, M. C. Gerardo Sánchez y Dr. Luis Hernández, por las valiosas sugerencias aportadas a mi texto.

A mi gran familia tamaulipeca Flores Maldonado, por haberme permitido ingresar a su familia y el apoyo que siempre me han brindado, a mi familia campechana Heredia Contreras y capitalina Porras Contreras por el apoyo incondicional que siempre me han otorgado. A Rafael Herrera, por su gran estímulo y apoyo moral que me dio en los momentos más críticos para sobresalir. A Griselda Escalona, por apoyarme en todos los sentidos para culminar esta fase de mi vida. A la familia Córdoba Castillo por el apoyo brindado en ese lugar hermoso y lejos de la civilización.

A mis amigos del IBUNAM, Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias y Victorenses, porque de manera indirecta me han ayudado a fortalecer mi saber en la biología. Particularmente a Miriam G. Torres, Santiago Niño, Claudia Rodríguez, Esperanza Álvarez, Miguel A. Briones y Rosa Castro.

INDICE

RESUMEN.....	i
INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. MARCO DE REFERENCIA.....	10
IV. ALGUNOS PRONOSTICOS	15
V. OBJETIVOS	15
VI. AREA DE ESTUDIO, DESCRIPCION Y LOCALIZACION DE LAS CUEVAS.	
AREA DE ESTUDIO	16
VII. MATERIALES Y METODOS.	25
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
1. GRUPOS DE CUEVAS Y MICROAMBIENTES POR CUEVAS	32
2. CARACTERIZACION DE LOS MEDIOS CAVERNICOLAS CON BASE EN LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y LA HUMEDAD RELATIVA	40
2.1. ESQUEMA MICROAMBIENTAL EMPIRICO GENERAL DE LAS CUEVAS.....	41
2.2. CARACTERIZACION DE LAS CUEVAS POR ESTRATOS ALTITUDINALES.....	44
2.3. POR CUEVAS INDIVIDUALES EN FUNCION DEL TIEMPO	47
3. PRESENCIA DE MURCIELAGOS Y USO DE LAS CUEVAS.....	50
3.1. PRESENCIA DE MURCIELAGOS POR ESTRATOS ALTITUDINALES.....	51
3.2. PRESENCIA DE MURCIELAGOS POR CUEVAS EN FUNCION DEL TIEMPO	59
3.3. PRESENCIA DE MURCIELAGOS EN EL INTERIOR DE CADA CUEVA	63
3. 4. MODALIDADES DEL USO DE LAS CUEVAS	69

4. CLASIFICACION DE LAS ESPECIES DE MURCIELAGOS, SUS ABUNDANCIAS, EN RELACION CON LA SELECCION DEL REFUGIO	74
5. TEMPERATURAS Y HUMEDADAS PREFERIDAS POR LOS MURCIELAGOS	84
6. PERTURBACION DE LAS CUEVAS	97
IX. CONCLUSIONES	101
X. LITERATURA CITADA.....	105
APENDICE I	111

RESUMEN.

La influencia de la temperatura y humedad en la selección del refugio diurno por murciélagos cavernícola se analizó en nueve cuevas localizadas en diferentes estratos altitudinales (EA), que van de 150 a 2120 m.s.n.m., en la Reserva de la Biosfera "El Cielo" en Gómez Farías, Tamaulipas, México, con la finalidad de responder dos interrogantes: 1) ¿qué determina que algunas cuevas cuenten con más o menos especies de murciélagos o con mayor o menor número de individuos? y 2) ¿qué tipos de especies de quirópteros coexisten bajo ciertas condiciones determinadas del ambiente cavernícola? Para ello se decidió corroborar cuatro predicciones que relacionan los diferentes ambientes cavernícolas con los tipos de murciélagos (con respecto a su comportamiento fisiológico: hibernantes -en torpor o hibernando- y no hibernantes): 1) que las especies de murciélagos cavernícolas que entran en torpor (especies de zonas templadas) tenderán a ocupar las cuevas, o partes de ellas, que presenten humedades relativas altas y temperaturas bajas (refugios fríos húmedos); 2) que los quirópteros no hibernantes (en general, especies tropicales) tenderán a ocupar las cuevas, o partes de ellas, donde existan humedades relativas y temperaturas altas (refugios calientes húmedos); 3) que algunas especies de murciélagos hibernantes y no hibernantes tenderán a ocupar una amplia gama de condiciones microambientales, incluidas las cuevas, o secciones de ellas, con humedades relativas y temperaturas bajas (refugios fríos secos); y 4) que de acuerdo con los datos teóricos y empíricos, las cuevas o partes de ellas con temperaturas altas y humedades relativas bajas (refugios calientes secos) serán poco hospitalarios tanto para los murciélagos hibernantes como los no hibernantes.

Con base en las condiciones microambientales de nueve cuevas, se reconocieron cuatro grupos: las frías húmedas y las calientes húmedas (cada uno con dos cuevas), las frías secas (con cuatro) y las calientes secas (una cueva), las cuales fueron usadas por 16 especies de murciélagos. Este resultado se relacionó con la selección del refugio diurno por murciélagos cavernícolas, encontrándose que la primera predicción antes mencionada no se cumplió, ya que *M. keaysi*, una especie de afinidad neotropical, ocupó estos ambientes de zonas altas. En tanto que las tres restantes resultaron ser ciertas. Cinco especies de quirópteros se consideraron como hibernantes y 11 no hibernantes. Los patrones de presencia de estas especies fueron continuo para tres especies, discontinuo estacional en nueve y discontinuo ocasional para 11.

Las cuevas consideradas en esta investigación se caracterizaron como refugios con varias especies (multiespecífica) y de baja abundancia. La abundancia y riqueza de especies de murciélagos de las cuevas estudiadas, están relacionadas con las características de la organización social de ellos. Se encontró que ocho especies son integracionistas, tres son segregacionistas y cuatro son indiferentes. A su vez, los ambientes cavernícolas calientes húmedos albergan mayor abundancia y riqueza de quirópteros y se localizan en la parte tropical.

Durante el lapso de estudio la mayoría de las cuevas fueron inestables y se definieron tres patrones de variación microambiental: a) microambiente relativamente estable, b) microambiente no estable gradual y c) microambiente no estable contrastante. Se detectó que la temperatura parece ejercer mayor influencia en la selección del refugio y, se concluyó que los "tipos fisiológicos de quirópteros" y las especies de los mismos, tienden a mostrar

preferencia por un ambiente cavernícola en particular. Al mismo tiempo, se halló que algunas especies de murciélagos mostraron traslape en el uso de los refugios, pero espacialmente en el interior de las cuevas las poblaciones de quirópteros no se mezclaron entre sí. La selección de los sitios en el interior de las cuevas por parte de los quirópteros, se realiza de manera particular por una especie. Indicando así, que hay tendencia a la selección específica del refugio por quirópteros en la región de Gómez Farías, y la mayoría de las especies pueden coexistir con otras, con excepción de *A. geoffroyi* que habitó una cueva en ausencia de otras especies. De acuerdo con diferentes autores, la selección del refugio no sólo se basa en la temperatura y la humedad, sino que también interactúan otros factores.

Por último, los planes de conservación de los refugios de murciélagos cavernícolas, se deben de fundamentar en la combinación de varios criterios, como la riqueza de especies, la abundancia, presencia de especies vulnerables, en aspectos biológicos de las mismas y en la complejidad ecológica de los ecosistemas, que resultarían apropiados para implementar buenas estrategias de conservación.

I. INTRODUCCION.

Las cuevas son rasgos geomorfológicos que llaman la atención desde varios puntos de vista, entre ellos el biológico, especialmente si se les considera como ecosistemas. Esto ha despertado interés en estudiarlas y tratar de entender su dinámica en relación con los seres que las habitan. En principio, las cavernas ofrecen un refugio permanente o temporal a diversos organismos, los cuales desarrollan allí distintas actividades y, en algunos casos, todo su ciclo vital. Entre los organismos que, sin ser estrictamente troglobios, dependen estrechamente de la presencia del entorno cavernícola, se encuentran numerosos murciélagos.

Las especies de murciélagos, como cualesquiera otras especies de mamíferos, tienen requerimientos particulares de temperatura, de humedad relativa, de corrientes de aire, de luz, de interacción con otras especies y de cercanía del recurso alimenticio, entre otros, los cuales ejercen influencia en la selección de un refugio.

A pesar de los esfuerzos desarrollados por conocer los ecosistemas cavernícolas en áreas tropicales y templadas del país, aún falta realizar tareas encaminadas al conocimiento de los mismos, p. ej. inventarios, estudios ecológicos y de conservación. El tema de la selección del refugio por murciélagos ha sido tratado en zonas paleárticas y neárticas, pero poco se sabe de las áreas transicionales entre biomas boreales y tropicales. En México se han realizado algunos trabajos sobre la selección del refugio por quirópteros cavernícolas, pero todos ellos fueron realizados en sitios pertenecientes a una misma región. En este sentido para la zona de estudio, que se ubica entre dos regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical, se carece de información al respecto.

Esta investigación estuvo dirigida a responder dos interrogantes principales: 1) ¿qué determina que algunas cuevas cuenten con más o menos especies de murciélagos o mayor o menor número de individuos? y 2) ¿qué tipos de especies de quirópteros coexisten bajo ciertas condiciones determinadas del ambiente cavernícola?

II. ANTECEDENTES.

La selección del sitio de refugio por murciélagos depende de varios factores; entre los más importantes están la humedad relativa y la temperatura (Hill y Smith, 1984). Twente (1955) partió de la idea en su estudio sobre algunos aspectos de la selección del hábitat y otras conductas en murciélagos cavernícolas, que la humedad relativa alta era un factor esencial para la sobrevivencia de *Myotis velifer*, *Plecotus rafinesquii*, *Eptesicus fuscus* y *Antrozous pallidus*, del centro y sur de Kansas y noroeste de Oklahoma. El resultado de su estudio indicó que esto no es necesariamente verdadero para los quirópteros que él estudió. Por otra parte, encontró que cada especie realiza una selección particular del hábitat. Las tres primeras especies prefieren, para hibernar, áreas frías, mientras que la última especie lo hace en situaciones más cálidas. En cuanto a la humedad relativa, menciona que en todas las cuevas ésta es mayor, en comparación con la del medio externo, durante las diferentes estaciones del año.

Algunos autores tratan el tema de la selección del refugio en relación con una característica que presentan algunos murciélagos, la hibernación. Este término es controversial en su uso. Etimológicamente, hibernación deriva del latín *hiberna* que significa invierno, concepto que al ser entendido en sus implicaciones fisiológicas, sobre algunos organismos que entran en torpor durante los meses invernales más severos, ha terminado como sinónimo de invernación, aunque no es necesariamente correcto su empleo en esa acepción. Con argumentos citados por Schmidt-Nielsen (1975) y Hainsworth (1981), ambos términos se entienden como un estado inactivo, en el cual la temperatura corporal, el índice metabólico, el gasto cardíaco y la respiración, entre otras, se reducen en respuesta a las temperaturas ambientales bajas con lo cual mantienen una temperatura corporal relativamente estable, pero en niveles menores a los que muestran cuando están en actividad. Para efectos prácticos, en este texto se empleará la palabra hibernación para definir este estado fisiológico.

Twente (1960) observó durante su estudio, que *Plecotus townsendii* frecuentemente hiberna en minas y cuevas de Utah, Estados Unidos (E. U.). También encontró que en cuevas que tienen áreas con diferencias de temperatura significativas, *Plecotus* elige siempre los sitios más fríos en la zona de penumbra; mientras que otros murciélagos (el autor no especifica que especies) habitan regiones oscuras de la cueva sin importar la variación de temperatura.

Otro enfoque sobre el estudio de las cuevas fue realizado por Barr (1961), cuyo propósito fue localizar y reunir información sobre las cuevas conocidas en la región de Tennessee, E.U. El autor mencionó que el interior de muchas de esas cuevas se caracteriza por una temperatura relativamente constante, una humedad relativa alta y una obscuridad total. En el mismo estudio registró que en esas cuevas la temperatura es aproximadamente de 13.5 a 15°C y la humedad relativa, en la mayor parte de las cuevas, estuvo entre 95 y 100%; pero en cuevas polvorientas y secas puede bajar a 79%. Además, los animales cavernícolas terrestres- el autor no especifica si son invertebrados o vertebrados- se encuentran generalmente sólo donde la humedad relativa es de 98 a 100%, excepto para los llamados troglóxenos, que periódicamente retornan a la superficie por alimento.

Volviendo al punto de la selección del refugio, Daan y Wichers (1967) llevaron al cabo un estudio en el "Genlhemergroeve", una excavación de piedra caliza al sur de Limburgo, Holanda. Obtuvieron como resultado que existe una selección del área de refugio, por parte de los murciélagos, basada en la temperatura, con lo cual se pudieron definir dos grupos. El primero incluye aquellas especies que eligen sitios más cálidos al fondo de la cueva, durante el invierno, debido a que las fluctuaciones microambientales del refugio son mínimas, de alrededor de 10.5°C (*Myotis emarginatus* y *Rhinolophus hipposideros*). El segundo grupo, formado por *Myotis dasycneme*, *Myotis myotis*, *Myotis daubentonii* y *Myotis mystacinus*, se distingue por incluir especies que realizan una "migración interna" del fondo a la entrada de la cueva. Es decir, la concentración de los

murciélagos, de diciembre a marzo, en la entrada de la cueva puede deberse a una preferencia por bajas temperaturas; en tanto que en el otoño, hay una mayor concentración de murciélagos en el interior de la cueva donde las temperaturas son menores.

En cuanto a la termopreferencia de murciélagos paleárticos, Harmata (1969, 1973) registró valores entre -4 a 34°C en los refugios de siete especies de quirópteros durante un año en condiciones experimentales y naturales. Sin embargo, los datos de temperatura fueron registrados por completo para dos especies (*Rhinolophus hipposideros* y *Myotis myotis*), mientras que en las especies restantes (*Myotis nattereri*, *Myotis emarginatus*, *Eptesicus serotinus*, *Plecotus auritus* y *Barbastella barbastellus*) sólo se determinó en algunas épocas del año. Basándose en los registros de temperaturas obtenidos en los hábitats de los murciélagos estudiados, se consideraron dos gradientes de temperatura, uno de 0 a 12°C durante el período de hibernación y el otro de 18 a 45°C en un lapso de actividad, con el propósito de determinar las temperaturas que los quirópteros eligieron. El autor encontró que las temperaturas seleccionadas en su experimento por las especies de murciélagos, fueron similares a las registradas en los hábitats naturales en las diferentes épocas del año. Los intervalos de temperatura preferidos cambiaron drásticamente de estación a estación: a) en el período transicional de primavera-otoño, los murciélagos seleccionaron temperaturas intermedias, de 3 a 12°C y de -4 a 15°C , respectivamente; b) en el verano, temperaturas altas (de 14 a 39°C) y c) en el invierno, temperaturas bajas (de -4 a 15°C). Harmata concluyó que en condiciones naturales, la distribución interna de los murciélagos en sus correspondientes escondites, tanto vertical, en partes superiores, medias y bajas; como horizontal, en la parte de la entrada y en la profunda, depende del tipo de refugios disponibles (construcciones humanas, cuevas artificiales y naturales) y de las condiciones de temperatura de estos recintos. Cada especie tiende a ocupar sitios específicos dentro de un refugio en función de la temperatura.

Gaisler (1970), también trató el tema de la preferencia de temperatura por quirópteros paleárticos. El destacó dos hechos sobre la selección del hábitat de 19 especies de murciélagos en cuevas de Checoslovaquia y Bulgaria, bajo condiciones naturales en diferentes hábitats, considerando sólo la temperatura ambiental. El primer aspecto consistió en la selección del refugio en invierno para la hibernación y registró un intervalo de temperatura de -2 a 12°. En tanto que en la segunda observación, la selección del refugio en el verano para colonia de crianza, obtuvo temperaturas que van desde los 9 hasta 35°C.

Martin y Hawks (1972) en Dakota del Sur, E.U., registraron un amplio intervalo de la temperatura ambiental y humedad relativa en el refugio de hibernación de *Plecotus townsendii*, de 3 a 12°C y de 33 a 100%, respectivamente. A *Myotis leibii* se le observó en las áreas más cálidas de muchas cuevas y el intervalo de temperatura del hibernáculo fue de 7 a 9°C, mientras que el de la humedad relativa fue muy variable, ya que en un mismo día se le observó en dos sitios con diferentes porcentajes de humedad (33 y 71%). En cuanto a *E. fuscus*, se le encontró en una bóveda con temperatura variable (11-12°C) y una humedad relativa de 37%, aunque en otras cuevas se le observó a 7°C y 33% de humedad. Estos autores son más bien descriptivos en su estudio sobre la selección del refugio por murciélagos y no ofrecen mayor discusión al respecto.

El trabajo de McNab (1974) trata de explicar cómo influye la temperatura en la selección del refugio de tres especies de murciélagos en nueve cuevas de regiones frías (norte) y transicionales (centro) en Florida, E.U. El autor encontró que en el invierno las cuevas son apreciablemente más cálidas que aquellas de climas templados. Con base en el gradiente climático de la Península de Florida, el autor consideró a *Myotis grisescens* y *Pipistrellus subflavus* como especies "frías templadas", ya que son incapaces de tolerar temperaturas altas en el invierno y a *Myotis austroriparius* como especie "caliente templada", ya que tolera temperaturas más altas en invierno que la especie anterior. Además, encontró que el peso corporal está asociado con la selección de la temperatura, los

murciélagos más pequeños en hibernación tienen diferenciales de temperatura (es decir, diferencias entre la temperatura corporal de los murciélagos y la temperatura ambiental) más bajos que los quirópteros grandes a la misma temperatura. Por otro lado, los murciélagos de las cuevas de Florida escogen como refugios áreas o cuevas con una humedad relativa que oscila entre 91 y 100%.

Silva-Taboada (1977) llevó al cabo un estudio de la selección del hábitat por un murciélago (*Phyllonycteris poeyi*) en Cuba, mencionando que esta especie cavernícola, en ocasiones llega a constituir grupos de miles de individuos, elige refugios diurnos característicos, y en parte por su mera presencia modifica las condiciones de tales refugios diurnos elevando la temperatura ambiente. Por esto último, los sitios son denominados "cuevas de calor", registrándose en la mayoría de ellas humedades relativas entre 80 y 99%, en tanto que la temperatura fluctuó de 28 a 40°C. El autor concluye que esta especie selecciona las condiciones de su refugio diurno, con una marcada especialización.

El tamaño, forma, topografía y número de entradas de las cuevas, influyen en las condiciones del medio cavernícola. La presencia de estos elementos ocasiona una mayor variabilidad microambiental y, por consiguiente, el número de cuevas que reúnen condiciones apropiadas como refugio para las especies cavernícolas es relativamente limitado (Tuttle y Stevenson, 1981). Estos dos autores mencionan que las cuevas con temperaturas bajas por arriba del punto cero y relativamente constantes, son ocupadas por murciélagos para hibernar, incluyendo a las especies *M. grisescens* y *M. sodalis*. Los sitios específicos que ocupan esas especies dentro de la cueva están protegidos de las temperaturas más bajas, a punto de congelación, del medio externo, pero son ventilados por el aire frío del invierno.

López-Wilchis (1989), realizó un estudio de la biología de *Plecotus mexicanus* en Tlaxcala, México. Esta especie ocupó un túnel como refugio y mostró una selección microambiental muy estrecha dentro del túnel, el cual presentó condiciones favorables con

una gran estabilidad ambiental, con respecto a la temperatura y humedad relativa, a lo largo del año. Se registraron temperaturas que van de 9 a 12°C y humedades relativas aproximadas al 90%, con las cuales el autor caracterizó el sitio como frío húmedo. Con el empleo de una correlación parcial entre la temperatura ambiental, la temperatura del sustrato y la humedad relativa contra el número de individuos, obtuvo que el segundo factor tiene mayor influencia en la selección del refugio; también enfatiza que, al considerar los factores ambientales en conjunto, la importancia de la temperatura del sustrato disminuye. Aunque el autor remarca que el factor con más influencia en la selección del refugio es la temperatura del sustrato, no proporciona explicaciones sobre las implicaciones ecofisiológicas de los murciélagos, debidas a este factor. El peso que él le asigna a la temperatura del sustrato es apoyado estadísticamente en el aumento de los valores de la correlación parcial del número de murciélagos contra la temperatura ambiental y la temperatura del sustrato, así como en el grado de significancia. Desde un punto de vista personal, los datos estadísticos de este estudio no resultan claros en su análisis.

Dwyer (1971) comenta para las especies de murciélagos cavernícolas, que las cuevas como refugio con temperaturas apropiadas son limitadas en número. En latitudes altas las cuevas pueden ser muy frías y ser usadas rara vez. Entre latitudes intermedias y altas, con temperatura media anual (TMA) que va de 2 a 12°C, se pueden encontrar cuevas con temperaturas apropiadas que pueden ser utilizadas como refugios, pero que normalmente resultarían frías para ser ocupadas por murciélagos en el verano. En áreas de latitudes intermedias, con una TMA de 12 a 20°C, muchas cuevas son relativamente más calientes en el invierno y más frías en el verano, y pocas son usadas por murciélagos en alguna estación. En latitudes más bajas, cercanas al ecuador, hay un incremento del número de cuevas con temperaturas cálidas que son ideales para ser usadas como sitios de maternidad. Los datos de este autor indican que la disponibilidad de refugios, cuevas, con ambientes óptimos para que los murciélagos se establezcan, es mayor en lugares tropicales que en lugares neárticos.

Evidencias como las anteriores muestran que las especies de murciélagos tienden a seleccionar intervalos específicos, tanto de la temperatura ambiental como de la humedad relativa, para establecerse en determinados refugios. En las gráficas que McNab (1969) presentó de su estudio experimental, relacionó la temperatura ambiental con la temperatura corporal de 34 especies de murciélagos neotropicales. El análisis de esas gráficas, en particular para el caso de las especies cavernícolas (Cuadro 1), indica que: a) el intervalo de la temperatura ambiental donde los individuos mantienen su temperatura corporal más o menos constante fue de 5 a 35°C; y b) algunos individuos de varias especies sobrepasaron temperaturas de 35 a 41°C. En este intervalo, conforme aumenta la temperatura ambiental, aumenta la temperatura corporal y cuando la temperatura ambiental sobrepasa los 41°C la mayoría de los individuos mueren. En cuanto a la humedad relativa, McNab no ofrece datos experimentales fisiológicos, sino que sólo menciona que sus datos se obtuvieron en condiciones de humedad relativa comprendidas entre los 70 y 98%.

Cuadro 1. Datos tomados de McNab (1969).

ESPECIES	TEMPERATURA AMBIENTAL	HUMEDAD RELATIVA	CANTIDAD DE MURCIELAGOS
<i>Macrotus waterhousii</i>	27 - 28	77 - 81	MUCHOS
<i>Phyllostomus hastatus</i>	20 - 28	78 - 80	MUCHOS
<i>Chrotopterus auritus</i>	14 - 22	77 - 93	POCOS
<i>Glossophaga soricina</i>	24 - 27	70 - 94	MUCHOS
<i>Anoura geoffroyi</i>	19 - 27	70 - 98	MUCHOS
<i>Carollia perspicillata</i>	19 - 26	92 - 98	MUCHOS
<i>Artibeus lituratus</i>	19	98	MUCHOS
<i>Desmodus rotundus</i>	13 - 25	78 - 98	MUCHOS
<i>Diphylla ecaudata</i>	19 - 25	80 - 98	POCOS
<i>Natalus stramineus</i>	27 - 28	81	MUCHOS

En términos fisiológicos, lo anterior significa que cuando estos organismos se exponen a temperaturas ambientales altas, acercándose al límite superior, así como a temperaturas ambientales bajas cercanas al límite inferior, ya no pueden compensarse las

variaciones fisiológicas por lo cual la temperatura corporal empieza a reflejar las diferencias de la temperatura ambiental (Schmidt-Nielsen, 1975). En ambos casos se dan reacciones fisiológicas mortales, pero que bioquímicamente hablando son diferentes. Es decir, en el primer caso las proteínas se desnaturalizan, provocando la pérdida de su conformación parcial o total, lo que conduce a una falta de control de las reacciones bioquímicas y en consecuencia de actividades fisiológicas, entre otras; y en el segundo, la intensidad de los procesos fisiológicos disminuyen, el consumo de oxígeno desciende, los movimientos se hacen más lentos y hay un aumento de los cristales de hielo en las células de los tejidos, lo cual lesiona sus finas estructuras a medida que el tamaño de los cristales de hielo es mayor.

Cabe mencionar que las condiciones de temperatura y humedad varían entre lugares y épocas, p. ej. Twente (1955) y McNab (1974) mencionan que en una cueva, entre cuevas o sistemas de cuevas de diferentes lugares, existen variaciones de estos elementos.

Es importante destacar que los autores ya citados, básicamente analizaron pocos factores microambientales y en una sola localidad en cada caso, para el análisis de la selección del refugio por murciélagos cavernícolas. A raíz de estos antecedentes surgió la idea de realizar un estudio sobre la selección del refugio diurno por algunas especies de murciélagos cavernícolas, en una variedad amplia de condiciones microambientales en México, lo cual se efectuó en un gradiente altitudinal que proporciona gran variabilidad de condiciones en un área geográfica limitada y en la que convergen dos zonas climáticas, la templada y la tropical (García, 1988). Un área que, a la vez, se localiza entre dos regiones biogeográficas mayores: la neártica y la neotropical (Smith, 1940) en Tamaulipas, México.

Para abordar este tema, especialmente desde la perspectiva microclimática, se caracterizó el sistema de cuevas estudiado basándose en la temperatura y humedad, se identificaron las especies de murciélagos que hacen uso de las cavernas y sus patrones de presencia en las mismas.

III. MARCO DE REFERENCIA.

La información proveniente de la literatura sobre los intervalos de temperatura y humedad de los refugios de varias especies de murciélagos cavernícolas (Cuadro 2), muestra la existencia de patrones generales en la selección del microambiente, es decir, la afinidad de las especies de quirópteros con respecto a valores bajos, medios y altos de las variables ambientales previamente mencionadas. Con estos datos se construyó la figura 1 para disponer de una referencia gráfica de conjunto. Por otra parte, se relacionó la masa corporal con la temperatura y con la humedad relativa, para identificar si hay patrones reconocidos, encontrándose que cada una de las variables presenta una relación con tendencias similares, donde los murciélagos de menor masa corporal eligen un amplio intervalo, tanto de la temperatura como de la humedad relativa, mientras que los quirópteros de mayor masa corporal seleccionan un intervalo menor de ambas variables (Figura 2).

También para referencia y con un enfoque categórico, considerando tres situaciones hipotéticas representativas (bajas, medias y altas), tanto de la temperatura ambiental como de la humedad relativa, se construyó la figura 3 (Esquema Teórico), en la cual se definen cuatro situaciones ambientales (cuadrantes teóricos). En el primer cuadrante, se tienen temperaturas bajas y humedades relativas altas, que corresponderían a sitios caracterizables como fríos húmedos. En el segundo cuadrante, con temperaturas y humedades relativas altas, que se catalogarían como lugares calientes húmedos. En el tercer cuadrante, hay temperaturas y humedades relativas bajas, que conformarían la categoría de los sitios fríos secos. Por último, se reconoce un cuarto cuadrante, con temperaturas altas y humedades relativas bajas, que constituyen la categoría de lugares calientes secos.

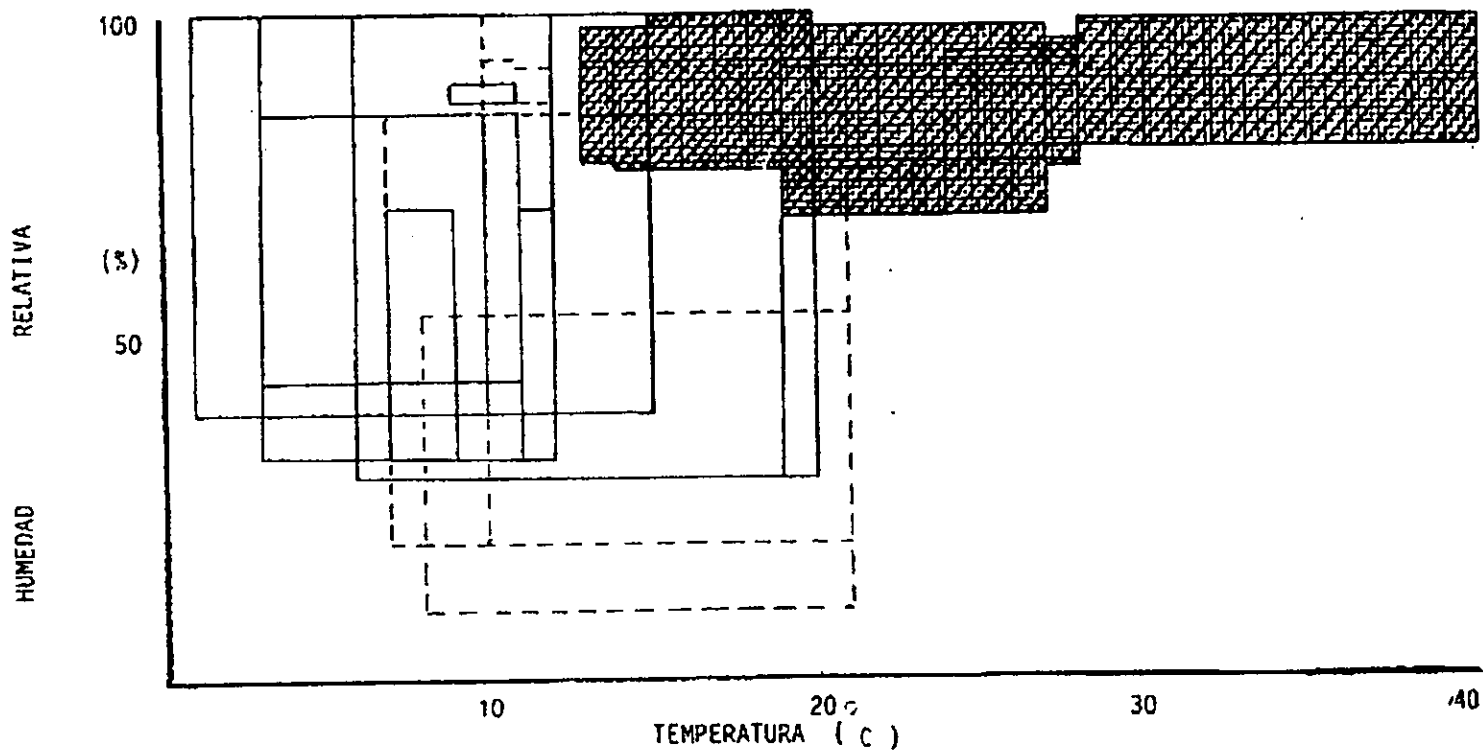


FIGURA 1. Representación gráfica de los intervalos de humedades relativas y de temperaturas del refugio, según registros de 21 especies de murciélagos cavernícolas mencionados en la literatura (CUADRO 2). Especies hibernantes, Especies no hibernantes, Especies -- activas después de la hibernación.

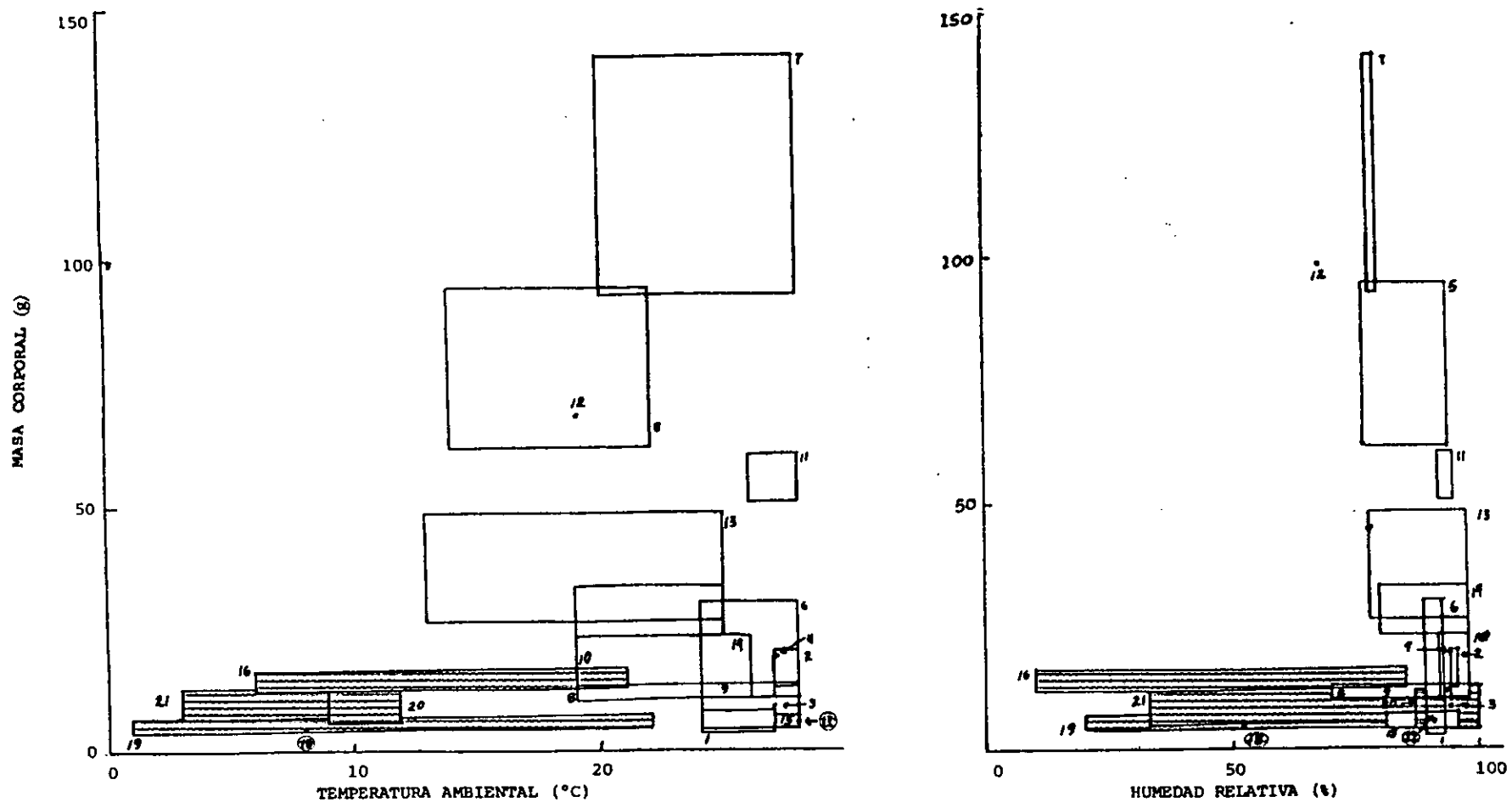


Figura 2. Relación entre las masas corporales de murciélagos y las temperaturas ambientales y humedades relativas del medio (refugios) registradas al momento de la captura según la literatura (ver Cuadro 2). Los rectángulos sombreados corresponden a especies hibernantes

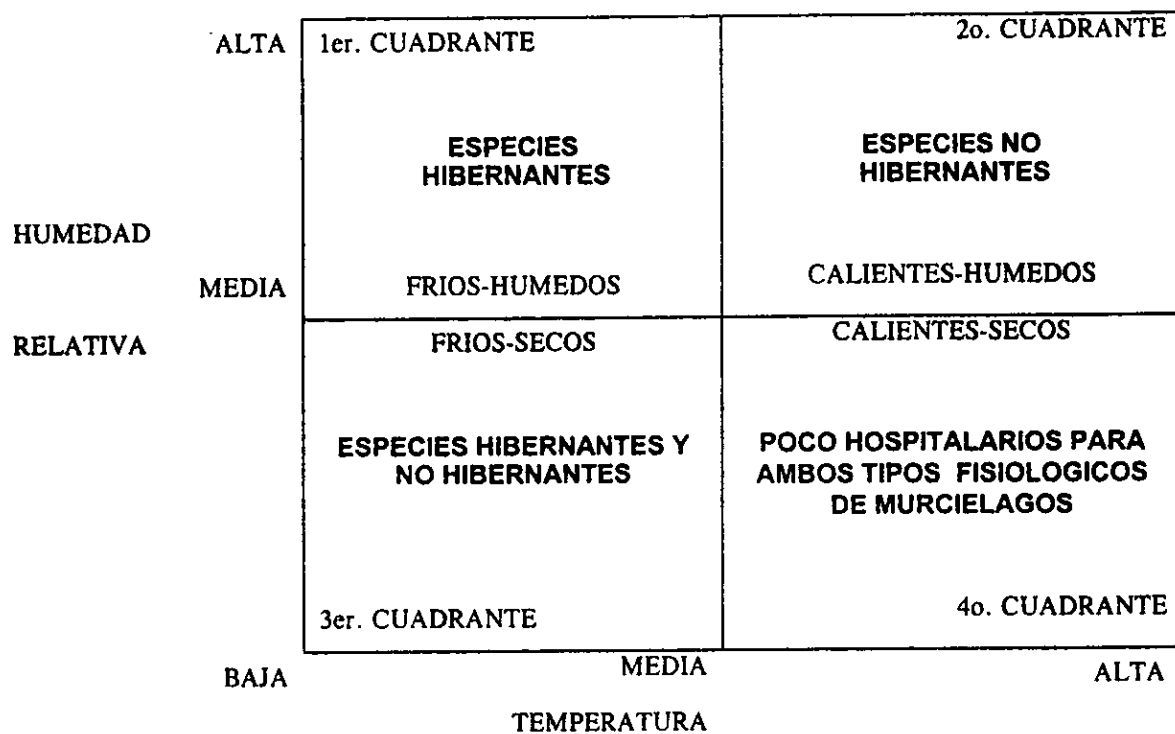


Figura 3. Caracterización teórica de los ambientes cavernícolas. Se sobreponen las posibles características de selección del refugio por murciélagos.

Cuadro 2. Datos tomados de la literatura sobre la masa corporal de los individuos y condiciones microambientales de los refugios de murciélagos cavernícolas. x) La mayoría de los intervalos del peso fueron obtenidos de Emmons (1990). I= invierno, P= primavera, V= verano, O= otoño. * = valores tomados de los artículos citados, + = Mammalian species. El número entre paréntesis a la derecha de cada especie, representa los puntos que corresponden a los valores de temperatura y humedad, registrados para la especie en cuestión en la figura 2.

ESPECIES	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	MASA CORPORAL (g)	AUTORES
<i>Peropteryx macrotis</i> (1)	24.4 - 29	65 - 93	3 - 8 ^x	Arita y Vargas (1995)
<i>Mormoops megalophylla</i> (2)	26 - 30	87 - 95	12 - 20 ^x	Arita y Vargas (1995)
<i>Pteronotus davyi</i> (3)	27 - 30	92 - 95	6 - 11 ^x	Arita y Vargas (1995)
<i>Pteronotus parnellii</i> (4)	26 - 28	86 - 98	11 - 28 ^x	Arita y Vargas (1995)
<i>Chrotopterus auritus</i> (5)	14 - 22	77 - 93	61 - 94 ^x	McNab (1969)
<i>Macrotus waterhousii</i>	27 - 28	77 - 81		McNab (1969)
<i>Micronycteris megalotis</i> (6)	24 - 28	89 - 93	19 - 30 ^x	Arita y Vargas (1995)
<i>Phyllostomus hastatus</i> (7)	20 - 28	78 - 80	92 - 140 ^x	McNab (1969)
<i>Anoura caudifer</i> (8)	19 - 27	70 - 98	10 - 13 ^x	Emmons (1990)
<i>Anoura geoffroyi</i>	19 - 27	70 - 98		McNab (1969)
<i>Glossophaga soricina</i> (9)	24 - 27	70 - 94	10 - 13 ^x	McNab (1969)
<i>Carollia perspicillata</i> (10)	19 - 26	92 - 98	10 - 23 ^x	McNab (1969)
<i>Artibeus jamaicensis</i> (11)	24 - 27.5	69 - 96	50 - 60 ^x	Arita y Vargas (1995)
<i>Artibeus lituratus</i> (12)	19	98	50 - 86 ^x	McNab (1969)
<i>Phyllonycteris poeyi</i>	28 - 40	80 - 90		Silva-Taboada (1977)
<i>Desmodus rotundus</i> (13)	13 - 25	78 - 98	26 - 48 ^x	Emmons (1990)
<i>Diphylla ecaudata</i> (14)	19 - 25	80 - 98	23 - 33 ^x	Emmons (1990)
<i>Natalus stramineus</i> (15)	27 - 28	81 - 96	4 - 7 ^x	McNab (1969)
<i>Eptesicus fuscus</i> (16)	I, 6 - 10 O, 8 - 21	40 - 85 10 - 55	*12.1 - 16.2 12.1 - 16.2	Twente (1955)
<i>Pipistrellus subflavus</i>	7 - 18			McNab (1974)
<i>Myotis keaysi</i> (17)	27.5 - 28.5	89 - 96	4 - 7 ^x	Arita y Vargas (1995)
<i>Myotis leibii</i> (18)	7 - 9	33 - 71	4.5	Emmons (1990)
<i>Myotis velifer</i> (19)	I, 1 - 15 P, 6 - 20 V, 17 - 22 O, 10 - 20	40 - 100 30 - 100 20 - 100	4 - 7 4 - 7 4 - 7 4 - 7	Twente (1955)
<i>Plecotus mexicanus</i> (20)	I, 9 - 11 P, 10 - 11 V, 11 - 12 O, 10 - 11	87 - 90 87 - 92 87 - 92 90 - 93	5 - 12 5 - 12 5 - 12 5 - 12	López-Wilchis (1989)
<i>Plecotus towsendii</i> (21)	I, 3 - 12	33 - 100	+ 5 - 13	Martin y Hawks (1972)
<i>Plecotus rafinesquii</i>	I, 3 - 11 P, 6 - 19 O, 7 - 21	45 - 85 30 - 100 20 - 85		Twente (1955)

IV. ALGUNOS PRONOSTICOS.

Con base en la figura 1 y en la figura 3, que sólo consideran especies de murciélagos cavernícolas, y en los resultados experimentales sobre algunos quirópteros neotropicales (McNab, 1969), en el sitio de estudio en Tamaulipas se esperaría encontrar lo siguiente:

- 1) Que las especies de murciélagos cavernícolas que entran en torpor (especies de zonas-templadas) tenderían a ocupar las cuevas, o partes de ellas, que presenten en algún momento del año humedades relativas altas y temperaturas bajas (refugios fríos húmedos).
- 2) Que los quirópteros no hibernantes (especies tropicales) tenderían a ocupar las cuevas, o partes de ellas, donde existan, en alguno o varios momentos del año, humedades relativas y temperaturas altas (refugios calientes húmedos).
- 3) Que murciélagos tanto hibernantes como no hibernantes, tenderían a ocupar indistintamente cuevas o secciones de ellas, con humedades relativas y temperaturas bajas (refugios fríos secos) en algún momento del año.
- 4) Que de acuerdo con los datos teóricos y empíricos, las cuevas o partes de ellas con temperaturas altas y humedades relativas bajas (refugios calientes secos) en algún momento del año, serían poco hospitalarias para ambos "tipos fisiológicos" de murciélagos (hibernantes y no hibernantes).

V. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL. Reconocer las relaciones entre algunas variables microambientales (temperatura ambiental, humedad relativa y corrientes de aire) de las cuevas del área de estudio y su papel en la selección del refugio por murciélagos, así como los patrones de presencia de los mismos en las cuevas.

OBJETIVOS PARTICULARES.

- 1) Caracterizar las cuevas a estudiar, considerando la temperatura ambiental, la humedad relativa y corrientes de aire prevaecientes en cada una, y sus variaciones microambientales en el tiempo y en diversas partes de cada una.
- 2) Establecer los patrones de presencia de las especies de murciélagos cavernícolas en cada cueva y su distribución interna en cada una de ellas durante el período de estudio.
- 3) Determinar si los factores microambientales están relacionados con la selección del refugio por parte de los murciélagos y, en su caso, cual de ellos tienen mayor influencia en esta selección.

VI. AREA DE ESTUDIO, DESCRIPCION Y LOCALIZACION DE LAS CUEVAS.

AREA DE ESTUDIO. La Reserva de la Biosfera "El Cielo" (RBC), se localiza en el suroeste del Estado de Tamaulipas, México (Figura 4). Se extiende sobre ambas laderas de una porción de la Sierra Madre Oriental, en la región conocida como Sierra de Cucharas o Guatemala. La RBC incluye parte de los municipios de Gómez Farías (15%), Jaumave (56%), Llera (12%) y Ocampo (16%). Esta extensión abarca un área de 144 530 hectáreas. La posición geográfica de la RBC está entre los 22°55'30" y 23°25'50" N, y los 99°05'51" y 99°26'47" W (Figura 4). Al norte está limitada por el Río Chihue y por la vertiente este con el Río Sabinas y el nacimiento del Río Frío, al sur por Ocampo y por la ladera oeste con la zona semi-desértica de Tula y Jaumave. Su comunicación principal es por la carretera 85 que comunica a Cd. Mante-Cd. Victoria al este y por la carretera 101 que une Cd. Victoria-Jaumave al norte (Sosa, 1987).

El área de trabajo se localiza en el municipio de Gómez Farías, Tamaulipas (Figura 4). En el área geográfica donde se ubica el transecto altitudinal, se pueden distinguir, en función de la altitud y su correlación con rasgos fisiográficos, tres sitios: Gómez Farías (cabecera municipal, 23°02'27.27" N y 99° 09'7.06" W, a 340m), Rancho

"El Cielo" (23°05'58.8" N y 99°11'31.8" W, 1245m) y El Porvenir (La Perra, 23°06'48" N y 99°14'15.6" W, a 1970m). Las localidades antes mencionadas forman parte de la RBC y también pertenecen a la subprovincia de la Gran Sierra Plegada de la Provincia de la Sierra Madre Oriental (INEGI, 1983).

Geológicamente el área de estudio es de origen Mesozoico y en particular los suelos, provienen de rocas sedimentarias (caliza) del Cretácico Inferior (INEGI, 1983).

La RBC presenta principalmente cinco tipos de vegetación: matorral xerófilo, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo y bosque tropical subcaducifolio, que se desarrollan a diferentes altitudes (Sosa, 1987). Los tres últimos conforman la vegetación dominante de El Porvenir, Rancho "El Cielo" y de Gómez Farías, respectivamente (Figura 5).

La vegetación de Gómez Farías (cabecera municipal) corresponde a una selva mediana subcaducifolia. Se desarrolla entre los 200 y 800 m de altitud. Se distinguen dos estratos arbóreos, uno inferior de 8-15m que ocupa el 80% del dosel del bosque, y otro superior de 18-22 m. Las especies más comunes son: *Bursera simaruba*, *Croton niveus*, *Mirandaceltis monoica*, *Brosimum alicastrum*, *Drypetes laterifolia*, *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Wimmeria concolor*, *Ficus tampicensis* y *Phoebe tampicensis*. La mayoría de estos elementos son de afinidades tropicales y pierden las hojas durante la estación seca, entre diciembre y abril. Existe un estrato arbustivo denso; las lianas y epífitas no son muy abundantes. El clima es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, (A)C(W₁)(W), con menos del cinco por ciento de lluvias invernales; la temperatura media anual varía de 22 a 24°C y la precipitación media anual es de 1852 mm (Figura 6), y presenta una temporada menos lluviosa dentro de la estación de lluvia, conocida como sequía intraestival o canícula, en el verano (INEGI, 1983; Puig y Bracho, 1987; Sosa, 1987; García, 1988).

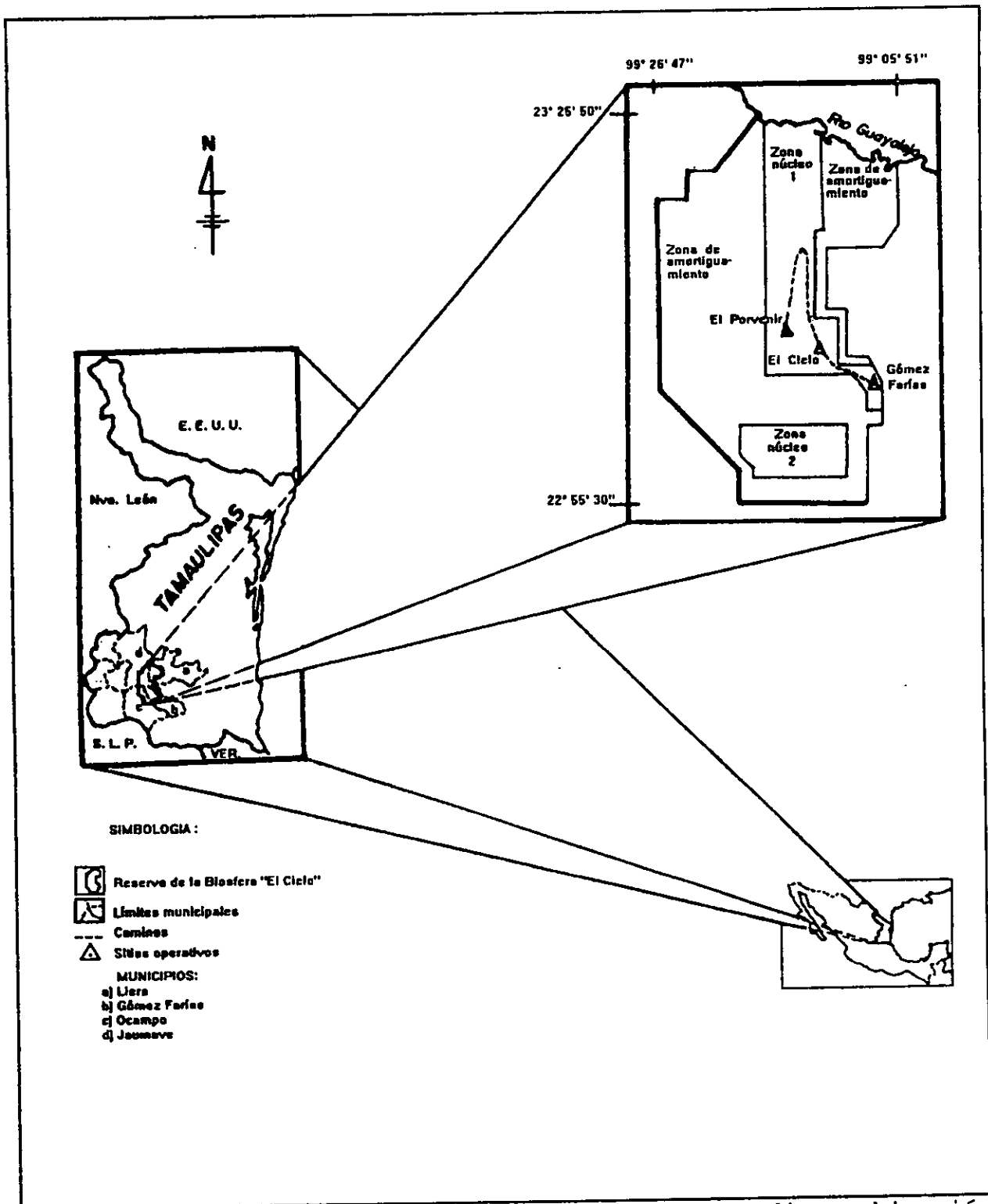


Figura 4. Localización geográfica del área de estudio y ubicación de los sitios operativos en la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas.

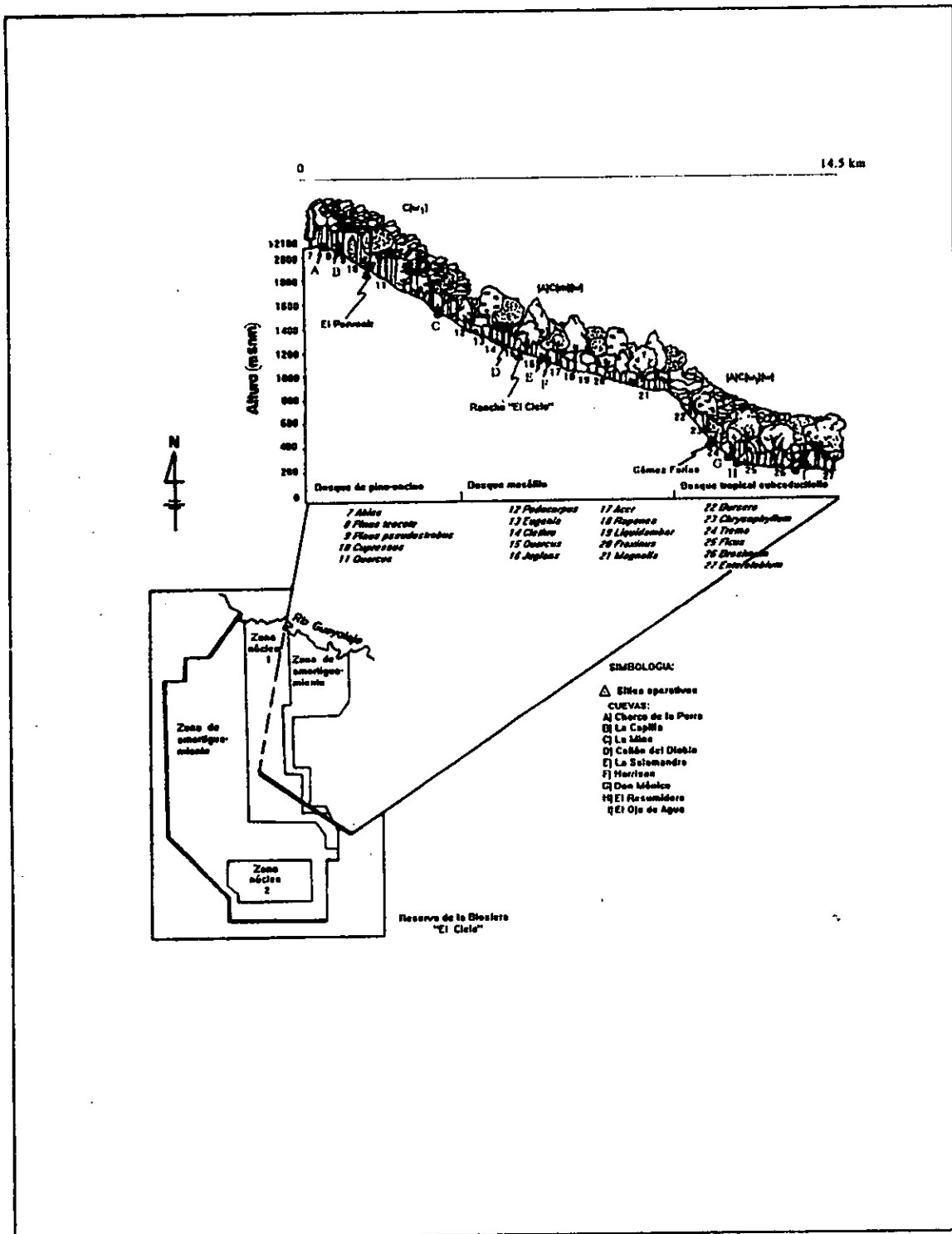


Figura 5. Tipos de vegetación circundantes a los sitios operativos y ubicación de las cuevas estudiadas, en un perfil de vegetación en Gómez Farías, Tamaulipas. El perfil de vegetación fue tomado de Sosa (1987).

El tipo de vegetación que se encuentra alrededor del Rancho "El Cielo" es un bosque mesófilo de montaña (ó Bosque de niebla). Se localiza entre los 800-1400 m de altitud. Es un bosque mixto con cuatro substratos arbóreos, denso, con abundantes lianas, epífitas y plantas no vasculares, que prosperan gracias a la alta humedad relativa que prevalece durante todo el año. Algunas de las especies que lo caracterizan son: *Liquidambar styraciflua*, *Quercus sartorii*, *Quercus germana*, *Clethra pringlei*, *Magnolia schiedeana*, *Podocarpus reichei*, *Cercis canadensis*, *Acer skutchii*, *Cornus* spp., *Styrax labrensis*, *Carya ovata*, *Prunus serotina*, *Taxus globosa*, *Senecio* spp., *Parathesis malanosticta* y *Eugenia* spp., entre otras. En este bosque existe una mezcla fascinante de especies neotropicales y de afinidades boreales. El clima que predomina en este sitio es semicálido-húmedo con abundantes lluvias en verano, (A)C(m)(W), con menos del 5% de lluvias invernales; la temperatura promedio anual es de aproximadamente 14°C y la precipitación es de 2522.4 mm (Figura 6; INEGI, 1983; Puig y Bracho, 1987; Sosa, 1987; García, 1988).

La vegetación de El Porvenir (alrededores de la cueva La Perra) corresponde a un bosque de pino-encino, siendo las especies dominantes *Pinus patula*, *Pinus teocote* y *Pinus pseudostrobus*, y los encinos *Quercus crassifolia* y *Q. affinis*. *Liquidambar styraciflua* es frecuente y los arbustos predominantes son de los géneros *Eupatorium*, *Gaultheria*, *Myrica*, *Staphylea* y *Vaccinium*; las lianas y las epífitas son escasas. Esta comunidad se presenta primordialmente en las cumbres más altas, donde alterna con asociaciones de *Agave* y *Vaccinium* que se desarrollan en afloramientos rocosos. El clima predominante en este sitio puede ubicarse dentro de los templados subhúmedos con lluvias en verano, C(W₁), presentando un porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2%. La temperatura media anual oscila entre los 10 y 12°C y, la precipitación va de 1000 a 1200 mm. Además, presenta un período con menos lluvias dentro de la estación de lluvias, llamada sequía intraestival (INEGI, 1983; Sosa, 1987; García, 1988).

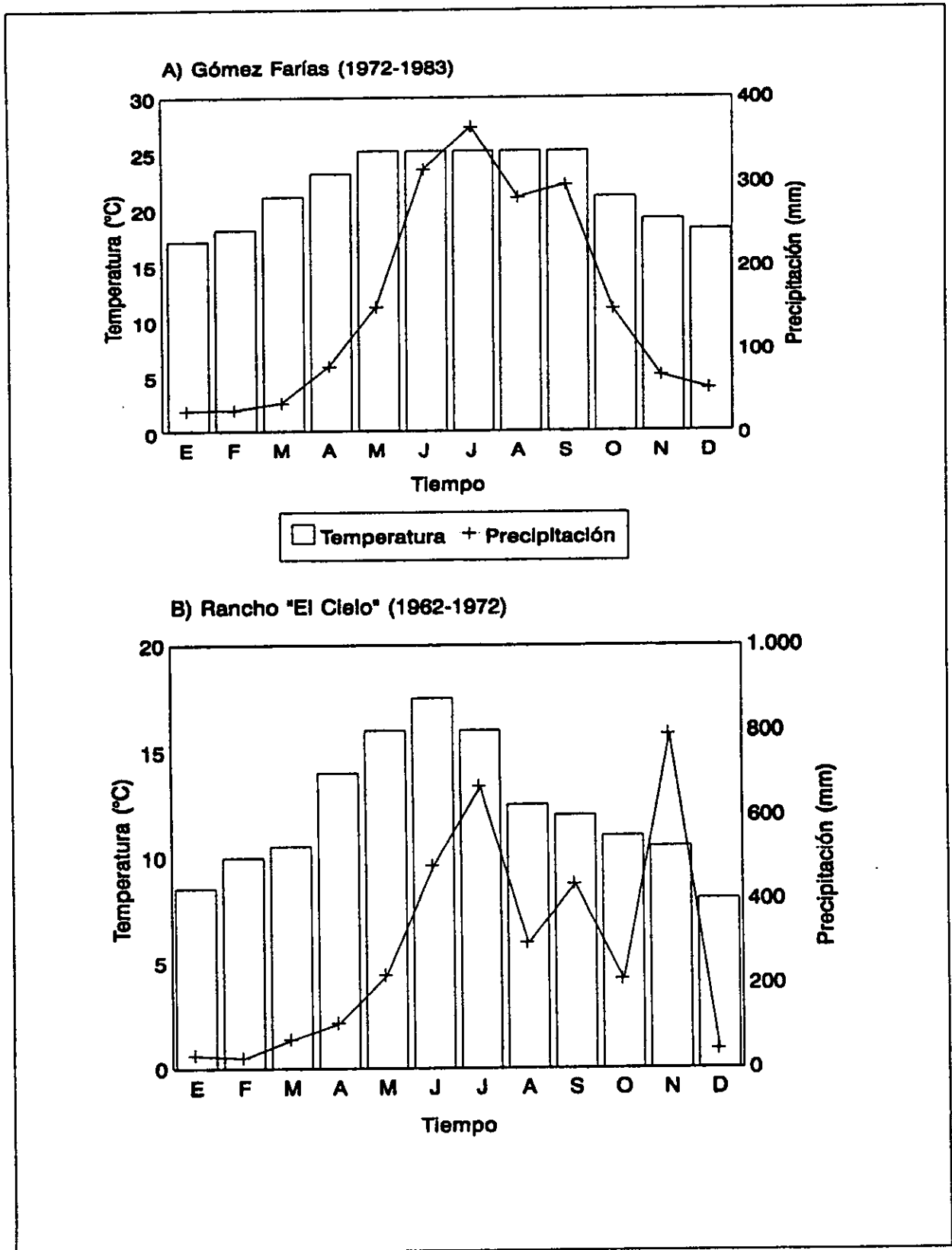


Figura 6. Variación general de dos variables ambientales en dos sitios del área de estudio en Gómez Farías, Tamaulipas (Puig y Bracho, 1987).

DESCRIPCION Y LOCALIZACION DE LAS CUEVAS. Las cuevas seleccionadas se encuentran distribuidas a lo largo de un gradiente altitudinal, de 150 a 2120 m (Figura 5). En los siguientes párrafos se da la localización y una breve descripción de las cuevas.

Cueva Charco de la Perra. Corresponde a la tercera cueva, en orden de importancia por sus dimensiones (115 m de profundidad, 8 m de ancho y altura de 1.69 a 15 m) de las nueve seleccionadas (apéndice Ic) y se localiza a 11.6 km NW de Gómez Farías, a 2115 m. Se le divide en siete secciones, cada uno de las cuales presenta características físicas reconocibles. Entre cada una de ellas, el espacio del piso al techo es bastante angosto, a veces formando constricciones. La entrada de la cueva es amplia (4 m) y alta (6 m), pero al entrar a la segunda sección se reduce, formando un círculo con diámetro de 1.5 m. En las siguientes secciones, se hallan pendientes tanto negativas (-17°) como positivas ($+23^\circ$), estalactitas, estalagmitas, columnas y travertinos; el piso es lodoso y poco pedregoso. La quinta sección es la más amplia, 9 m de diámetro y 10 m de altura, de las siete; en ella encontramos dos depósitos de agua.

Cueva La Capilla. Esta cueva es la más grande de las nueve elegidas, es de 20 m de ancho, de 5 a 10 m de altura y con una profundidad de aproximadamente 300 m (apéndice IC). La entrada de la cueva es más amplia (30 m) que alta (6 m); aparentemente está a nivel de la superficie, y para penetrar a ella hay que bajar una pendiente abrupta (-25°). Está conformada por cuatro grandes secciones, presenta estalactitas, estalagmitas, columnas y pendas; el piso es pedregoso con partes lodosas y con pendientes ascendentes ($+1$ a $+25^\circ$) y descendentes (-1 a -30°) en diferentes partes de la cueva. Se ubica a 11.5 km NW de Gómez Farías, a una elevación de 2098 m.

Cueva La Mina. Se encuentra a 7.65 km NW de Gómez Farías, a una altitud de 1520m. Es similar a la cueva Harrison (ver más adelante), sólo que de mayor profundidad (120m, apéndice IC). Su acceso es complicado porque presenta una entrada de 1.5X1 m que se

conecta a un pasaje (12m) con inclinación descendente (-37°). La cavidad presenta formaciones del tipo de estalactitas, estalagmitas, travertinos y columnas. Estas últimas, en ocasiones, llegan a formar paredes delgadas incompletas y dan un aspecto a la cueva de estar formada por varias secciones, cuando sólo existe una; el piso de la cavidad, en general, es de pendiente negativa (-15 a -37°).

Cueva Cañón del Diablo. Es otra de las cuevas que muestra dos entradas, una mayor de 5x2 m y otra de 0.80 m de diámetro. Por la entrada pequeña se detectó que alternativamente entra aire caliente y sale aire frío. La cueva consta de una sola cavidad ancha entre 8 y 10 m, de 7 m de altura y tiene una profundidad de 40 m (apéndice Ib); posee pocas estalactitas, pendas y columnas; el piso es pedregoso con laderas de -19 a 32°. Se localiza a 6.2 km NW de Gómez Farías, a una elevación de 1238 m.

Cueva La Salamandra. Es la menor de las cuevas estudiadas y está más en contacto con el medio externo ya que presenta dos orificios: la entrada que es de 4m de ancho por 2.5 m de alto y otra que está en el techo (en forma de dolina) de menores dimensiones (1.5 m de diámetro). Se divide en tres secciones, dos son de menor tamaño, 3.5X2X3 m y 8X2X2 m, y se localizan a los lados de la de mayor dimensión, 13X7X4 m (apéndice IB). La cueva esta bajo el nivel general del suelo; esto contribuye a que se deposite tierra y hojarasca en ella. El tipo de formaciones que presenta la cueva son estalactitas y columnas. Se localiza a 6.55 km NW de Gómez Farías, a una altitud de 1148 m.

Cueva Harrison. Se halla a 6.3 km NW de Gómez Farías, a una elevación de 1141 m. La entrada de la cueva es un orificio de 1.5X1 m que se conecta con un pasaje con pendientes descendentes (-20 a 41°). La longitud del pasaje es de 20 m y conforme se recorre, su diámetro incrementa de 2 a 4 m. También presenta otra sección más amplia (7 m de diámetro), alturas de 2.5 a 5 m y no es profunda, 36.5 m (apéndice IB). Presenta formaciones como estalactitas, estalagmitas y pendas; el piso es lodoso y con pocas piedras.

Cueva Don Mónico. Se localiza a 0.75 km NE de Gómez Farías, a una altitud de 330 m. Consta de un túnel (9X5X5 m) y de una sola cavidad amplia con un radio promedio de 8 m y de 8 m de alto, que sólo presenta algunas columnas. El suelo es pedregoso y con pendientes de -11 a -44° y en total mide 60 m de profundidad (apéndice IA).

Cueva El Resumidero. Se localiza a 0.85 km NW de Gómez Farías, a una elevación de 233 m. Esta cavidad está formada por grietas ramificadas (apéndice IA). Las ramificaciones son cortas (10 m), angostas (entre 1.5 y 2 m, y en partes se camina en flanco) y de 5 a 8 m de altura. Algunas partes de la cueva presentan orificios, con rocas sobrepuestas por donde entran corrientes de aire.

Cueva El Ojo de Agua. Esta cueva se ubica a 3.1 km SE de Gómez Farías, a una altitud de 175 m. Esta cavidad es la segunda más grande de las nueve cuevas seleccionadas. Es profunda (aproximadamente 250 m), ancha (10 m) y alta (6-10 m), presenta hoyos de disolución, pocas columnas y se puede dividir en cuatro secciones (apéndice IA). La entrada principal de la cueva mide 2 m de ancho por 1.5 m de alto y forma parte de la primera sección. Esta sección se divide en dos cámaras, una de las cuales es de menores dimensiones que la otra. Además, se comunica con la segunda sección por un corredor estrecho (constricción) por el cual sólo se puede pasar arrastrándose. La tercera sección es de menor tamaño (20 m), a comparación de la cuarta (150 m). En ella se encuentra una cavidad más pequeña y un hoyo de disolución que se le denominó "La Campana". La cuarta sección es larga (150 m), ancha (10 m), alta (9 m) y presenta una formación denominada "La Alberquita". El piso es lodoso, con pocas piedras y poco guano.

VII. MATERIALES Y METODOS.

Este trabajo se realizó de octubre de 1991 a septiembre de 1992, con una estancia de 13 días por mes en la Reserva de la Biosfera "El Cielo", municipio de Gómez Farías, Tamaulipas.

En el gradiente altitudinal del área de estudio, que va de los 150 hasta 2120 m, se localizaron un total de 17 cuevas, de las cuales se eligieron nueve, basándose en tres criterios: primero, que contuvieran el más amplio intervalo posible de condiciones ambientales, tales como temperatura, humedad y velocidad del viento; segundo, que fueran accesibles; y tercero, que en ellas estuviesen representados los diferentes niveles altitudinales (Figura 5). Para efectos prácticos y para optimizar el tiempo de trabajo, se seleccionaron tres sitios operativos (El Porvenir, Rancho "El Cielo" y Gómez Farías, éste último es la cabecera municipal) en el municipio de Gómez Farías, Tamaulipas; alrededor de cada uno se localizan tres cuevas.

Se elaboraron los diagramas correspondientes de cada cueva con el fin de: a) describirlas, b) estar en condiciones de ubicar las estaciones microambientales por cuevas (denominadas Me; más adelante se detallará al respecto), y c) para ubicar los sitios donde se encontraron murciélagos.

En cada cueva se establecieron cinco microestaciones de muestreo equidistantes entre sí, en las cuales se registró cada dos horas la temperatura ambiental (con termómetros Taylor de -10 a 110 °C), la humedad relativa (con un psicrómetro aspirador en grados Celsius, marca Taylor) y las corrientes de aire (con un turbómetro con indicador digital de la velocidad del viento, marca Davis); todo ello con el propósito de determinar si existían variaciones microambientales durante el día. Asimismo, se situó una estación fuera de cada una de las cuevas, para comparar las condiciones ambientales que prevalecieron en el exterior inmediato de las cuevas, durante las mediciones hechas en el interior.

El intervalo de trabajo diario estuvo comprendido desde las 8:00 hasta las 16:00 h. Se decidió proceder de esta manera con la finalidad de no perturbar la entrada, ni la salida de los murciélagos.

La caracterización de cada uno de los medios cavernícolas está basada en el esquema teórico expuesto en el marco de referencia (Figura 3). Para efectuarla, se consideraron los promedios muestrales de cada cueva, con los cuales se definió el centro virtual de los cuadrantes del esquema empírico y se les caracterizó ya fuera como frías - húmedas, calientes - húmedas, frías- secas o calientes - secas. Este análisis se realizó de tres formas: esquema microambiental empírico general, por estrato altitudinal y por cuevas individuales en función del tiempo. Con el propósito que se tuvieran las referencias de base para caracterizar los microambientes cavernícolas, se construyó el esquema empírico para las tres tareas previamente mencionadas, calculando el promedio general de la temperatura ambiental, μ_T , colocándose en el eje de las abscisas, y el de la humedad relativa, μ_H en el eje de las ordenadas. De esta manera se delimitaron los cuadrantes de un esquema empírico en el cual se ubican los promedios de temperatura y humedad de cada cueva.

En la caracterización microambiental de las cavidades aquí estudiados, en función del tiempo, se podrían esperar diversas situaciones. Es decir, PATRONES DE VARIACION MICROAMBIENTAL, a saber: *MICROAMBIENTE RELATIVAMENTE ESTABLE*: se refiere a que la cueva en cuestión presente condiciones de temperatura y humedad tendientes a no cambiar sensiblemente a lo largo del año; *MICROAMBIENTE NO ESTABLE*: implica que en la cueva se registren diferentes condiciones de temperatura y

humedad, definidas, a lo largo del año. Dentro de esta categoría se tienen dos divisiones: *Graduales* y *Contrastantes*. La primera división se refiere que los medios cavernícolas cambien en diferentes intervalos de tiempo, enlazándose dos categorías ambientales con su contraparte (p. ej., frío húmedo con frío seco, caliente húmedo con caliente seco, frío húmedo con caliente húmedo, o frío seco con caliente seco). En tanto que la segunda división considera que los medios cavernícolas cambien drásticamente a través del tiempo, es decir, que la caracterización ambiental entre un mes y el siguiente es contraria (p. ej., frío húmedo - caliente seco - frío húmedo, etc.).

La determinación de las especies de quirópteros en los refugios se hizo durante el día, *in situ*, y en vivo, mediante claves (Medellín *et al.*, 1997), con ayuda de binoculares y luz artificial. Para que esta tarea resultara más fácil se revisaron, previamente al estudio, especímenes de murciélagos de las especies que posiblemente se presentarían en el área de trabajo, y que se hallan depositados en la Colección de Mamíferos del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM). Previo a la toma de datos, también se examinaron especímenes vivos de otros lugares del área de estudio.

La colecta de quirópteros sólo se realizó cuando la identidad de algún espécimen no era clara, por lo que sería necesario corroborarla en el laboratorio, y en el resto de los casos, se colectó un ejemplar de cada especie registrada en la zona de estudio, para efectos de referencia taxonómica geográfica. Las técnicas de captura de estos organismos fueron: a) colocando redes de nylon (2.13 x 12.81 m) dentro de cuevas y b) con una red de mano unida a un poste de 4m para alcanzar el techo de las cuevas donde colgaban los murciélagos. Los especímenes testigos recolectados fueron depositados en La Colección de Mamíferos del IBUNAM.

Para el examen de la abundancia de los murciélagos en los diferentes refugios, durante la toma formal de datos, se empleó una escala logarítmica de base dos con el propósito de determinar el número de especies de quirópteros con baja y alta abundancia en el área de estudio. Es importante señalar que grupos pequeños de murciélagos (≤ 30) todos fueron contados, en tanto que en grupos mayor se hizo una estimación directa. Por lo anterior, se tienen las siguientes categorías:

No. de murciélagos	Clases
0 - 1	1
2 - 3	2
4 - 7	3
8 - 15	4
16 - 31	5
32 - 63	6
64 - 127	7
128 - 255	8
256 - 511	9
512 - 1023	10
1024 - 2047	11

En este análisis cabría indicar que por la irregularidad de la presencia, y por su baja abundancia, de algunas especies en las cuevas, es incongruente obtener un promedio de la abundancia. Considerándose en estos casos, tres aspectos para obtener el promedio: 1) la suma mensual de los individuos es dividida entre el número de meses en que se presentó; 2) cuando se presentó en una sola ocasión con uno o más individuos, este número es la abundancia de la especie; y 3) para obtener el promedio de la abundancia por cueva, se suman la abundancia promedio de cada especie entre el número de especies presentes en la

cueva. En la primera consideración se basó en la fórmula $A = \log_{10} \sum_{i=1}^s 10^{a_i}$ (Arita, 1996),

donde a_i es la abundancia de la i -especie. La fórmula fue modificada ya que la escala logarítmica empleada en este estudio fue diferente, de base dos.

Con base en la abundancia de las especies de quirópteros, se determinaron, en orden de su rango, las especies de murciélagos menos abundantes (raras) y las más abundantes (comunes), utilizando la escala logarítmica antes descrita.

Los refugios y las especies de murciélagos fueron clasificadas de acuerdo a Arita (1993a), que se basa en a la riqueza de especies, abundancia e incidencia de los murciélagos. La abundancia corresponde al número de individuos de todas las especies presentes en un tiempo dado en una cueva; definiendo a las cuevas con baja abundancia de murciélagos como refugios con poblaciones multiespecíficas con < 1000 individuos, y cuevas con alta y muy alta abundancia como refugios con poblaciones multiespecíficas con > 1000 y > 10000 individuos, respectivamente. Las categorías de incidencia se pueden resumir como: **integracionistas**: especies que ocupan las cuevas con alta riqueza de especies, **segregacionistas**: aquellas especies que tienden a ocupar las cuevas con pocas especies, e **indiferentes**: aquellas especies que tienden a ocupar indistintamente los refugios con alta o baja riqueza de especies.

Para efectos de análisis, se definieron categóricamente posibles patrones de presencia de los quirópteros que se refugiaron en las cuevas:

- a) CONTINUO: cuando una (o varias) especie(s) está(n) presente(s) durante todo el año en una cueva. El refugio es considerado permanente para dicha(s) especie(s).
- b) DISCONTINUO: en este caso se establecieron dos subcategorías, *estacional* y *ocasional*. *Estacional*: el refugio es ocupado por una especie o varias en un lapso menor al marcado en el patrón continuo, esto es, la ocupación del recinto puede ser en distintos lapsos definidos. *Ocasional*: el refugio es ocupado por una especie (o varias) por una vez o se presentó(aron) de manera irregular durante el año de estudio.

La similitud de la composición por especies de murciélagos entre las cuevas estudiadas, fue analizada con el índice porcentual de Simpson, que se basa en información binaria (presencia - ausencia, $RN2 = 100 (s) / N2$, donde $s =$ No. de taxa compartidos entre dos cuevas y $N2 =$ No. de taxa de la cueva con menor número de especies; Sánchez y López, 1988). Para la aplicación de este índice, se utilizaron las listas finales de especies por cuevas. Los resultados de esos cálculos fueron analizados por medio de técnicas de agrupamiento de "grupo par" no ponderado (Crisci y López, 1983). Por otra parte, como una técnica alternativa de comparación de estos resultados, se sujetaron también a un análisis de agrupamiento propuesto por Ludwig y Reynolds (1988). Con los dos procedimientos anteriormente citados, se establecieron grupos de cuevas en función de la fauna de murciélagos registrada en cada una.

Con el cociente de la varianza (VR) que se deriva de un modelo de asociación nula, y se basa en la ausencia - presencia de las especies (Ludwig y Reynolds, 1988), se probó si existe o no asociación interespecífica de murciélagos, esto es, 1) si $VR > 1$, los datos sugieren que las especies están asociadas positivamente. Esto puede interpretarse, en este caso, como: las especies no compiten por un recurso o las especies fluctúan todas juntas en respuesta a recursos limitados; 2) o si $VR < 1$, indica que las especies están asociadas negativamente, lo que puede significar: las especies tienen diferentes requerimientos, las especies compiten por un mismo recurso limitado (o varios) y tiende haber exclusión entre ellas.

La prueba de bondad de ajuste de χ^2 , se usó para verificar si los datos de temperatura y humedad se distribuyen normalmente y, con esos elementos, decidir el tipo

de prueba a emplear, paramétrica o no paramétrica, en sus respectivos análisis (Snedecor y Cochran, 1988); encontrándose que los datos no se distribuyen normalmente y, por ello, se decidió emplear las pruebas **no paramétricas**. En este sentido, se usó el análisis de varianza de una vía por rangos de Kruskal-Wallis (Siegel, 1990) para determinar si hay diferencias significativas, considerando la temperatura y la humedad, entre los grupos de cuevas pertinentes a cada estrato altitudinal definido.

Para determinar si las cuevas fueron perturbadas antropogénicamente durante el período de estudio, se determinó la frecuencia de visitas a éstas, a seis meses de haber iniciado la investigación (marzo) y hasta finalizar el trabajo (septiembre). Se decidió poner cada mes trampas de tierra (una superficie con tierra suelta de diferentes dimensiones, proporcional al tamaño de la entrada de cada cueva y limpia de objetos) y dejar a propósito los tripies de donde se colgaban los termómetros en cada microestación. En algunas ocasiones, y durante las visitas mensuales, si encontrábamos huellas humanas y los tripies estaban movidos del lugar original dejado en cada visita, asumíamos que se había entrado a las cuevas en el *interim*. Con base en el total de registros de visitas a las cuevas, se plantearon tres categorías: las no visitadas (cero registros), las poco visitadas (con un registro) y las visitadas (2 a 3 registros).

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

1. GRUPOS DE CUEVAS Y MICROAMBIENTES POR CUEVA.

Con la finalidad de simplificar la interpretación de los resultados, la conjunción de los datos sobre climas, ubicación altitudinal y los distintos tipos de vegetación, a lo largo del gradiente altitudinal del área de estudio, proporcionó información para dividir el gradiente altitudinal -como se explica más abajo- en tres estratos: ESTRATO ALTITUDINAL INFERIOR (EAI), ESTRATO ALTITUDINAL MEDIO (EAM) y ESTRATO ALTITUDINAL SUPERIOR (EAS). En cada estrato altitudinal (EA) se localizan tres cuevas, conformándose así tres grupos más o menos naturales de cuevas.

El primer grupo altitudinal lo forman las cuevas de El Resumidero, El Ojo de Agua y Don Mónico, que se ubican a menos de 800 m de altitud, con clima del tipo semicálido-subhúmedo y en selva mediana subcaducifolia (EAI). El segundo grupo lo constituyen las cuevas Cañón del Diablo, La Salamandra y Harrison, que se encuentran entre los 800-1400 m con clima semicálido-húmedo y en un bosque mesófilo de montaña (EAM). El último grupo está integrado por las cuevas La Capilla, Charco de la Perra y La Mina, que se localizan a más de 1400 m de altitud con clima templado-subhúmedo y en un bosque de pino-encino (EAS; Figura 5).

Las cuevas son ambientes dinámicos, donde la temperatura, la humedad y el viento presentan variación espacial y temporalmente. Las condiciones microambientales en el interior de las cuevas son relativamente menos variables que las condiciones ambientales externas (Wigley y Brown, 1976). Sin embargo, la temperatura de éstas puede variar ampliamente por

la influencia de la fluctuación de la temperatura superficial y de algunas características internas, como corrientes de aire y de agua (Cropley, 1965).

Al comparar los datos de las temperaturas y humedades, tanto internas (Ti, Hi), como externas (Te, He), durante los doce meses de muestreo de cada cueva, se encontraron los siguientes resultados (Cuadro 3):

Charco de la Perra. La temperatura interna (Ti) de esta cueva presentó una variación moderada (10.4 - 14.02 °C) a comparación de la humedad interna (Hi; 76.64 - 93.8%). En cambio las condiciones externas (Te y He) sufrieron cambios drásticos (apéndice If).

La Capilla. Las Ti y Hi en la cueva son más estables que las Te y He. La Ti oscila entre 11.92 y 13.2°C, y la Hi de 83.6 a 96.16%. Cuando la Hi en abril mostró un valor bajo, al 90%, esto concidió con un incremento de la Ti a 13.2°C (apéndice If).

La Mina y Harrison. Las condiciones microambientales en la primera cavidad son estables a diferencia de las condiciones externas. Los intervalos correspondientes de Ti y Hi fueron de 14.8 a 15.3°C y de 91.98 a 95%, respectivamente (apéndice If). Esta tendencia de las variables abiótica internas son similares para la segunda cueva (apéndice Ie), siendo sus respectivos intervalos de 15.9 a 17.2 °C y 90.72 a 94.44%.

Cañón del Diablo y La Salamandra. Las condiciones de la Hi en estas cuevas fueron más uniforme que la Ti, Te y He. Las fluctuaciones de la Hi de cada cueva fue de 86.76 a 94.08% y de 89.44 a 94.86%), respectivamente. Al igual que la cueva La Capilla, en abril registraron

un valor bajo al 90%, mientras que la T_i varió de 11.02 a 17.32 °C y de 12.06 a 17.44 °C, respectivamente (apéndice Ie).

Don Mónico. En los meses de octubre a febrero las condiciones microambientales de la cueva variaron; de marzo a septiembre la T_i y H_i fueron relativamente uniformes. Los valores máximos y mínimos de T_i y H_i van de 15.14 a 20.58°C y 77.74 a 93.88%, respectivamente (apéndice Id).

El Resumidero. De octubre a febrero las condiciones microambientales cambiaron drásticamente de mes a mes; de febrero a julio la T_i se incrementó y de agosto a septiembre fue relativamente estable, mientras que la H_i fue aparentemente constante. La temperatura en esta cueva varió de 15 a 22.2°C y la humedad de 75.86 a 95%. Estas variables no se registraron en mayo a causa de la inundación de la cueva (apéndice Id).

El Ojo de Agua. En esta cueva se registraron en enero, la T_i y la H_i menores a 20°C y 90%, respectivamente, y en los meses restantes estas variables se mantuvieron estables, a diferencia de las condiciones externas que fluctuaron. Su intervalo de temperatura osciló entre 18.76 a 22.56°C y el de humedad fue de 89.36 a 95.6% (apéndice Id).

En este capítulo se consideran las posibles variaciones microambientales de nueve cuevas estudiadas, con el propósito de seccionarlas.

Cuadro 3. Lecturas de tres variables abióticas registradas en nueve cuevas estudiadas de octubre de 1991 a septiembre de 1992 en Gómez Farías, Tamaulipas.

VARIABLES CUEVAS	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD (%)		VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
	x	Intervalos	x	Intervalos	
Charco de la Perra	12.95	10.40 - 14.02	88.55	76.64 - 93.80	0.00
La Capilla	12.52	11.92 - 13.20	92.94	83.60 - 96.16	0.00
La Mina	15.08	14.80 - 15.30	93.92	91.98 - 95.00	0.00
Cañón del Diablo	14.98	11.02 - 17.32	92.33	86.76 - 94.08	0.07
La Salamandra	15.16	12.06 - 17.44	93.49	89.44 - 94.86	0.00
Harrison	16.57	15.90 - 17.20	92.88	90.72 - 94.44	0.00
Don Mónico	18.93	15.154 - 20.58	89.74	77.74 - 93.88	0.00
El Resumidero	18.93	15.00 - 22.20	91.06	75.86 - 95.00	0.03
El Ojo de Agua	21.61	18.76 - 22.56	93.81	89.36 - 95.60	0.01

En el interior de una cueva suelen existir diferencias microambientales, por ejemplo, en la entrada se presenta una mayor inestabilidad de los factores (es la llamada ZONA INESTABLE; Twente, 1955; Jefferson, 1976; Tuttle y Stevenson, 1981; Hoffmann *et al.*, 1986), mientras que la parte más profunda tiende a presentar variaciones menores (la ZONA ESTABLE). Esta condición se registró en las cuevas Charco de la Perra, La Capilla, El Ojo de Agua y Don Mónico (apéndice Ig). Más adelante, en este mismo punto temático, se detallarán las diferencias en las variables abióticas entre las Me.

Tuttle y Stevenson (1981), mencionan que la presencia de varias entradas en una cueva, influye en las condiciones del medio cavernícola. Por ejemplo, las cuevas Cañón del Diablo (con dos entradas), La Salamandra (con una entrada y un orificio en forma de dolina) y El Resumidero (con una entrada y varias grietas, registrándose en algunas ocasiones corrientes de aire de baja velocidad), por lo menos en sus entradas, proporcionan ambientes con variabilidad de temperatura y humedad, lo cual es congruente con la existencia de corrientes

de aire registradas en ellas. Es importante mencionar que las cuevas previamente citadas variaron ampliamente de mes a mes en sus condiciones (apéndice Ih).

Antes de proceder a detectar las posibles secciones que conforman una ambiente cavernícola, es importante señalar que de acuerdo a Hurlbert (1984), cabría mencionar que el diseño experimental empleado en este estudio corresponde a "tratamientos" con segregación aislada (por aquello de la toma de datos en diferentes sitios, Me, dentro de una unidad experimental, cueva, donde los datos no son independientes) y en ocasiones puede ser un diseño experimental sin replica (considerando a las cuevas como una unidad experimental) o con una simple "replica" (pseudoreplicación simple). Resultando inadecuado el uso de la inferencia estadística para probar el efecto de tratamiento sin replicas.

Por lo tanto, para nuestro interés, el determinar si en cada cueva existen secciones microambientales reconocibles, basado en la temperatura y humedad, y establecer cuál o cuáles Me constituyen una de éstas, será mediante gráficas (apéndice I g, h, i). Este examen produce tres grupos: cuevas de una sola sección consideradas como ambientes homogéneos (La Mina, Harrison y La Salamandra); cuevas con ambientes heterogéneos con dos secciones (Charco de la Perra, La Capilla, El Ojo de Agua y Don Mónico); y cuevas con ambientes heterogéneos con tres secciones (Cañón del Diablo y El Resumidero; Cuadro 4).

Es prudente señalar un aspecto para cada una de las cuevas La Salamandra y El Resumidero. La primera es de tamaño pequeño a comparación de las demás y está en contacto directo con su medio exterior, por lo que al haber un cambio en las condiciones externas influirán directamente en las condiciones internas, pero se mantendrán relativamente constante

y por ello se considera como un microambiente relativamente homogéneo. En la segunda cavidad, no hay una contundencia a definir el número de secciones (tres) porque la humedad es más homogénea, en tanto que la temperatura varia. En este caso, consideramos a la temperatura como elemento para dividir la cueva en tres partes.

Con referencia a la variación ambiental en cada Me de las cuevas en estudio, se puede generalizar que las Me1 variaron más que las restantes Me, los cambios en estas últimas son menores (Figura 7). Esta variación, es independiente de la distancia que existe de la entrada a la Me1, y aparentemente es debido a que están en contacto directo con el medio externo.

Una vez definidas las partes que conforman las cuevas estudiadas, y basándose en las condiciones microambientales, no se detectó un patrón claro sobre si existe mayor disposición de cuevas con ambientes heterogéneos y con mayor número de áreas en un estrato altitudinal (EA). Es decir, para el caso nuestro, en dos EA se localizan cuevas con microambientes poco variables (una sección) y en otros dos EA se hallan cuevas con ambientes variables (de dos a tres secciones; Cuadro 4).

Las corrientes de aire se registraron, por lo general, en las entradas de aquellas cuevas con dos entradas, p. ej., Cañón del Diablo, con velocidad de 0.20 a 1.0 m/s, y El Resumidero, con velocidad de 0.20 a 0.90m/s, y rara vez en la entrada de la cueva El Ojo de Agua, con velocidad de 0.30 a 0.40m/s. Es decir, en varios casos se registraron corrientes de aire en las Me1 y en las restantes microestaciones no. Los valores de la velocidad del viento en todas las cuevas, en un 98 por ciento fueron nulos; por esta razón no se consideró su análisis detallado.

Cuadro 4. Microambientes cavernícolas (homogéneos y heterogéneos) seleccionados por murciélagos y su ubicación en un gradiente altitudinal en Gómez Farías, Tamaulipas.

Cuevas	Temperatura					Humedad					Interpretación (Secciones)	No. de Especies	Estrato Altitudinal
	Me1	Me2	Me3	Me4	Me5	Me1	Me2	Me3	Me4	Me5			
Charco de la Perra	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	Superior
La Capilla	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4	Superior
La Mina	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	Superior
Cañón del Diablo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	2	Medio
La Salamandra	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	Medio
Harrison	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	0	Medio
El Resumidero	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	5	Inferior
El Ojo de Agua	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	9	Inferior
Don Mónico	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3	Inferior

RESUMEN. Se determinaron tres grupos naturales de cuevas asociados principalmente a la altitud. Las temperaturas y humedades internas de las cuevas variaron entre 10.4-22.56°C y 76.64-95.6%, respectivamente. Las cuevas con valores extremos fueron Charco de la Perra y el Ojo de Agua. De acuerdo al análisis gráfico sobre la variación microambiental, las cuevas fueron divididas en tres tipos: a) homogéneas (La Mina, La Salamandra y Harrison), b) heterogéneas con dos zonas (Charco de la Perra, La Capilla, Don Mónico y El Ojo de Agua) y c) heterogéneas con tres zonas (Cañón del Diablo y El Resumidero), encontrándose que la temperatura fue la variable que ayudo a seccionar las cuevas. Por otro lado, la velocidad del viento no es un factor determinante en la caracterización de las cuevas debido a que el 98% de los registros fueron nulos, de cero. No se detectó un patrón claro en si existe mayor disposición de cuevas con ambientes heterogéneos y con mayor áreas en un estrato altitudinal.

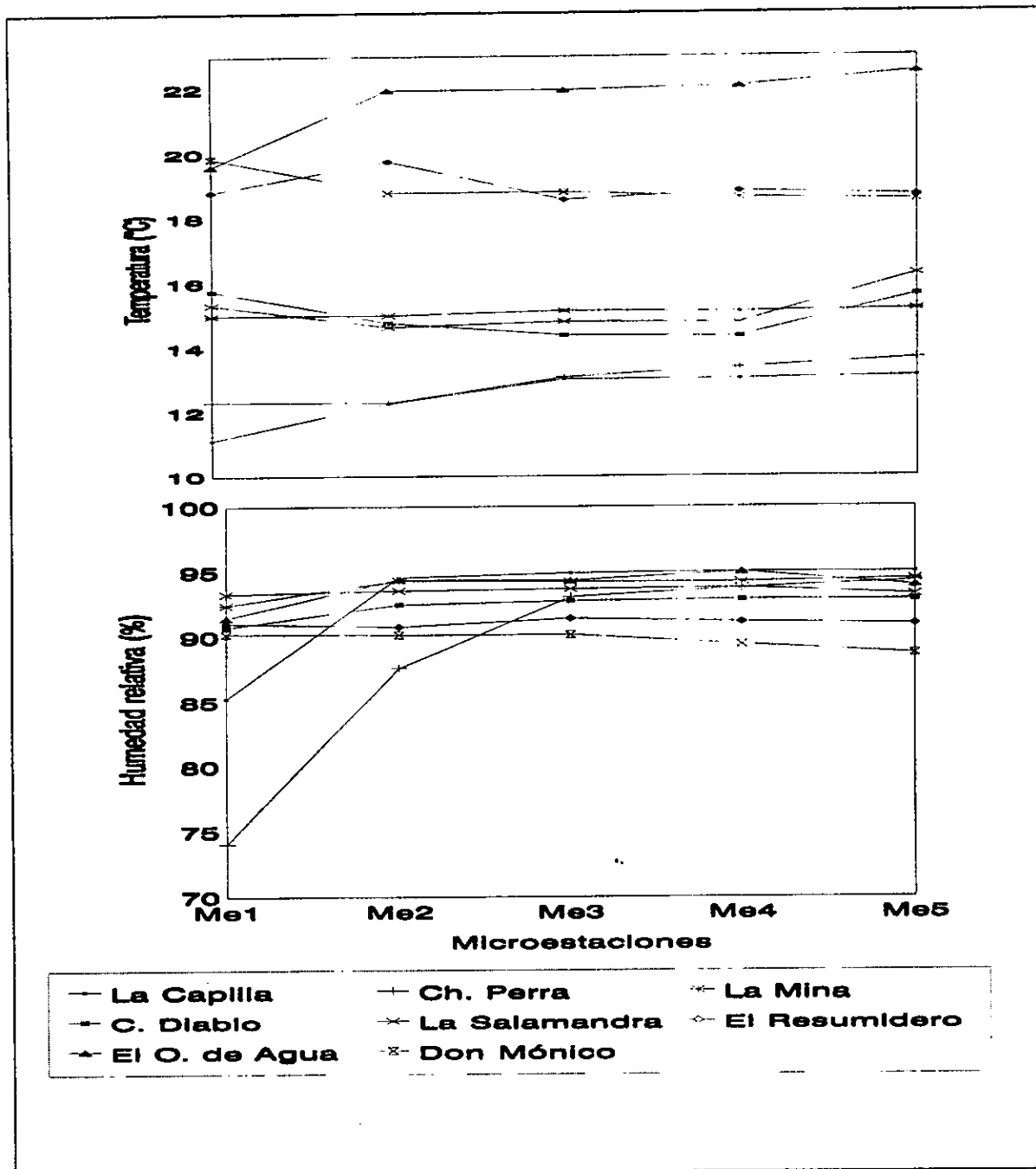


Figura 7. Variación microambiental en diferentes sitios de muestreo de ocho cuevas estudiadas de octubre de 1991 a septiembre de 1992 en Gómez Farías, Tam. Los valores por cada Me corresponden a promedios.

2. CARACTERIZACION DE LOS MEDIOS CAVERNICOLAS CON BASE EN LA TEMPERATURA AMBIENTAL Y LA HUMEDAD RELATIVA.

El definir la situación ambiental de los refugios o hábitats son de gran importancia para establecer relaciones de tipo fisiológico, evolutivo, ecológico y etológico, entre otros, que guardan los organismos en respuesta a su ambiente. La homogeneidad o heterogeneidad ambiental de los refugios los caracteriza particularmente para ser seleccionados temporal y/o permanente por una o varias especies, en nuestro caso por los quirópteros. Si bien es cierto que en una escala geográfica menor (sitios o hábitat) existen diferencias climáticas, estos son aún mayor a una escala mayor (regiones).

Bakken y Kunz (1988) citan que las grietas y cavidades ocupadas por murciélagos activos son más cálidos que los sitios no ocupados. En este sentido, en primera instancia se pretende caracterizar los ambientes cavernícolas aquí estudiados de tres maneras: a) generación de un esquema microambiental empírico general, b) por estratos altitudinales, y c) por cuevas individuales en función del tiempo. Estos análisis están basados en el esquema teórico (Figura 3), en donde las categorías ambientales (frías húmedas, calientes húmedas, frías secas y calientes secas) fueron proyectadas en los ejes y se definieron empíricamente los valores medios para cada cueva en estudio. Posteriormente estos resultados se emplearán más adelante en otros puntos temáticos.

2.1. ESQUEMA MICROAMBIENTAL EMPIRICO GENERAL DE LAS CUEVAS.

Con la representación gráfica de las μ de cada variable (16.28°C y 92.1%; Cuadros 5 y 6), la temperatura sobre el eje de las abscisas y la humedad en el eje de las ordenadas, se

obtiene el esquema microambiental empírico general con los cuadrantes delimitados (Figura 8) y en el se ubican los promedios de temperatura y humedad de cada cueva (Cuadro 3). Con base en esto, se obtiene de manera general:

- i) Cuevas con medios fríos húmedos: La Capilla, La Mina, Cañón del Diablo y La Salamandra;
- ii) Cuevas con medios calientes húmedos: Harrison y El Ojo de Agua;
- iii) Cuevas con ambientes fríos secos: Charco de la Perra;
- iv) Cuevas con ambientes calientes secos: El Resumidero y Don Mónico.

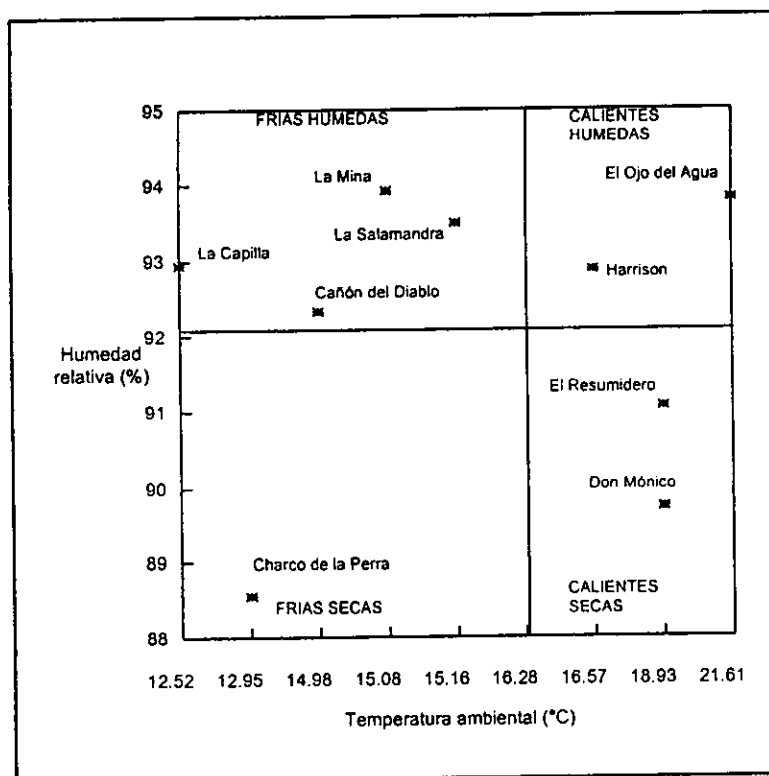


Figura 8. Clasificación de las cuevas de acuerdo al esquema microambiental empírico general. Los datos de temperatura y humedad corresponden a 12 meses de muestreo, octubre de 1991 a septiembre de 1992.

La aplicación del teorema del límite central (Daniel, 1989) a los datos de temperatura ambiental y humedad relativa, proporcionó los intervalos de confianza de estas variables, $16.28 \pm 3.375^{\circ}\text{C}$ y $92.10 \pm 6.580\%$, respectivamente; los cuales se mueven a una desviación estándar (68%) en torno a su media. Con estos datos sólo se pueden caracterizar con claridad tres cuevas (Charco de la Perra, La Mina y El Ojo de Agua); las restantes fueron clasificadas según el cuadrante que ocupan en el esquema empírico, con respecto al promedio de temperatura y la humedad, si bien estas cuevas forman parte del intervalo de confianza de μ_T y μ_H . Por otro lado, empleando las medidas de tendencia central para ambas variables, la media (16.28°C , 92.08%), la mediana (16°C , 94%) y la moda (15°C , 95%), como centro virtual del esquema empírico, la media, usada como la referencia de la distribución de las cuevas por cuadrantes, es la única que permite tener claridad de la ubicación de las cuevas sobre este esquema (Figura 8). Por otra parte, al usar la varianza de ambas variables abióticas vertidas en una gráfica X-Y se repite la misma situación, no claridad de interpretación, al intentar usar la moda y la mediana.

Por la razón expuesta anteriormente, y para simplificar la interpretación de los datos, se optó por considerar sólo los promedios poblacionales (μ_T , μ_H) para ubicar el centro virtual de los cuadrantes del esquema empírico y poder caracterizar las nueve cuevas.

Cuadro 5. Resultado de la prueba de χ^2 para determinar la distribución de la temperatura. Los datos fueron obtenidos de nueve cuevas muestreadas de octubre de 1991 a septiembre de 1992 en GómezFarías, Tamaulipas.

INTERVALOS	Fr. OBSERVADA	Fr. ESPERADA	χ^2
< 5.9	5	3	1.333
6.0 - 7.9	4	15	8.066
8.0 - 9.9	23	61	23.672
10.0 - 11.9	85	184	53.266
12.0 - 13.9	584	382	106.816
14.0 - 15.9	584	574	1.333
16.0 - 17.9	592	607	0.370
18.0 - 19.9	283	461	68.728
20.0 - 21.9	220	251	3.828
22.0 - 23.9	277	96	341.260
24.0 - 25.9	3	26	20.346
N	2260		$\Sigma\chi^2=627.869$
μ	16.28		gl = 9
σ	3.37		$\chi^2(0.05,9)=16.9$

* $\chi^2_c=627.869 > \chi^2_t=16.9$, no hay una distribución normal.

Cuadro 6. Resultado de la prueba de χ^2 para determinar la distribución de la humedad relativa. Los datos fueron obtenidos de nueve cuevas muestreadas de octubre de 1991 a septiembre de 1992 en GómezFarías, Tamaulipas.

INTERVALOS	Fr. OBSERVADAS	Fr. ESPERADAS	χ^2
< 80	125	88	15.536
80.1 - 90	385	912	304.527
90.1 - 100	2147	1351	468.997
100 >	0	306	306.000
N	2657		$\Sigma\chi^2=1095.08$
μ	92.10		gl = 2
σ	6.58		$\chi^2(0.05,2)=5.99$

* $\chi^2_c=1095.08 > \chi^2_t=5.99$, no se distribuyen normalmente.

2.2. CARACTERIZACION DE LAS CUEVAS POR ESTRATOS ALTITUDINALES.

En la literatura se expresa que la temperatura promedio del interior de una cueva es muy próxima a la temperatura anual del área circundante (Barr, 1961; Dwyer, 1971; Tuttle y Stevenson, 1981). Por su parte, Twente (1955) encontró que las cuevas de Kansas y Oklahoma, aún estando en la misma región, difieren climáticamente. Estos autores resaltan la influencia directa de las condiciones ambientales externas en el medio cavernícola. En el presente estudio no sólo se encontró que existen diferencias climáticas a nivel regional, sino también entre los estratos altitudinales (EA). Dada la mayor homogeneidad climática por cada EA y la variación climática entre los EA, las diferencias son más evidentes entre los niveles altitudinales; por ello, se prefirió caracterizar las cuevas por EA (Figura 9) y detectar las variación microambiental a una misma escala espacial.

En este análisis de las cuevas por EA, el centro virtual del esquema empírico se obtiene en la conjunción de los datos de temperatura y humedad de las cavidades que se localizan por EA. Correspondiendo para el EAI 19.77°C y 91.55%, para el EAM 15.57°C y 92.9%, y para el EAS 13.48°C y 91.81%. Si se ubican las cuevas de cada EA en el esquema correspondiente, se tiene que: el resultado de este examen muestra cuatro grupos microambientales de cuevas que están basados en las condiciones que, de acuerdo con los resultados, comparten (Figura 9). El primer grupo (frío húmedo) lo constituyen las cuevas La Capilla y La Salamandra; el segundo (caliente húmedo) lo conforman las cavidades La Mina y El Ojo de Agua; el tercero (frío seco) esta integrado por las cuevas Charco de la Perra, Cañón del Diablo, El Resumidero y Don Mónico; y el último grupo (caliente seco), sólo lo forma la cueva Harrison. De aquí, se puede decir que los ambientes fríos secos se encuentran en los

tres EA, los fríos húmedos del EAM al EAS, los calientes secos sólo en EAM y, el menos claro, los calientes húmedos por no encontrarse en el EAM.

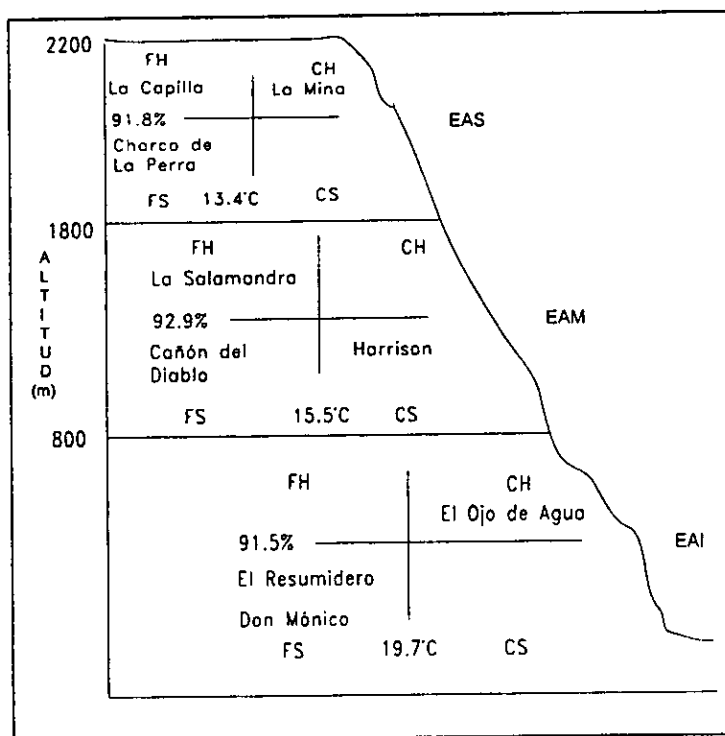


Figura 9. Caracterización ambiental de las cuevas por estratos altitudinales EAS= estratos altitudinal superior, EAM= estrato altitudinal medio, EAI= estrato altitudinal inferior, FH= frío húmedo, CH= caliente húmedo, FS= frío seco y CS= caliente seco.

De acuerdo con las condiciones microambientales, y considerando aquellas cuevas que resultaron tener una sola división, pueden ser agrupadas de la siguiente manera: La Mina y Harrison se catalogaron como calientes variando en humedad, en tanto que La Salamandra se consideró como fría húmeda. Por otra parte, las cavidades con dos divisiones, la inicial (Me1)

y la profunda (Me2-Me5), como el Charco de la Perra, La Capilla y Don Mónico fueron calificadas como frías variando en humedad y El Ojo de Agua fue caliente húmeda. Por último, dos cuevas, Cañón del Diablo y El Resumidero, fueron divisibles en tres partes: la inicial (Me1), la intermedia (Me2-Me4) y la profunda (Me5) para la primera, y la inicial (Me1), la intermedia (Me2) y la profunda (Me3-Me5) para la segunda; ambas se caracterizaron como frías secas.

Es importante mencionar, que las partes en que fueron divisibles las cuevas le fueron asignadas otras categorías microambientales con base en el esquema empírico (Cuadro 7). Este resultado se empleará en el punto temático 3.3.

Cuadro 7. Caracterización microambiental de las secciones de nueve cuevas estudiadas en Gómez Farías, Tamaulipas. F-H= fríos húmedos, C-H= calientes húmedos, F-S= fríos secos y C-S= calientes secos.

CUEVAS	SECCIONES				
	INICIAL	INTERMEDIA	PROFUNDA		
	Me1	Me2	Me3	Me4	Me5
Charco de la Perra	F - S	C - H			
La Capilla	F - S	C - H			
La Mina	F - H				
Cañón del Diablo	C - S	F - H			C - H
La Salamandra	F - H				
Harrison	C - S				
El Resumidero	F - S	C - S			F - H
Don Mónico	C - H	F - S			
El Ojo de Agua	F - S	C - H			

2.3. POR CUEVAS INDIVIDUALES EN FUNCION DEL TIEMPO.

Los patrones de variación microambiental de los medios cavernícolas, consisten en determinar si en el transcurso de un lapso, en este caso de un año, las condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa) de un refugio son o no estables. Nuevamente se hace alusión al esquema del marco de referencia, sólo que esta vez enfocado a las cuevas de manera independiente, es decir, para caracterizarlas con respecto a sus tipos de variaciones de la temperatura y humedad, por meses, en las diferentes categorías ambientales del esquema empírico. Los promedios de temperatura y humedad generales y mensuales de las cuevas se dan en el cuadro 3 y 8, respectivamente. El resultado de esta tarea se resume en la figura 10. Más adelante se detallará sobre la variación microambiental, a su vez en la caracterización mensual (frío húmedo, frío seco, caliente húmedo y caliente seco), de cada cueva apoyado en esta figura.

Basándose en la caracterización ambiental de las cuevas y lo reportado por Puig y Bracho (1987), referente al lapso de lluvias en el área de estudio, se tiene que esta investigación inició en la estación seca (octubre de 1991) y finalizó en la estación de lluvias. En la figura 10 se observa, que durante la estación de sequía (de octubre a abril) todas las cuevas varían en sus condiciones, registrándose las cuatro categorías ambientales mencionadas con anterioridad y, asimismo los tres patrones de variación microambiental definidas en los métodos. Mientras que en la estación húmeda o de lluvias (de mayo a septiembre), en la mayoría de las cavidades el ambiente fue relativamente constante, caracterizándose como caliente, pero variando en humedad. Estas diferencias de la humedad se aprecian en las cuevas La Salamandra y Harrison.

Cuadro 8. Promedios mensuales de las variables abióticas registradas en nueve cuevas de octubre de 1991 a septiembre de 1992 en Gómez Farfás, Tamaulipas.

CUEVAS	VARIABLES	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
La Capilla	Temperatura	12.75	12.66	12.02	11.92	12.18	11.96	13.20	12.80	12.66	12.70	12.62	12.84
	Humedad	94.10	93.38	93.88	94.52	93.58	90.02	83.60	93.48	94.46	94.36	94.10	96.16
Charco de la Perra	Temperatura	13.86	12.48	12.24	10.40	12.62	12.78	13.66	13.46	14.02	13.42	13.70	13.56
	Humedad	91.48	82.80	93.80	93.70	92.46	79.42	76.64	92.02	85.88	90.88	91.08	92.52
La Mina	Temperatura	15.28	15.02	15.16	15.08	14.90	14.80	14.90	15.08	15.16	15.10	15.20	15.30
	Humedad	93.72	93.52	91.98	94.16	92.30	93.86	94.10	94.80	94.44	94.50	95.00	94.70
Cañón del Diablo	Temperatura	15.78	15.22	14.32	11.02	13.64	11.98	14.28	15.46	16.92	16.92	17.32	16.94
	Humedad	91.46	94.08	91.48	93.22	92.52	90.80	86.76	93.20	93.10	94.04	93.76	93.56
La Salamandra	Temperatura	16.68	15.42	13.28	12.06	13.12	12.88	14.28	15.48	16.66	17.24	17.42	17.44
	Humedad	93.72	93.50	94.50	94.86	93.80	94.00	89.44	93.60	92.54	94.28	93.12	94.52
Harrison	Temperatura	17.20	16.10	16.70	16.30	15.90	16.06	16.32	16.50	16.70	16.70	17.20	17.20
	Humedad	93.36	90.72	94.04	91.90	93.52	90.90	93.40	93.24	92.46	93.32	94.28	94.44
El Resumidero	Temperatura	21.12	15.00	18.18	12.48	17.40	18.10	19.76		21.38	22.20	21.82	22.20
	Humedad	94.72	75.86	94.12	78.08	94.76	93.30	93.90		94.72	95.00	94.56	94.72
El Ojo de Agua	Temperatura	22.56	20.68	21.42	18.76	21.54	21.54	21.86	22.04	22.06	22.08	22.32	22.54
	Humedad	93.20	91.78	94.22	89.36	94.40	94.08	95.60	95.16	94.96	94.64	94.56	93.92
Don Mónico	Temperatura	20.18	17.26	18.62	15.14	18.00	18.20	19.28	19.34	20.04	20.18	20.34	20.58
	Humedad	90.56	81.08	92.20	77.74	88.34	88.12	92.02	93.16	93.88	92.76	93.26	93.76

CUEVAS\MES ESTACIONES	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	PATRON DE VARIACION MICROAMBIENTAL
	O	I			P			V			O		
Charco de la Perra	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MNE contrastante y gradual.
La Capilla	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MNE gradual y MRE.
La Mina	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MRE, MNE contrastante y gradual.
Cañón del Diablo	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MNE gradual y contrastante, y MRE.
La Salamandra	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MNE gradual y contrastante.
Harrison	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MNE contrastante y MRE.
El Resumidero	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MNE gradual y contrastante.
Don Mónico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MNE gradual y contrastante, y MRE.
El Ojo de Agua	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	MNE gradual y MRE.
EPOCA	Sequía						Lluvias						

Figura 10. Caracterización ambiental por meses de nueve cuevas muestreadas de octubre de 1991 a septiembre de 1992, en Gómez Farías, Tamaulipas. □ Fría húmeda, ■ caliente húmeda, ▣ fría seca, ▤ caliente seca. MRE= microambiente relativamente estable y MNE= microambiente no estable, P= primavera, V= verano, O= otoño, I= invierno.

RESUMEN. Las cuevas se caracterizaron con base en el esquema teórico, considerando la temperatura y humedad para definir el centro virtual por medio de tres criterios: a) esquema empírico microambiental general, b) por estratos altitudinales y c) por cuevas individuales en función del tiempo. De esta manera, las cuevas se agruparon como frías húmedas (La Capilla y La Salamandra), calientes húmedas (La Mina y El Ojo de Agua), frías secas (Cañón del Diablo, Charco de la Perra, El Resumidero y Don Mónico) y calientes secas (Harrison).

La distribución de los microambientes calientes húmedas en los estratos altitudinales resultó no ser claro por no presentarse en el estrato altitudinal medio.

Se definieron tres patrones de variación microambiental de los medios cavernícolas: a) microambiente relativamente estable, b) microambiente no estable gradual y c) microambiente no estable contrastante. Durante el lapso de sequía, la mayoría de las cuevas estudiadas fueron inestables. Sólo para la cueva El Ojo de Agua se registró un período de mayor estabilidad (de

febrero a septiembre), en tanto que Charco de la Perra, La Capilla, La Mina, Cañón del Diablo, El Resumidero y Don Mónico fueron estables de mayo a septiembre.

3. PRESENCIA DE MURCIELAGOS Y USO DE LAS CUEVAS.

Con base en la revisión bibliográfica (Alvarez, 1963; Villa-Ramírez, 1966; Hall, 1981; Ramírez-Pulido, *et al.*, 1983; Wilson, *et al.*, 1985; Jones, *et al.*, 1988) se determinó que para Tamaulipas se han reportado 55 especies de murciélagos pertenecientes a seis familias. Un 29 por ciento de estas especies se hallaron en las cuevas estudiadas (Cuadro 9) y representan a cuatro familias: Mormoopidae, Phyllostomidae, Natalidae y Vespertilionidae.

A lo largo del lapso de trabajo de campo, en el área de estudio se constató la presencia de 16 especies de murciélagos que se refugiaron en las cuevas estudiadas. Dichas especies son *Pteronotus parnellii*, *Micronycteris megalotis*, *Glossophaga soricina*, *Anoura geoffroyi*, *Dermanura azteca*, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus intermedius*, *Artibeus lituratus*, *Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*, *Natalus stramineus*, *Myotis keaysi*, *Myotis velifer*, *Myotis auriculus*, *Pipistrellus subflavus* y *Plecotus mexicanus*.

Con los datos de observación de las especies de quirópteros antes mencionadas, nos proporcionó elementos para analizar la presencia de éstas en tres formas: presencia de murciélagos por estratos altitudinales, presencia de murciélagos por cuevas en función del tiempo y presencia de murciélagos en el interior de cada cueva.

3.1. PRESENCIA DE MURCIELAGOS POR ESTRATOS ALTITUDINALES.

En esta sección de estudio, debemos recordar que en el gradiente altitudinal del área de trabajo de esta investigación (Figura 5), se distinguen tres tipos de vegetación que al mismo tiempo se reconocen como estratos altitudinales (EA): el bosque tropical subcaducifolio (BTS, < 800 m) como estrato altitudinal inferior (AEI), el bosque mesófilo de montaña (BMM, 800-1400 m) como estrato altitudinal medio (EAM) y el bosque de pino-encino (BPE, > 1400 m) como estrato altitudinal superior (EAS). Además, si consideramos el clima, la fauna de murciélagos asociada a cada uno de ellos resultará distinta, como se demostrará más adelante.

La presencia de algunas especies de murciélagos observadas en cuevas que pertenecen a un mismo EA, pero no a otros, permite reconocer cuatro grupos de quirópteros (Figura 11). El primer grupo lo constituyen las especies del EAI, observándose a *P. parnellii*, *G. soricina*, *M. megalotis*, *A. jamaicensis*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. rotundus*, *D. ecaudata* y *N. stramineus*. El segundo, lo integran las especies del EAM, es decir, *D. azteca* y *M. keaysi*. El tercer y cuarto grupo de quirópteros representan dos subgrupos de murciélagos del EAS; el primer caso, está conformado por *A. geoffroyi* y se localiza entre EAM y EAS, y el segundo, lo componen las especies del EAS, que está integrado por *M. velifer*, *M. auriculus*, *P. subflavus* y *P. mexicanus*.

En nuestro caso, no se usó una técnica que nos ayudara a determinar los posibles movimientos locales de las especies de murciélagos entre EA como de cueva a cueva de un mismo EA. Por otra parte, es importante señalar que al aumentar el número de cuevas, separadas geográficamente a mayor distancia, nos proporcionarían más elementos para determinar patrones de movimientos de la quiroptero fauna del lugar.

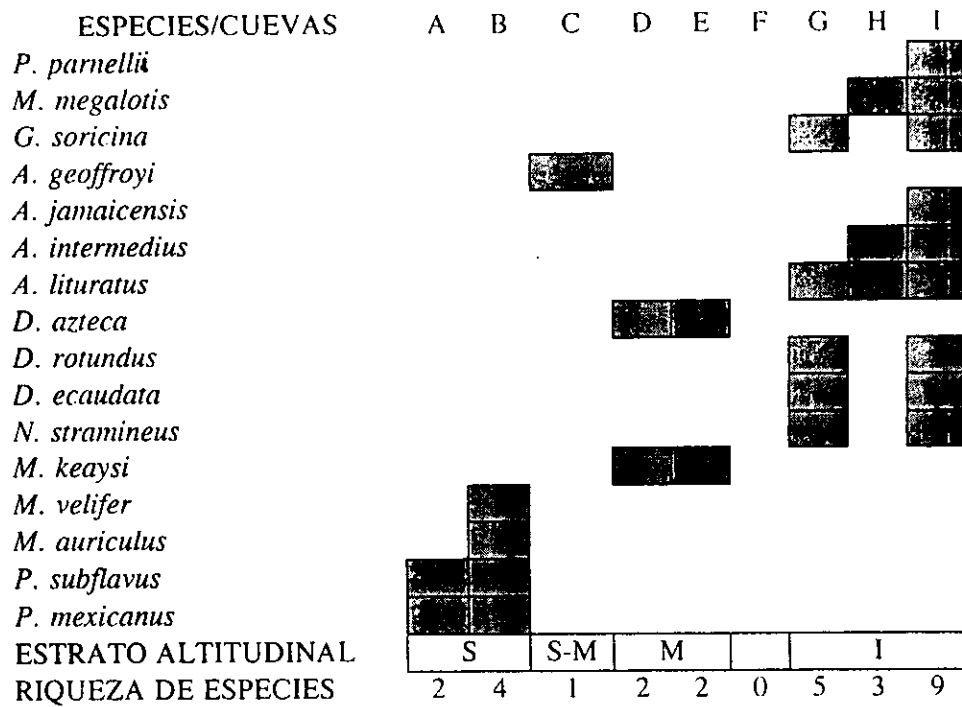


Figura 11. Riqueza de especies de murciélagos cavernícolas en Gómez Farías, Tamaulipas. En el eje de las abscisas, las cuevas responden a un gradiente altitudinal decreciente. Los cuadros sombreados indican presencia. A = Charco de la Perre, B = La Capilla, C = La Mina, D = Cañón del Diablo, E = La Salamandra, F = Harrison, G = El Resumidero, H = Don Mónico, I = El Ojo de Agua, S = superior, M = medio e I = inferior.

Cuadro 9. Abundancia mensual de murciélagos observados en nueve cuevas de octubre de 1991 a septiembre de 1992 en Gómez Farías, Tamaulipas. La abundancia global por especie se obtuvo con la fórmula de Arita (1996; ver métodos), pero sólo se expresa el promedio mensual por especie en esa columna.

CUEVAS	MICROAMBIENTE	ESPECIES	NUMERO DE INDIVIDUOS												A	
			O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S		
A) Charco de la Perra	Frío seco	<i>Pipistrellus subflavus</i>		1	4	1	2	7	2	1	1	1	2		1.83	
		<i>Plecotus mexicanus</i>	6	3	2	2	5	1					2	1	1.75	
B) La Capilla	Frío húmedo	<i>Myotis velifer</i>						1							1	
		<i>Myotis auriculus</i>		6	2	3	3	2	3		1	3	2	1	1	
		<i>Pipistrellus subflavus</i>	20	5	7	15	17	112	113	155	150	150	150	150	2.08	
		<i>Plecotus mexicanus</i>													87	
C) La Mina	Caliente húmedo	<i>Anoura geoffroyi</i>						300	15	100	100	15		112		
D) Cañón del Diablo	Frío seco	<i>Dermanura azteca</i>						3	2					2.5		
		<i>Myotis keaysi</i>						2						2		
E) La Salamandra	Frío húmedo	<i>Dermanura azteca</i>	3		1	2	1		5			3		3		
		<i>Myotis keaysi</i>							1			3	1	2		
F) Harrison	Caliente seco	Sin murciélagos														
G) Don Mónico	Frío seco	<i>Miconycteris megalotis</i>		2	2			5						5	3.5	
		<i>Artibeus intermedius</i>								12					12	
		<i>Artibeus lituratus</i>											4		4	
H) El Resumidero	Frío seco	<i>Glossophaga soricina</i>			1										1	
		<i>Artibeus lituratus</i>	60	8	20			6	20	16		10		3	13.16	
		<i>Desmodus rotundus</i>		4									10	20	11	
		<i>Diphylla ecaudata</i>	1									20	20	20	10.5	
		<i>Natalus stramineus</i>			50					15		10	20	20	15	21.66
I) El Ojo de Agua	Caliente húmedo	<i>Pteronotus parnellii</i>									20			2	11	
		<i>Miconycteris megalotis</i>									2	5	7	3	4.25	
		<i>Glossophaga soricina</i>									2	10	15	10	5	8.4
		<i>Artibeus jamaicensis</i>				2	2									2
		<i>Artibeus intermedius</i>					1									1
		<i>Artibeus lituratus</i>		5		12		1	1	1	2		3	2		3.71
		<i>Desmodus rotundus</i>	20	5	10	1	1	8	6	33	20	30	30	4		14
		<i>Diphylla ecaudata</i>		1	2	1	10	20	30	1		15	30	5		11.5
		<i>Natalus stramineus</i>	50	60	100	38	6	5	7	5	5	5	10	15	80	31.75

En apoyo al comentario anterior, con el listado de las especies de quirópteros por cuevas (Figura 11), se procedió a hacer una comparación de la quiropterofauna de las cuevas mediante el índice de Simpson (Sánchez y López, 1988). Antes de continuar con este análisis, se señala que la cueva Harrison queda excluida del análisis por no presentar murciélagos. Con ello se construyó la matriz de datos que se presenta abajo.

Matriz de datos. El valor que se indica en negritas diagonalmente, corresponde al total de especies de murciélagos que se encontraron en cada cueva. De la diagonal hacia arriba indica el número de especies compartidas entre cuevas y de la diagonal hacia abajo representan el porcentaje de similitud faunística entre las mismas. Este último valor se obtuvo con el índice de Simpson (Sánchez y López, 1988).

CUEVA	Charco de la Perra	La Capilla	La Mina	Cañón del Diablo	La Salamandra	Don Mónico	El Resumidero	El Ojo de Agua
Charco de la Perra	2	2	0	0	0	0	0	0
La Capilla	100	4	0	0	0	0	0	0
La Mina	0	0	1	0	0	0	0	0
Cañón del Diablo	0	0	0	2	2	0	0	0
La Salamandra	0	0	0	100	2	0	0	0
Don Mónico	0	0	0	0	0	3	1	3
El Resumidero	0	0	0	0	0	0.333	5	5
El Ojo de Agua	0	0	0	0	0	100	100	9

El resultado de este examen indica:

- 1) Cada grupo de las siguientes cuevas, El Resumidero-El Ojo de Agua, Cañón del Diablo-La Salamandra, El Ojo de Agua-Don Mónico-El Resumidero y La Capilla-Charco de la Perra, presentó un mismo porcentaje de similitud (100%).

2) La cueva La Mina sólo presentó una especie que no estuvo en las restantes cavidades, por lo tanto, no muestra afinidad faunística con las otras cuevas (Figura 12).

3) El dendrograma practicado sobre la matriz de similitud de Simpson revela que las cuevas El Resumidero, El Ojo de Agua y Don Mónico, forman una unidad. De esta manera, al aplicar el valor crítico de similitud (66.66%), propuesto por Sánchez y López (1988), para ese índice, se reconocen cuatro grupos de cuevas. Sin embargo, se esperaba encontrar tres grupos quiropterofaunísticos que estuviesen relacionados con el número de estratos altitudinales previamente definidos (EAI, EAM y EAS). Al parecer estas diferencias pueden ser reconciliadas si se consideran dos aspectos:

1) En la cueva El Ojo de Agua se encontraron todas las especies de murciélagos que representan al EAI. De tal manera, la quiropterofauna de las cuevas Don Mónico y El Resumidero son un subgrupo de la primera.

2) Al relacionar la variabilidad microclimática con la riqueza de especies, se observó que el número de especies de quirópteros que habitan una cueva parece ser proporcional al número de secciones o áreas de la misma. Es decir, a mayor variabilidad microambiental, mayor número de especies.

Para comparar el dendrograma basado en las distancias de similitud de Simpson, se empleó el índice de distancia armónica y la estrategia del grupo promedio (Cuadro 10; Ludwig y Reynolds, 1988). El análisis de agrupamiento con el índice de distancia armónica (figura 13), muestra cuatro grupos de cuevas basados en su similitud faunística, que a la vez forman un mismo número de grupos de murciélagos. Aunque este método no proporciona un valor de

similitud crítica para diferenciar grupos de unidades de muestreo, es claro que el dendrograma es similar al obtenido mediante el índice de Simpson en su estructura y topología.

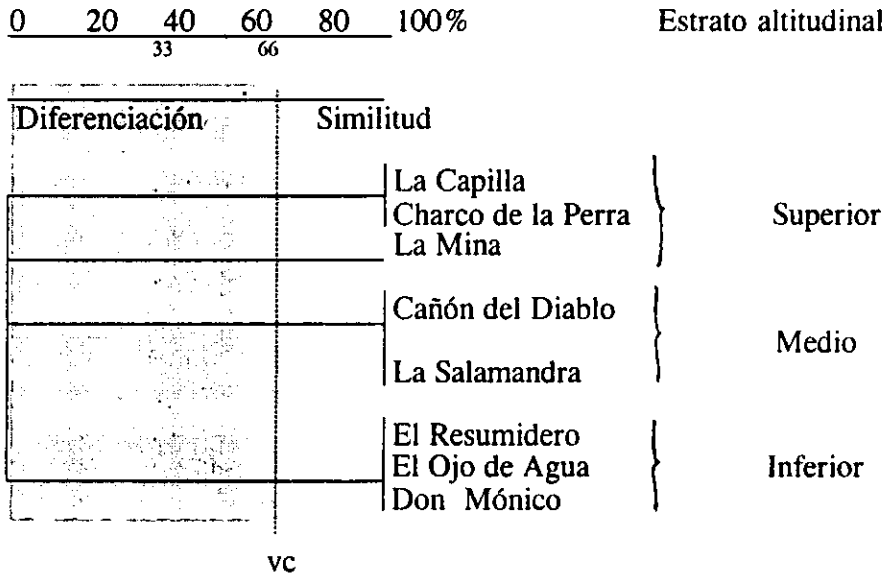


Figura 12. Dendrograma de similitud quiropterofaunística entre ocho cuevas, empleando el índice de Simpson (Sánchez y López, 1988). La línea vertical discontinua indica el valor crítico de similitud (vc) para determinar grupos de cuevas. Cada nodo dentro del área sombreada representa un grupo de cuevas con diferencias faunísticas significativas.

Cuadro 10. Datos obtenidos del programa CLUSTER.BAS (Ludwig y Reynolds, 1988) para formar grupos de cuevas (figura 13).

CICLO DE GRUPO	No. DE GRUPO	NIVEL DEL GRUPO	REFERENCIA DE UM	UM EN LOS GRUPOS
1	8	0.21	4	5
2	7	0.74	1	2
3	5	0.78	7	8
4	4	1.34	7	8 9
5	3	1.41	1	2 3
7	2	1.41	1	2 3 4 5
8	1	1.41	1	2 3 4 5 6 7 8
8	1	1.41	1	Unión de todos los UM

UM = Unidades de muestreo.

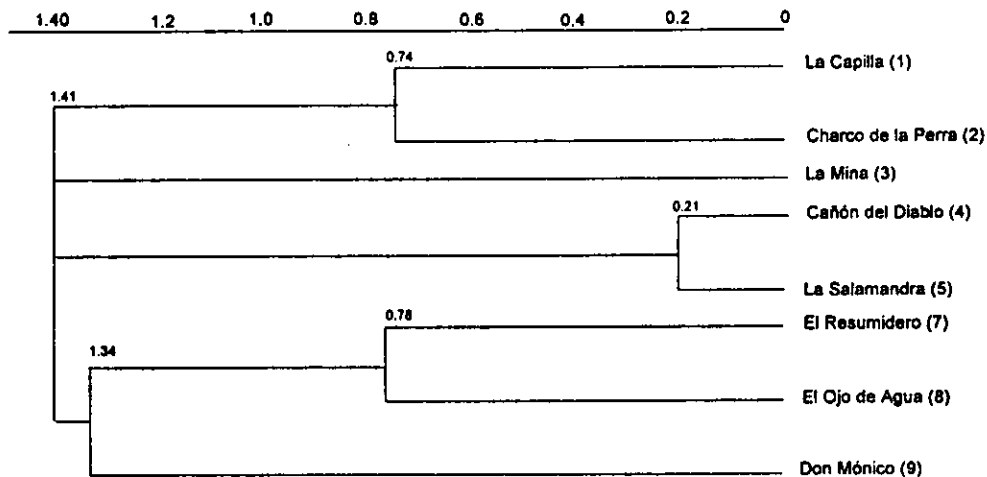


Figura 13. Dendrograma del análisis de agrupación de nueve cuevas, basado en su riqueza de especies y abundancia de murciélagos, empleando el índice de distancia armónica y la estrategia del grupo promedio (Ludwig y Reynolds, 1988). Estos autores no proporcionan un valor de similitud crítica para diferenciar grupos de unidades de muestreo (ver texto).

Se ha reportado que la riqueza de especies es más alta en las regiones tropicales que en las templadas y polares, es decir, ésta disminuye conforme nos alejamos latitudinalmente (Pianka, 1966; Whittaker, 1972; Fleming, 1973, Kucera, 1978, Arita 1993b, Kaufman 1995) y se incrementa la altitud (Kucera, 1978). Humphrey y Bonaccorso (1979) en su estudio con murciélagos filostómidos de tierras bajas tropicales lluviosas, llegó a la misma conclusión que los autores antes citados. En el caso particular de este estudio, no se cumple de manera clara esta idea generalizada y discutida en la literatura, pero si se denota que el número de especies decrece al aumentar la altitud. Se aprecia que el hábitat intermedio (BMM) presentó menos especies de murciélagos cavernícolas (12.5%), comparado con el hábitat superior (BPE) con el

31.25% e inferior (BTS) con el 56.25%, lo cual no es lo esperado como lo indica la literatura, pues conforme aumenta la altitud la riqueza de especies disminuye (Kucera, 1978). Esta disminución de especies aparentemente paradójica se explica de manera general en los siguientes párrafos.

Los diversos procesos que ocurren dentro de una comunidad biológica en una área ecológicamente homogénea, dan como producto una riqueza biológica local (Ricklefs, 1987). Si una región presenta una alta riqueza de especies, es posible que cada localidad tenga o no una alta riqueza local. Cuando la riqueza de especies local sea baja, el grado de similitud entre ellas es menor (Arita y León, 1993).

Arita (1993b) cita que México no cuenta con una riqueza excepcional referente a los murciélagos, y que el número de especies presentes en él es el esperado para un país tropical de su tamaño; además, los estados mexicanos poseen el número de especies de quirópteros esperados por su posición en el gradiente de la región neotropical a la neártica. Por otro lado, se ha aludido que el incremento en el número de especies al aumentar el área de muestreo es un efecto de una mayor disponibilidad de espacio, independientemente de otros factores (MacArthur y Wilson, 1963, 1967).

Considerando los comentarios previos, nuevamente enfocaré nuestro caso, desde una escala regional (a nivel de estado) y local (área de estudio). El estado de Tamaulipas a nivel nacional ocupa el séptimo lugar en territorio (79 384 km²; Arita, 1993b) y sexto lugar en riquezas de especies tanto de quirópteros (54), como de mamíferos en general (139; Ramírez-Pulido *et al.*, 1986; Arita, 1993b). En un estudio realizado en la Reserva de la Biosfera "El Cielo" (RBC, con una superficie de 14 453 km²) se han reportado 102 especies de mamíferos,

de las cuales 44 son murciélagos; estos números corresponden al 32.25% y 12.52% respectivamente, a nivel nacional; 73.38% y 31.65% a nivel regional (Vargas y Hernández, en proceso). Por otro lado, estos últimos autores comentan que el número de especies registradas en los diferentes hábitats de la RBC disminuye de los hábitats tropicales a los templados, es decir, se reportan para el BTS 64 especies de mamíferos, para el BMM 51 y para el BPE 24. De estos números en el orden antes mencionado 32, 21 y 8 son murciélagos. Con estos datos se indica que el área de estudio posee una riqueza de mamíferos no voladores y voladores, alta a nivel local.

En conclusión, los datos obtenidos en estudio no explican el descenso de la riqueza de especies de murciélagos en el gradiente altitudinal de mayor en BTS (9 especies) a menor en BMM (2) y BPE (5). Se puede decir que el diseño de muestreo empleado en este estudio no fue el adecuado para tratar de probar que a mayor altitud la riqueza de especies disminuye, pero debe tenerse presente que los objetivos de este estudio fueron otros. Quizás si aumentamos las unidades de muestreo (cuevas), como lo señalan MacArthur y Wilson (1963, 1967), se pudiera contar con evidencias para explicar (o disprobar) el descenso no gradual de las especies de murciélagos en el gradiente altitudinal.

3.2. PRESENCIA DE MURCIÉLAGOS POR CUEVAS EN FUNCION DEL TIEMPO.

El refugio juega un papel importante en el desarrollo de los organismos. En el caso de las cuevas, muchas especies de murciélagos pasan la mayor parte de su vida en ellas, pero también hay especies que las toman como un resguardo ocasional. A pesar de que las cuevas

perduran períodos largos, y en ocasiones son localizadas con frecuencia, hay regiones donde son poco disponibles (Bradbury, 1977a). En nuestro caso, no contamos con datos suficientes para indicar si en el área de estudio la disponibilidad de las cuevas es baja. Por otra parte, de acuerdo a Trajano (1996), sobre la regularidad en que se presentan las especies de murciélagos en un refugio y su abundancia, se podría hablar de un grado de sedentarismo.

Si asociamos a las cuevas aquí estudiadas la información de la presencia de las especies de quirópteros que hicieron uso de éstas (Cuadro 11), sin omitir la abundancia mensual (Cuadro 9), se encontró qué:

- 1) Son pocas especies las que presentaron un patrón de presencia continuo en algunas cuevas, como es el caso de *D. rotundus* y *N. stramineus* en El Ojo de Agua (caliente húmeda) y *P. mexicanus* en La Capilla (fría húmeda). Estas especies formaron grupos pequeños que varían mensualmente entre 5 a 150 individuos. Con lo anterior, podríamos señalar que son especies sedentarias en estas cavidades.
- 2) Las especies que presentaron un patrón de presencia discontinua estacional en las cuevas, se mencionan a continuación: *M. megalotis*, *G. soricina*, *A. lituratus* y *D. ecaudata* en El Ojo de Agua; *A. geoffroyi* en La Mina (caliente húmeda); *A. lituratus*, *D. rotundus* y *N. stramineus* en El Resumidero (fría seca); *P. subflavus* en La Capilla y Charco de la Perra (fría seca); y *P. mexicanus* en el Charco de la Perra. Aunque no tenemos información sobre el movimiento de estas especies, por encontrarse en lapsos más o menos definidos en sus respectivos refugios, podemos suponer que corresponden a un tipo de especies con un grado medio de sedentarismo. Esta situación se da cuando los refugios son más cálidos húmedos (Figura 10). Las colonias de las especies anteriores, aunque variaron de mes a mes, son muy bajas en promedio (de tres a

22 murciélagos), con excepción de *A. geoffroyi* que fue más abundante con 112 individuos en promedio.

3) Un mayor número de especies presentaron un patrón de presencia ocasional en las cuevas: p. ej. *P. parnellii*, *A. jamaicensis* y *A. intermedius* en El Ojo de Agua; *M. megalotis*, *A. intermedius* y *A. lituratus* en Don Mónico (fría seca); *G. soricina* y *D. ecaudata* en El Resumidero; *D. azteca* y *M. keaysi* en el Cañón del Diablo (fría seca) y La Salamandra (fría húmeda); *M. velifer* y *M. auriculus* en La Capilla. La abundancia cuando estas especies se observaron, fueron bastante bajas, de uno a 12. En este caso podemos hablar de especies "nómadas", quizás tomaron estos refugios como protección o como un simple refugio ocasional para descansar.

En los siguientes párrafos se mencionan algunos comentarios que la literatura reporta, en referencia a las cuevas estudiadas en Tamaulipas. Asimismo, se hace una comparación con los resultados obtenidos en esta investigación.

Martínez-Burnez (1979) recolectó ocho especies de murciélagos en la cueva El Ojo de Agua, de las cuales, seis coinciden con las nueve especies observadas en esta cueva; las otras especies encontradas en este estudio fueron: *M. megalotis*, *A. intermedius* y *A. lituratus*. En tanto que las especies no registradas en el actual estudio, pero reportadas por Martínez - Burnez son *D. azteca* y *Dermanura tolteca*.

En las cuevas Charco de la Perra y La Mina, Reddell y Mitchell (1971) reportaron la presencia de *P. mexicanus*. Esta especie también se observó durante el desarrollo de este estudio, más la presencia de *P. subflavus*. Por otro lado, las condiciones ambientales registradas en la cueva La Capilla (con un microambiente relativamente estable, refugio frío

Para la cueva La Mina, Baker y López (1968) y Reddell y Mitchell (1971) reportaron la presencia de *A. geoffroyi*; los primeros autores observaron un grupo de aproximadamente 200 murciélagos el 24 de marzo de 1967, hecho similar, con un número parecido de murciélagos, se notó en el mismo mes durante la realización del presente trabajo.

3.3. PRESENCIA DE MURCIELAGOS EN EL INTERIOR DE CADA CUEVA.

Los resultados obtenidos del análisis gráfico para dividir las cuevas (Cuadro 4), considerando los valores de temperatura y humedad relativa (punto 1 mencionado anteriormente), y en la caracterización ambiental de dichas partes por cuevas (Cuadro 7), sugieren que pueden ser divididas en una, dos o tres partes. Es prudente destacar dos aspectos: (a) independientemente que una o varias Me integren una misma parte (inicial, media o profunda) de una cueva y que hayan sido caracterizadas microambientalmente de un mismo modo, las especies de murciélagos ocupan distintamente dichos sitios; y (b) cabe mencionar que al referirse a "secciones" en párrafos posteriores, sólo se persigue facilitar el análisis al dividir las cuevas y ubicar con mayor precisión los sitios donde se observaron murciélagos y no se establecieron microestaciones de muestreo. Para ubicar las microestaciones por cuevas ver el apéndice I (a, b y c).

En un análisis realizado en este trabajo (punto 5), determinó que la variable que ejerce mayor influencia en la selección del refugio es la temperatura ambiental. También se ha mencionado que las condiciones microambientales varían en la parte inicial de las cuevas y conforme se avanza hacia el interior de éstas el ambiente se torna estable.

Aunque se han definido las partes de las cuevas estudiadas como inicial, media, profunda o sin secciones (microambientes relativamente homogéneos), el análisis sobre la presencia de las especies de quirópteros en las cuevas proporcionó situaciones muy particulares por especie. Es importante señalar que para nuestro caso, cada una de las especies de murciélagos parecen seleccionar de manera diferente los sitios que ocupan dentro de las cuevas, es decir, no se pueden generalizar o reconocer de manera clara patrones específicos de selección de los sitios en el interior de las cuevas (Cuadro 12). Todo esto puede sugerir que cada cueva es un hábitat con diferentes condiciones, con lo cual cada especie de quiróptero se comporta de manera distinta. Por ello, más adelante se particularizará en una especie o en varias cuando así sea el caso.

En los microambientes relativamente homogéneos, en primer caso la cueva La Mina, se presentó una sola especie de murciélago (*A. geoffroyi*) que eligió diferentes sitios no distantes de cada Me establecida en la cavidad (Cuadro 12). Se obtuvo que las temperaturas van de 14.5 a 16°C y las humedades entre 88 y 95%, calificándose como caliente húmedo. En segundo lugar en La Salamandra con temperaturas y humedades de 10 a 19°C y de 83 a 100%, respectivamente, a pesar de que *D. azteca* fue observada en toda la cueva, cavidad de menores dimensiones con respecto a las restantes y catalogada como fría húmeda, la mayoría de las veces se presentó en la Me3; en este mismo sitio exclusivamente fue observado *M. keaysi*.

En cuatro cavidades se reconocieron microambientes heterogéneos divisibles en dos secciones, como son el Charco de la Perra, La Capilla, Don Mónico y El Ojo de Agua (Cuadro 4).

Las temperaturas y humedades registradas en la cueva La Capilla con una sola especie de murciélago (*P. mexicanus*) que ocupó toda la cueva, son relativamente estables en la mayor parte de ella, con excepción de la parte inicial (Me1). En esta cueva se encontró que *P. mexicanus* eligió varios sitios, desde la parte inicial hasta la profunda. Si hacemos una comparación de la temperatura y humedad de la Me1 con respecto a las restantes Me en la cueva, por muy variables que éstas sean, no existe una diferencia mayor que si esta confrontación se hiciera con las temperaturas y humedades del medio externo. La especie de quiróptero antes mencionada, fisiológicamente regula su temperatura corporal bajo esas condiciones microambientales (ver punto 5 que trata aspectos fisiológicos). Por las ideas expuestas previamente, se considera que para esa especie de murciélago es indistinto el sitio a ocupar dentro de la cueva. Es importante recordar que la temperatura promedio de la cueva La Capilla fue 12.52°C. Esta misma especie de quiróptero también se observó en la cueva Charco de la Perra y en sitios con temperaturas similares a los anteriores.

En la cueva La Capilla se presentaron *M. velifer* y *M. auriculus* en la parte profunda, pero próximo a la Me1. Para dicha parte de la cueva se registraron temperaturas entre 12 y 13.5°C, y humedades de 90 a 100%, calificándose como fría húmeda. Estas especies se hallaron en un sitio localizado a aproximadamente 30 m de la Me2. En marzo cuando se presentó *M. velifer* el sitio fue caracterizado como frío (10.5°C) y en septiembre cuando se vio a *M. auriculus* como caliente (12.5°C). Por otra parte, *P. subflavus* también ocupó el sitio primeramente referido en este párrafo, y asimismo se observó en la parte profunda de la cueva Charco de la Perra en donde la temperatura varió de 9.5 a 15°C y la humedad de 69 a 100%, sitio denominado como caliente húmedo. En esta última cueva, se registró en la Me2 una

temperatura de 12.35°C y en un sitio no distante a esta microestación se encontró a *P. subflavus*, habiendo una diferencia de la temperatura registrada de 0.8°C entre estos dos sitios.

Micronycteris megalotis, *A. lituratus* y *D. rotundus* ocuparon la parte inicial de la cueva El Ojo de Agua. Dicho sitio fue caracterizado como frío seco y las temperaturas registradas variaron más (9.5 a 23°C) a comparación de la humedad (89 a 96%). En esta cueva *M. megalotis* fue observada en un 33% del total de visitas realizadas y en un lapso definido (mayo - septiembre) en la primera sección de la cueva, ahí no se estableció una microestación pero se registraron las condiciones microambientales, la temperatura fue de 24.6°C y la humedad de 93%; esta misma sección también fue ocupada por *A. lituratus*. Con respecto a *D. rotundus*, siempre fue observado en la Me1 de la cueva y en otro sitio no lejano de la Me3. En la Me1 se registró una temperatura y humedad promedio de 19.6°C y 91.46%, respectivamente, y catalogada como fría seca. Por su parte *P. parnellii*, *A. jamaicensis* y *A. lituratus* fueron observados en sitios distintos que están alrededor de Me3, en esta microestación se registró una temperatura y humedad promedio de 21.95°C y 94.31%, respectivamente; además, se registraron temperaturas y humedades en la parte profunda de esta cueva que van de los 19 a 24°C y de 85 a 96%, respectivamente, caracterizándose como caliente húmeda. Por los escasos datos obtenidos de estas especies, considerando la presencia o ausencia, al parecer indican un patrón de presencia ocasional. Por otro lado, en esta misma cueva *G. soricina* seleccionó el área cercana a la Me2, donde se registró una temperatura similar a la Me3; el hecho que se halla observado en la primera sección de esta cueva puede deberse a nuestra presencia la cual le obligó a moverse a otros sitios. Las siguientes dos especies de murciélagos seleccionaron la parte profunda de la cueva El Ojo de Agua, *D. ecaudata* en la parte entre Me4 y Me5 con

temperaturas de 22.3°C y, *N. stramineus* en la Me5 con temperaturas promedio de 22.5°C y en un hoyo de disolución cerca de Me3 con temperaturas aproximada de 22°C.

En la cueva Don Mónico *M. megalotis* eligió dos sitios, la Me3 con temperatura promedio de 18.8°C, lugar que siempre ocupó cuando penetrábamos por primera vez a la cueva en cada visita, y el otro, la Me5 con 18.55°C, al cual se movía, muy probablemente a causa de nuestra presencia. En tanto que *A. intermedius* y *A. lituratus* seleccionaron sitios cercanos a la Me1 de esta cueva, con temperaturas de 20.4°C (mayo) y 21.7°C (agosto), respectivamente

Sólo dos cuevas fueron posible reconocerlas con tres partes. En la cueva Cañón del Diablo, se observó en la parte media a *D. azteca* y *M. keaysi* muy cerca de la Me2 (con temperatura y humedad promedio de 14.77°C y 92.47%, respectivamente), pero en sitios diferentes. El microambiente fue caracterizado como caliente húmedo, registrándose los siguientes valores de temperatura de 10.5 a 19°C y humedades de 74 a 96%. En lo que se refiere a El Resumidero (con temperaturas y humedades que van de 9 a 25°C y 62 a 100%), catalogada como fría seca, *D. rotundus* escogió sitios en la parte intermedia con temperaturas de 20°C, *G. soricina* y *D. ecaudata* fueron vistas en una sola ocasión (diciembre y junio, respectivamente) en la Me2, en tanto que *N. stramineus* se presentó en diciembre y de abril a septiembre, observada en un sitio donde no se estableció una microestación. *Artibeus lituratus* siempre ocupó la Me1 y Me5 con temperaturas y humedades promedio de 18.82 y 18.69°C, y 92.18 y 93.23%, respectivamente.

Cuadro 12. Presencia de 16 especies de murciélagos en diferentes sitios de nueve cuevas estudiadas de octubre de 1991 a septiembre de 1992, así como su ubicación altitudinal. Cuevas: 1= La Capilla, 2= Charco de la Perra, 3= La mina, 4= Cañón del Diablo, 5= La Salamandra, 6= Harrison, 7= El Resumidero, 8= El Ojo de Agua y 9= Don Mónico. La caracterización ambiental de cada Me por cuevas se menciona en el cuadro 7.

CUEVAS CON UN MICROAMBIENTE HOMOGENEO						ESTRATO ALTITUDINAL
ESPECIES\MICROESTACIONES	Me1	Me2	Me3	Me4	Me5	
<i>Anoura geoffroyi</i>		X ₃	X ₃	X ₃		Medio-Superior
<i>Dermanura azteca</i>		X ₃	X ₃	X ₃	X ₃	Medio
<i>Myotis keaysi</i>				X ₃		Medio
CUEVAS CON MICROAMBIENTES HETEROGENEOS (DOS PARTES)						
	INICIAL	PROFUNDA				
<i>Pteronotus parnellii</i>			X ₈			Inferior
<i>Micronycteris megalotis</i>	X ₈		X ₉		X ₉	Inferior
<i>Glossophaga soricina</i>		X ₈				Inferior
<i>Artibeus jamaicensis</i>			X ₈			Inferior
<i>Artibeus intermedius</i>	X ₉		X ₈			Inferior
<i>Artibeus lituratus</i>	X _{8,9}		X ₈			Inferior
<i>Desmodus rotundus</i>	X ₈	X ₈				Inferior
<i>Diphylla ecaudata</i>			X ₈	X ₈		Inferior
<i>Natalus stramineus</i>			X ₈		X ₈	Inferior
<i>Myotis velifer</i>		X ₁				Superior
<i>Myotis auriculus</i>		X ₁				Superior
<i>Pipistrellus subflavus</i>		X _{1,2}	X ₂	X ₂	X ₂	Superior
<i>Plecotus mexicanus</i>	X ₁	X _{1,2}	X ₁	X ₁	X ₁	Superior
CUEVAS CON MICROAMBIENTES HETEROGENEOS (TRES PARTES)						
	INICIAL	MEDIA	PROFUNDA			
<i>Glossophaga soricina</i>				X ₇		Inferior
<i>Artibeus lituratus</i>	X ₇		*X ₇		X ₇	Inferior
<i>Dermanura azteca</i>		X ₄				Medio
<i>Desmodus rotundus</i>		X ₇				Inferior
<i>Diphylla ecaudata</i>		X ₇		X ₇		Inferior
<i>Natalus stramineus</i>				*X ₇		Inferior
<i>Myotis keaysi</i>		X ₄				Medio

En párrafos anteriores se mencionó que hay especies de murciélagos que fueron observadas en diferentes sitios de una cueva, y también ocuparon otras cuevas. En el primer caso, se ha indicado que la variación de la temperatura y de humedad que hay entre estos lugares no difieren tajantemente entre sí, sólo en algunos casos, p. ej. en las Me1, pero si es importante mencionar que una parte de la cueva fue caracterizada de una sola manera y los murciélagos que habitan estas cuevas comparten el refugio sin mezclarse. En el segundo caso, las diferencias entre las variables abióticas pueden ser mayor y, por lo tanto, habrá mayor especificidad de las especies de quirópteros por un microambiente particular.

3.4. MODALIDADES DEL USO DE LAS CUEVAS.

Los murciélagos ocupan una variedad de refugios, incluyendo cuevas, grietas de rocas, árboles, follaje, cavidades en árboles y construcciones hechas por el hombre, en los cuales realizan diversas actividades. Estos refugios les brindan sitios para aparearse, para hibernar, para crianza de los juveniles, interacción social, digestión del alimento, protegerse de sus depredadores o de la intemperie, etc., (Kunz, 1982).

En este estudio, las cuevas fueron utilizadas por los murciélagos, principalmente, en tres modalidades:

- 1) De marzo a agosto se observó que algunas especies de murciélagos ocuparon las cuevas del EAI y EAS para formar colonias de maternidad. No debemos de olvidar que cada refugio presenta condiciones microambientales diferentes. Esas colonias de quirópteros variaron de tamaño, observándose grupos pequeños, de tres a cinco individuos con crías, p. ej. en *M. megalotis* y *G. soricina* (cueva El Ojo de Agua, con temperatura y humedad promedio de

21.93°C y 94.84%, respectivamente, durante este período), *A. intermedius* (cueva Don Mónico, con 19.27°C y 91%) y *A. lituratus* (cueva El Resumidero, con 20.15°C y 94.15%), y en otras especies los grupos estuvieron mejor representados, de aproximadamente 200 individuos, p. ej. en *A. geoffroyi* (cueva La Mina, con 15°C y 94.43%) y *P. mexicanus* (cueva La Capilla, con 12.29°C y 89.03%). Para mayor información sobre los registros, promedios mensuales, de temperatura y humedad por cada cueva ver Cuadro 8.

Wilson (1979) se preguntó, ¿cuál es la mejor estrategia para que una especie de murciélago produzca descendencia? Para los animales limitados por los climas rigurosos de zonas templadas, esto puede resultar de solamente un esfuerzo para incrementar la población, cuando hay mayor disponibilidad de alimento. Por otro lado, para las especies tropicales, puede ser posible producir dos camadas durante el período favorable de abundancia de alimento, el cual es amplio en zonas tropicales.

Muchos patrones reproductivos en áreas tropicales están sincronizados con la estación lluviosa. Por ejemplo, se ha reportado que la época de lluvias del área de estudio corresponde de mayo a septiembre (Puig y Bracho, 1987; Figura 6), donde se aprecia que los datos climáticos -lapso de lluvias, etc.- para ambos sitios (Gómez Farías y Rancho "El Cielo"), concuerdan con las evidencias de reproducción en algunas especies de murciélagos del área de estudio (Figura 14). Se cuenta con información para señalar que de mayo a junio corresponde el período de nacimiento de las crías de *A. geoffroyi* y *P. mexicanus*; mientras que en otras seis especies, por su presencia irregular en sus respectivos refugios, no permitió establecer dicho período. En este último caso, sólo podemos indicar que de abril a septiembre se registraron hembras preñadas (*A. lituratus* en mayo, *D. azteca* en abril y *P. subflavus* en agosto), hembras

con crías (*M. megalotis* en julio, *G. soricina* en julio y agosto, *A. intermedius* en mayo y *A. lituratus* en agosto) y hembras lactando (*G. soricina* en julio; Figura 14). Sin embargo, el patrón reproductivo de las especies de vampiros fue distinto al de las especies anteriores; en *D. rotundus* se observó hembras preñadas de diciembre a mayo, lactando de mayo a agosto, con cría de mayo a julio, juveniles en diciembre, marzo y de mayo a agosto; y en *D. ecaudata* se notó hembras preñadas en enero, con crías de febrero a abril, lactando en febrero y juveniles en abril. Esta estrategia reproductiva, poliestral, de las especies de murciélagos vampiros, puede deberse a que ellos obtienen constantemente alimento en los alrededores de sus refugios (El Ojo de Agua y El Resumidero), ya que los poblados no están distantes de estos sitios, y allí encuentran ganado disponible.

Al relacionar los datos de la fase de nacimientos o presencia de crías de murciélagos de nuestro estudio (a excepción de los vampiros) con las condiciones microambientales de las cuevas, se determinó que los refugios fueron calientes húmedos durante el lapso de lluvias del área de estudio. En términos fisiológicos y ecológicos, esto reflejaría las condiciones más favorables para el desarrollo de las crías. En otras palabras, en condiciones cálido - húmedas el gasto de energía es menor que en cualesquiera otras y la disponibilidad del alimento durante el período de lluvias facilita el desarrollo y cuidado de las crías.

2) Las cuevas La Capilla y Charco de la Perra fueron ocupadas de octubre de 1991 a septiembre de 1992 por murciélagos de las especies *P. subflavus* y *P. mexicanus*, los cuales se observaron en letargo (**torpor diario**) durante cada visita realizada a las cuevas.

3) La mayoría de las especies ocuparon las cuevas como **refugio ocasional**: *P. parnellii*, *A. jamaicensis* y *A. intermedius* en El Ojo de Agua; *M. megalotis*, *A. intermedius* y *A. lituratus* en Don Mónico (fría seca); *G. soricina* y *D. ecaudata* en El Resumidero; *D. azteca* y *M. keaysi* en el Cañón del Diablo (fría seca) y La Salamandra (fría húmeda); *M. velifer* y *M. auriculus* en La Capilla.

<i>Micronycteris megalotis</i>										C		
<i>Glossophaga soricina</i>										C L	C	
<i>Anoura geoffroyi</i>						P	P	P C L	C L	L		
<i>Artibeus intermedius</i>								C				
<i>Artibeus lituratus</i>						P					C	
<i>Dermanura azteca</i>							P					
<i>Desmodus rotundus</i>			C	P		C		P C L	C L	C		L
<i>Diphylla ecaudata</i>				P	C L	C	C					
<i>Pipistrellus subflavus</i>											P	
<i>Plecotus mexicanus</i>						P	P	C	C L			
	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S
	Meses											

Figura 14. Fases reproductivas observadas en 10 especies de murciélagos, durante octubre de 1991 a septiembre de 1992, en Gómez Farías, Tamaulipas. La barra obscura indica el período de lluvia del área de estudio. P= preñadas, C= con crías, L= lactando.

RESUMEN. Se determinó que 16 especies de murciélagos utilizaron ocho cuevas como refugio. La presencia de estas especies se estudió de tres maneras. Primero, por estrato altitudinal se encontró que no hay similitud faunística entre ellos. Segundo, entre cuevas de un mismo estrato altitudinal se halló que las especies comparten sus refugios. Y tercero, la distribución de los murciélagos en el interior de las cuevas indicó no traslapamiento espacial entre las especies.

El análisis de similitud faunística mostró que la quiropteroфаuna se divide en cuatro grupos: la del estrato altitudinal inferior, la del estrato altitudinal medio, en la interfase del estrato altitudinal medio al superior y estrato altitudinal superior.

Los patrones de presencia de los murciélagos durante el período de estudio fueron: continuo y sedentarias (3 especies), discontinuo estacional con un grado medio de sedentarismo (9) y discontinuo ocasional o especies "nómadas" (11).

Por otro lado, se encontró que una especie ocupa diferentes sitios dentro de una cueva, aun cuando las secciones a la que pertenecen sean caracterizadas de distinta manera. Esto señala que cada especie de murciélago selecciona de manera diferente los sitios a ocupar y sugiere que cada cueva ofrece variabilidad de condiciones con lo cual cada especie de quirópteros se comporta de manera distinta.

Los murciélagos ocuparon las cuevas para formar colonias de maternidad y como refugio permanente y ocasional. *Pipistrellus subflavus* y *P. mexicanus* fueron observadas en torpor en cada visita a sus respectivos refugios durante todo el período de estudio; en tanto que la fase reproductiva de la mayoría de las especies fue de abril a septiembre, con excepción de las especies de vampiros, que presentaron varios períodos reproductivos al año.

4. CLASIFICACION DE LAS ESPECIES DE MURCIELAGOS, SUS ABUNDANCIAS, EN RELACION CON LA SELECCION DEL REFUGIO.

La influencia del ambiente físico y de los hábitos de alimentación sobre el límite de la distribución geográfica de los murciélagos pueden ser considerados para hacer una clasificación de las especies de acuerdo a sus afinidades, templadas o tropicales (McNab, 1982).

Se sabe que varias familias de murciélagos tienen especies que son capaces de hibernar (facultad de un organismo de disminuir su temperatura corporal, la tasa metabólica y gasto cardíaco, entre otras actividades, en respuesta a temperaturas bajas durante un período largo; Hainsworth, 1981) y de hacer uso de la heterotermia (diferencias locales o coordinadas en la regulación de la temperatura en un organismo. Un animal heterotermo no tiene la temperatura igual en todas las partes de su cuerpo -heterotermia regional- y durante todo el tiempo -heterotermia temporal; Hainsworth, 1981), esto se ha documentado en seis familias: Rhinopomatidae, Rhinolophidae, Hipposideridae, Vespertilionidae, Mystacinidae y Molossidae. Los miembros hibernantes de esas familias están restringidos a las zonas templadas y a los límites más norteños de las regiones tropicales del mundo (Hill y Smith, 1984). El torpor diario es otro concepto relacionado con el efecto de la temperatura ambiental baja en los procesos fisiológicos de algunos murciélagos templados e insectívoros tropicales; a diferencia de la hibernación, y como su nombre lo indica, este estado fisiológico se da diariamente (Hainsworth, 1981; Hill y Smith, 1984).

Por otro lado, en referencia a los murciélagos que habitan en los trópicos -no hibernantes-, hay un número igual de familias a las citadas anteriormente (Emballonuridae, Mormoopidae, Phyllostomidae, Natalidae, Furipteridae y Thyropteridae; Eisenberg, 1989). Este mismo autor señala que miembros de tres familias de quirópteros (Emballonuridae,

Vespertilionidae y Molossidae) son de distribución amplia, de los cuales los vespertiliónidos son comunes en zonas templadas del norte. Estos últimos tienen la capacidad de hibernar durante el período invernal y también se les encuentra en los trópicos.

Es importante señalar que en esta investigación no se cuenta con suficiente información para determinar si algunos de los murciélagos del área de estudio hibernan en sentido estricto, pero sí se tiene evidencia de algunos quirópteros que fueron observados en letargo (**torpor**) en diferentes refugios (Charco de la Perra, La Capilla, Cañón del Diablo y La Salamandra). De esta manera, y por lo señalado por diferentes autores, en posteriores comentarios se referirá como **especies hibernantes** a aquellos murciélagos en torpor y de afinidad templada, y como **especies no hibernantes** a aquellas que siempre mostraron individuos activos y de afinidad tropical.

Basándose en lo anterior y en la caracterización climática del área de estudio, en particular de cada estrato altitudinal donde convergen dos zonas climáticas, la templada y la tropical (García, 1988), y además con énfasis en la figura 9, se tiene que:

- 1) El EAM (sitio operativo Rancho "El Cielo") presenta una vegetación circundante de bosque mesófilo de montaña, existiendo allí una mezcla de especies de murciélagos con afinidades neotropical y boreal;
- 2) El EAS (sitio operativo El Porvenir) presenta un clima templado con un bosque de pino-encino, las especies de murciélagos en torpor (**especies hibernantes**) registradas en este EA corresponden a miembros de la familia vespertilionidae (*M. keaysi*, *P. subflavus*, *P. mexicanus*, *M. velifer* y *M. Auriculus*); notándose las tres primeras especies en torpor y sobre las dos últimas, debido a que se hallaban en sitios altos en el momento de las visitas a sus recintos, no

se pudo observar si estaban en este estado fisiológico. Cabe hacer notar que *M. keaysi* presenta una distribución neotropical (Eisenberg, 1989), cuyo límite de distribución más norteña corresponde al área de estudio (Hall, 1981). Por otra parte, se desconoce el comportamiento y los procesos fisiológicos que esta especie realiza en áreas templadas para sobrevivir.

3) El EAI (sitio operativo del poblado de Gómez Farías) presenta condiciones tropicales, clima cálido y bosques tropicales. Aquí se encontraron miembros de otras tres familias con murciélagos activos: Mormoopidae con una especie, Phyllostomidae con nueve y Natalidae con una especie. Esas especies de murciélagos son citadas como neotropicales por Eisenberg (1989) y Emmons (1990).

Con base en lo citado por McNab (1982), Hill y Smith (1984), Emmons (1990) y en observaciones personales, las especies de quirópteros vespertiliónidos son murciélagos hibernantes más bien relacionados con zonas templadas y los taxa restantes son murciélagos no hibernantes con afinidad hacia las zonas tropicales.

En lo que se refiere a la estimación poblacional de murciélagos cavernícolas en cada uno de los EA, se encontró que la abundancia de las especies de murciélagos varió de cueva a cueva - abundancia total por cueva- y mensualmente - abundancia relativa-(Cuadro 9; apéndice I j, k, l). Sólo en una cueva (Harrison) del EAM no presentó quirópteros. Este hallazgo se puede atribuir a dos aspectos: (a) la cueva, con base en sus condiciones de temperatura y humedad fue caracterizada como caliente seca, situación que sobre la base de la información disponible previamente se estimó poco hospitalaria para ambos tipos fisiológicos de murciélagos, y (b) aunque no se cuenta con datos suficientes sobre las visitas realizadas a esta cueva por humanos, con la información obtenida se estimó que fue una de las cuevas más

visitadas, siendo éste un factor que influye en los murciélagos y puede causar que éstos no permanezcan en la cueva.

Traslapando los datos mensuales de abundancia de murciélagos por cuevas (Cuadro 9) en la figura 10, que señala las condiciones microambientales (apéndice I: j, k y l), se observa que no existe un patrón definido. Solamente en tres cuevas se distingue un incremento de la población de murciélagos cuando la condición ambiental de las cavidades tiende a la categoría caliente húmeda (La Capilla, La Mina y El Ojo de Agua). En la cueva La Mina, la relación anterior no es clara, ya que en los cinco meses en los cuales los murciélagos (*A. geoffroyi*) ocuparon la cueva, el descenso poblacional se debió probablemente a nuestra presencia durante estos meses -a pesar de nuestra intención de no perturbar significativamente- más que a cambios de temperatura y humedad. El aumento poblacional de los quirópteros en las dos primeras cuevas coincide con la época de reproducción de algunas especies, formándose colonias de crianza (*D. rotundus* y *D. ecaudata* en la cueva El Ojo de Agua, y *P. mexicanus* en La Capilla).

Las cuevas Charco de la Perra y El Resumidero presentan una relación inversa a las tres cuevas mencionadas en el párrafo anterior. Tal como se distingue en las figuras del apéndice I (j, k y l) durante los meses fríos variando en humedad, la cantidad de murciélagos es mayor que en los meses calientes húmedos. Para el caso de las cuevas Cañón del Diablo, La Salamandra y Don Mónico, es difícil explicar la relación entre el número de quirópteros y las condiciones microambientales, particularmente en la primera cavidad donde la presencia de los murciélagos ocurrió en dos meses caracterizados como fríos secos. En las dos cuevas restantes, de los 12 meses de estudio, en siete se registraron murciélagos; durante este lapso las

condiciones microambientales en cada una no fueron estables. En la cueva La Salamandra no hay una relación demostrable entre la presencia de murciélagos y las condiciones microambientales a pesar del aumento de la población de quirópteros en los meses calificados como calientes y con humedad variable, es decir, los murciélagos no están presentes en tres meses cuando el ambiente es caliente. Situación similar ocurre en la cueva Don Mónico, sólo que en ésta se registró un período marcado de la condición caliente húmeda.

Se puede atribuir el que en aquellas cuevas donde las condiciones microambientales no son definidas por la influencia directa de las condiciones del medio externo al medio cavernícola, ocasionando, quizás, que los murciélagos cambien de sitios de manera temporal. A pesar de que esta interacción ambiental ofrece sitios con condiciones diferentes, que pueden ser ocupadas por distintas especies de murciélagos, durante el estudio no se comprobó ésto; ya que las especies de quirópteros registradas particularmente en las cuevas del EAM y del EAI, fueron las mismas que se observaron en los seis primeros meses hasta finalizar esta investigación (v. gr. *D. azteca* y *M. keaysi* para la cueva La Salamandra y *M. megalotis* en Don Mónico).

En otro enfoque complementario, las cuevas estudiadas y las especies de murciélagos determinados en el área de estudio, se clasificaron de acuerdo con los criterios de Arita (1993a), que se basan en la riqueza de especies, abundancia e incidencia de murciélagos. De ello se obtiene:

- 1) todas las cuevas corresponden a refugios con poblaciones multiespecíficas de murciélagos y de baja abundancia; y

2) de acuerdo con su categoría de incidencia y abundancia: *P. parnellii*, *G. soricina*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. rotundus*, *D. ecaudata*, *N. stramineus* y *M. keaysi* son especies integracionistas con baja abundancia; en tanto *M. megalotis*, *A. jamaicensis*, *M. velifer* y *P. subflavus* son especies indiferentes con baja abundancia; y por último, *A. geoffroyi*, *D. azteca* y *P. mexicanus* son especies segregacionistas con baja abundancia. Además, solamente en *N. stramineus* y *P. mexicanus* correspondieron a otra categoría de abundancia, mediana, de las propuestas por Arita (1993a). Tomando en cuenta sólo la incidencia de las especies de quirópteros, se encontró que las cuevas con mayor riqueza de especies, El Ojo de Agua y El Resumidero, presentaron especies integracionistas e indiferentes; La Capilla mostró murciélagos de las tres categorías de incidencia, pero, por lo general, estuvieron presentes al mismo tiempo dos especies con diferentes categorías, *P. subflavus* que es una especie indiferente y *P. mexicanus* que tiende a ser una especie segregacionista, estas especies también se presentaron en la cueva Charco de la Perra; y, por último, la cueva La Mina solamente presentó una especie de quiróptero, de índole segregacionista, *A. geoffroyi*.

Los datos de abundancia de las especies de murciélagos cavernícolas (que forman parte de una comunidad, a través de un gradiente altitudinal) en la Reserva de la Biosfera "El Cielo" (Cuadro 9), fueron analizados por categorías de abundancia empleando la escala logarítmica de base dos para detectar las especies raras y las comunes. Previo al análisis es de gran utilidad mencionar, que la abundancia por especie se obtuvo, bajo la consideración que los murciélagos de cada cueva son individuos distintos, sumando los quirópteros de las cuevas donde se presentó dicha especie. Los resultados de este examen se resumen en la figura 15. Estos datos no aportan suficiente información para responder de manera precisa las implicaciones

ecológicas de la riqueza de especies, de la abundancia y de la distribución de los murciélagos en la comunidad estudiada. Sin embargo, de ellas se aprecia que en el área de estudio hay pocas especies raras (< 6 individuos) como *D. azteca*, *M. keaysi*, *M. velifer*, *M. auriculus* y *P. subflavus*. Por el otro extremo, se denota más especies con abundancia media a comunes (entre ocho a 112 murciélagos), de las cuales tres sobresalen (*A. geoffroyi*, *N. stramineus* y *P. mexicanus*).

Otro comentario importante de citar, es referente a los hábitos alimenticios de las especies (nectarívoras, frugívoras, hematófagas e insectívoras) registradas en las cuevas estudiadas. El alimento, así como el espacio, no constituye un problema de competencia interespecífica. Si en posteriores investigaciones se incrementa el tamaño de la muestra (más cuevas) se podría obtener suficientes elementos para analizar la abundancia de los quirópteros y poder determinar planes de manejo y conservación de los mismos, así como lo indican Arita *et al.* (1990).

Para comparar la abundancia y la riqueza de especies de murciélagos entre las cuevas estudiadas, se graficaron las categorías logarítmicas de abundancia contra el número de especies (Figura 16). Para ello se consideraron las cuevas que presentaron murciélagos durante el período de estudio (Cuadro 9). A continuación se mencionan cada una de esas cuevas, seguida por la riqueza de especies de quirópteros observados en ellas y por la categoría de abundancia de quirópteros, en general, que le corresponde:

- a) Charco de la perra, dos y tres;
- b) La Capilla, cuatro y siete;

- c) La Mina, una y siete, cabe hacer notar que esa especie sólo ocupó la cueva durante cinco meses;
- d) Cañón del Diablo, dos y tres;
- e) La Salamandra, dos y tres;
- f) El Resumidero, cinco y seis;
- g) Don Mónico, tres, y cinco; y
- h) El Ojo de Agua, nueve y siete

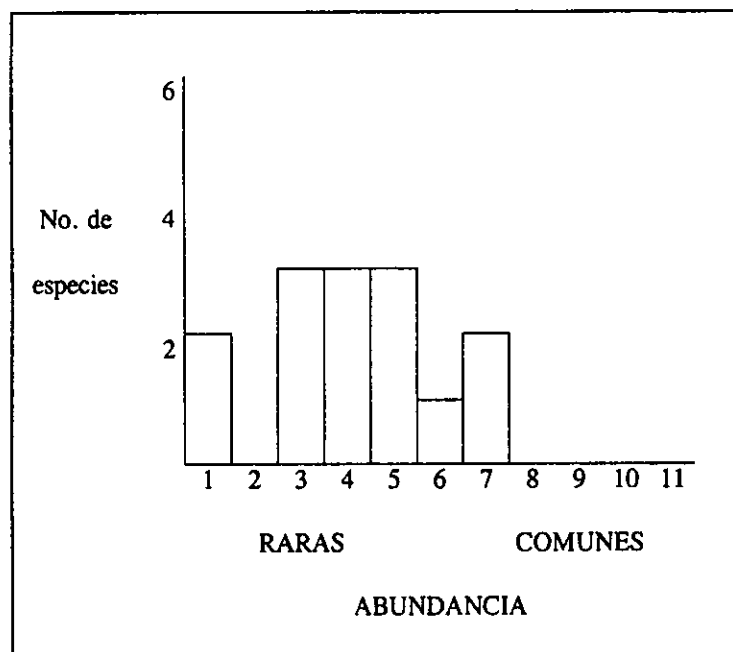


Figura 15. Abundancia de 16 especies de murciélagos cavernícolas empleando la escala logarítmica de base dos.

Diversos autores, entre ellos Margalef (1986) y Magurran (1988), han citado que el número de especies y la abundancia de organismos en un hábitat, tiende a ser inversamente proporcional. Para el caso de este estudio, con los datos que se obtuvieron no se obtuvo esta condición (Figura 16). En esta figura se aprecia que no hay una correlación aparente entre el número de especies y la abundancia de murciélagos.

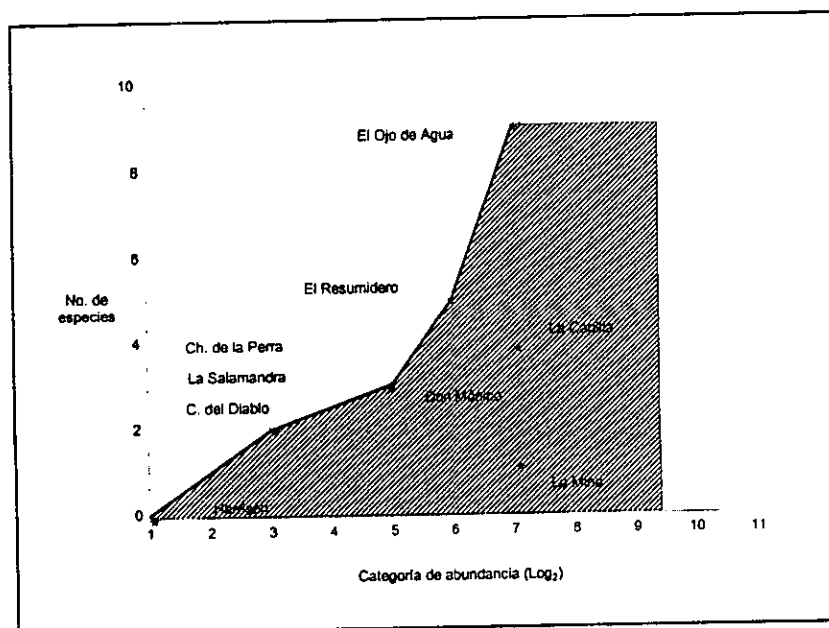


Figura 16. Comparación de la abundancia y la riqueza de especies de murciélagos cavernícolas en Gómez Farías, Tamaulipas.

Si analizamos la distribución de las especies de quirópteros, según el tipo fisiológico de murciélago, sobre el gradiente altitudinal (Figura 5), se denota una ligera separación entre ambos tipos de murciélagos. Dicho en otros términos, tiende a haber una segregación de las especies de quirópteros no hibernantes (especies del EAI) e hibernantes (especies del EAS), de

acuerdo a la ubicación de sus respectivos refugios, de menor a mayor altitud. En la parte media del gradiente altitudinal, esta tendencia no es clara, pues hay mezcla de especies no hibernantes e hibernantes; las cuevas del EAM, donde se registraron ambos tipos fisiológicos de quirópteros, se localizan por abajo de una cueva (La Mina) del EAS que presentó una especie de murciélago no hibernante.

Por otro lado, también es importante señalar sobre las condiciones microambientales que prevalecieron en las cuevas, la humedad relativa no presentó mayores variaciones en comparación con la temperatura ambiental (Figura 7). En esta figura, se denotan dos grupos de cuevas, basándose solamente en la temperatura: uno corresponde a cuevas con temperaturas entre 18 y 23°C (cuevas del EAI) y el otro a cavidades con temperaturas menores entre 11 y 16°C (cuevas del EAM y EAS). Relacionando la información de este párrafo con la figura 16, las cuevas con temperaturas mayores, El Resumidero y El Ojo de Agua con temperaturas promedios de 18.93 y 21.16°C, respectivamente, presentan poblaciones mayores de murciélagos, pero no altas como en las cuevas La Mina ($\bar{x}=15.08^{\circ}\text{C}$) y La Capilla ($\bar{x}=12.52^{\circ}\text{C}$). En cuanto a la riqueza de especies de quirópteros de las cuevas anteriores, las primeras presentan más especies, 5 y 9, que las segundas, 1 y 4, respectivamente. Las cuevas restantes, Don Mónico ($\bar{x}=18.93^{\circ}\text{C}$), La Salamandra ($\bar{x}=15.16^{\circ}\text{C}$), Cañón del Diablo ($\bar{x}=14.93^{\circ}\text{C}$) y Charco de la Perra ($\bar{x}=12.9^{\circ}\text{C}$), son refugios con menor riqueza de especies y abundancia de quirópteros.

Resumiendo esta información, se puede decir que las cuevas unidas por la línea continua de la figura 16, representan un gradiente de la abundancia y riqueza de especies de murciélagos; asimismo, están en correspondencia directa con la temperatura (figura 7) y

parecen constituir un límite, en este caso, para indicar que las cuevas ubicadas por abajo de la línea (área aschurada) son sitios fríos con menor riqueza de especies y de abundancia variada. Sin embargo, no se debe olvidar que el aumentar el tamaño de la muestra, proporcionaría mayores y mejores elementos con los cuales se pudieran hacer consideraciones más precisas al respecto.

5. TEMPERATURAS Y HUMEDADES PREFERIDAS POR LOS MURCIELAGOS.

Los organismos seleccionan sitios con condiciones favorables que les permitan permanecer en equilibrio con el medio ambiente en términos fisiológicos, ecológicos y de crecimiento, entre otros, (Kunz, 1982). Las especies de quirópteros que habitan las regiones tropicales y subtropicales, están adaptadas a ambientes más estables y generalmente con temperaturas cálidas y con disponibilidad del alimento (insectos, frutas y flores) durante casi todo el año. En tanto, que las especies de regiones templadas, donde el recurso alimenticio está restringido a una época del año, y donde se enfrentan a inviernos fríos, presentan una respuesta adaptativa (la hibernación; Hill y Smith, 1984). Una aseveración más específica sobre las condiciones microambientales de las cuevas la hace Brosset (1966) de la siguiente manera: "*en regiones tropicales los ambientes cavernícolas son más estables, y ellos son más frecuentemente habitados que en regiones templadas*".

Basándose en lo anterior, en este punto temático se espera demostrar la preferencia de un microambiente cavernícola, caracterizado bajo las condiciones del esquema teórico (Figura 3), que las especies de quirópteros realizan en un gradiente altitudinal.

Los intervalos de humedad seleccionados por diferentes especies de murciélagos cavernícolas en este estudio (Figura 17), son similares a los reportados por la literatura (Cuadro 2). Existiendo una diferencia porcentual, con respecto al límite superior del intervalo, de un 0.3 y 0.5 para *M. keaysi* y *A. jamaicensis*, respectivamente; y de uno a tres por ciento para *M. megalotis*, *A. geoffroyi*, *A. lituratus*, *D. rotundus*, *D. ecaudata* y *P. mexicanus*. Caso contrario, refiriendo al valor menor del intervalo para una especie en Tamaulipas (*G. soricina*), difiere en un 19% con lo reportado por McNab (1969), pero aún queda incluido en dicho intervalo (Cuadro 2). Esto puede significar que *G. soricina* tiene la capacidad de ocupar diversos sitios con microambientes de secos a húmedos. Realizando una comparación general de las humedades seleccionadas por las especies de murciélagos, se encontró que aparentemente la humedad no difiere ampliamente entre una especie a otra, así como entre cuevas. Los porcentajes de humedad elegidos por la mayoría de las especies son altos (> 84%). En tres especies (*A. lituratus*, *D. rotundus* y *P. mexicanus*) el valor inferior de sus respectivos intervalos disminuyó, pero no bajó del 73% (Figura 17).

Las temperaturas registradas en las cuevas estudiadas en esta parte de Tamaulipas (Figura 17), mismas que fueron seleccionadas por las distintas especies de murciélagos, si presentaron diferencias con respecto a las citadas en la literatura (Cuadro 2). Así, se registró que: 1) para siete especies, *P. parnellii*, *M. megalotis*, *G. soricina*, *A. geoffroyi*, *A. jamaicensis*, *N. stramineus* y *M. keaysi*, los valores de la temperatura fueron menores a los citados en la literatura; y 2) para seis especies, *A. lituratus*, *D. rotundus*, *D. ecaudata*, *M. velifer*, *P. subflavus* y *P. mexicanus*, los intervalos de temperatura examinados quedan comprendidos en los ya mencionados. Examinando las temperaturas preferidas por los

murciélagos cavernícolas de este estudio, se denota diferencias marcadas. Estas diferencias apoyan a párrafos anteriores sobre la conformación de grupos quiropterofaunísticos que se basaron en la altitud y tipos fisiológicos de murciélagos. Un primer grupo (EAS) eligió temperaturas entre 10 y 14°C, el segundo (EAM) prefirió temperaturas que van de los 11 a los 18°C y el tercero (EAI) seleccionó temperaturas de 18 a 25°C. Del último gremio, *A. lituratus* y *D. rotundus* ampliaron los límites inferiores de sus intervalos de temperatura, por lo que hay una tendencia de estas especies a ocupar refugios del EAM. En muestreos paralelos y posteriores a esta investigación, se emplearon redes de niebla en el EAM y se registró la presencia de *D. rotundus* y *D. ecaudata*; además, otras cavidades con *D. rotundus* fueron localizadas fuera del gradiente altitudinal estudiado, pero no contamos con registros de temperatura y humedad. Con la experiencia de este estudio, suponemos que las condiciones microambientales de esas cavidades son similares a las cuevas del EAM aquí estudiadas.

Con el análisis de varianza de una vía por rangos de Kruskal-Wallis (Siegel, 1990), aplicado a las temperaturas de las cuevas entre los estratos altitudinales, se encontró que la probabilidad asociada a $H_c = 7.1907$ es menor (0.01) a la fijada en un principio (0.05), de modo que H_0 es rechazada. Las cuevas difieren en temperatura entre los estratos altitudinales. Para el caso de las humedades, con el mismo procedimiento anterior, resultó una decisión contraria. Dado que la probabilidad asociada a $H_c = 0.2590$ es mayor de 0.01, el valor crítico que le corresponde es menor a lo reportado en las tablas de distribución de Kruskal-Wallis (Siegel, 1990). Se concluye que H_0 no se rechaza con un $\alpha=0.05$. Esto es, las cuevas no difieren significativamente en humedad entre los estratos altitudinales. Es importante

mencionar, que las cuevas incluidas en cada estrato altitudinal, independientemente de sus tamaños, corresponden a replicas de las unidades experimentales.

* Análisis de varianza de la temperatura por estrato altitudinal:

H_0 : Las cuevas no difieren en condiciones de temperatura entre los estratos altitudinales.

H_1 : Las cuevas difieren en condiciones de temperatura entre los estratos altitudinales.

Temperaturas promedios de nueve cuevas muestreadas en tres estratos altitudinales, de octubre 1991 a septiembre 1992, en de Gómez, Farías, Tamaulipas.

INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR
18.94(8)	14.98(4)	12.52(1)
21.46(9)	15.16(5)	12.96(2)
18.93(7)	16.57(6)	14.96(3)
$R_j = 24$	15	6

$$k < 5 \quad H_t(0.05, 3, 3, 3) = 5.6(0.01)$$

$$H_c = \frac{12}{9(9+1)} \left(\frac{24^2 + 15^2 + 6^2}{3} \right) - 3(9+1) = 0.1333 - 30 = 7.1907$$

* Análisis de varianza de la humedad por estrato altitudinal:

H_0 : Las cuevas no son diferentes en condiciones de humedad entre los estratos altitudinales.

H_1 : Las cuevas son diferentes en condiciones de humedad entre los estratos altitudinales.

Humedades relativas promedios de nueve cuevas muestreadas en tres estratos altitudinales, de octubre 1991 a septiembre 1992, en Gómez, Farías, Tamaulipas.

INFERIOR	MEDIO	SUPERIOR
91.11(3)	92.33(4)	92.95(6)
93.82(8)	93.49(7)	88.56(1)
89.74(2)	92.88(5)	93.92(9)
$R_j = 13$	16	16

$$k < 5 \quad H_t(0.05, 3, 3, 3) = 5.6(0.01)$$

$$H_c = \frac{12}{9(9+1)} \left(\frac{13^2 + 16^2 + 16^2}{3} \right) - 3(9+1) = 0.1333(227) - 30 = 0.2590$$

Recapitulando la variación de las variables abióticas, se resalta que posiblemente la temperatura juega un papel más importante, a comparación de la humedad, en la selección del sitio por parte de los murciélagos. La variación de la temperatura entre las cuevas puede deberse principalmente por efecto de la altitud.

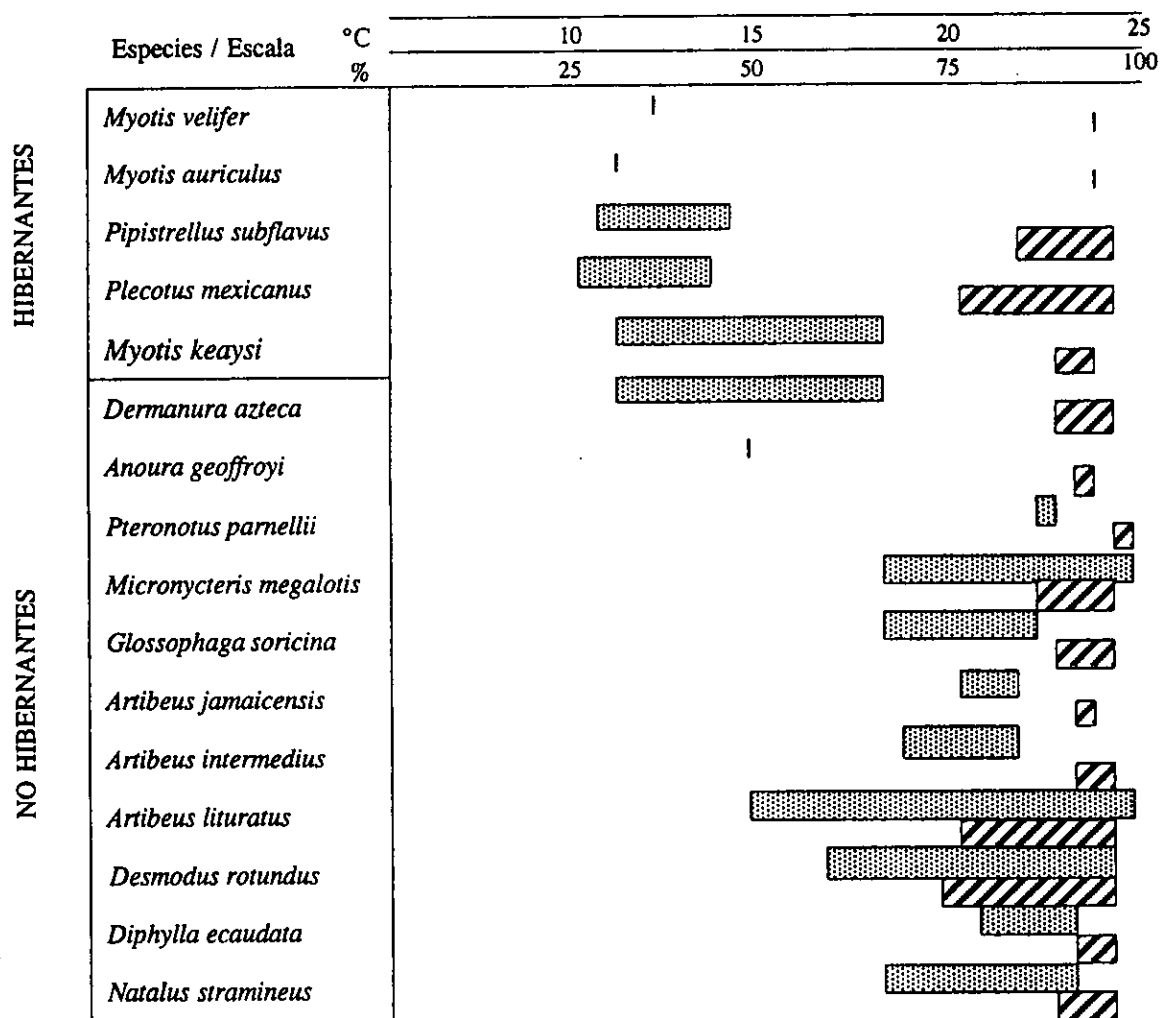


Figura 17. Preferencia de las temperaturas (rectángulos sombreados) y humedades (rectángulos con líneas diagonales) registradas en los refugios de 16 especies de murciélagos cavernícolas.

Para estar en condición de apoyar las predicciones planteadas anteriormente sobre la ocupación y selección del refugio (punto temático IV), principal tema de interés de este estudio, es necesario intentar demostrar la selección de los diferentes microambientes por parte de los tipos fisiológicos de quirópteros y por cada una de las especies. En este examen se empleó la abundancia promedio de murciélagos estimada en cada uno de los refugios utilizados por ellos y caracterizados microambientalmente de una forma (fríos húmedos, calientes húmedos, fríos secos o calientes secos), con los cuales se generó las figuras 18 y 19.

Se encontró que la preferencia de los ambientes calientes húmedos es bien marcada por los murciélagos no hibernantes. En tanto que los microambientes fríos húmedos fueron elegidos por ambos tipos fisiológicos de quirópteros. Debemos tener claro que estos microambientes se localizan en zonas cercanas donde convergen dos climas, los templados y los cálidos. Por último, los entornos calientes secos no fueron seleccionados por los murciélagos. Lo brevemente expuesto, nos indica la afinidad de cada tipo fisiológico de quirópteros por un microambiente particular en la Reserva de la Biosfera "El Cielo" en Tamaulipas. Así, los pronósticos señalados con anterioridad se cumplen de manera general. Sólo en un caso, en los ambientes fríos húmedos, se presentó una variante por la presencia de una especie no hibernante (*D. azteca*).

La cueva Harrison no fue ocupada por murciélagos. Al caracterizar, por tipos de ambientes cavernícolas, los grupos de cuevas por estratos altitudinales, la cueva Harrison fue catalogada como caliente seca. Con base en las predicciones, este ambiente resultaría poco hospitalario para el establecimiento de ambos "tipos fisiológicos" de quirópteros. Esto se podría atribuir a que a temperaturas altas se aceleran algunas reacciones fisiológicas, entre ellas, se

produce una mayor evaporación del agua, se incrementa el índice metabólico y, en casos extremos, ocurre desnaturalización de las proteínas. La conducta que probablemente presentan los murciélagos en los refugios con estos ambientes, es permanecer el mínimo tiempo ahí.

Del análisis de la preferencia por un tipo de ambiente cavernícola en particular, por parte de cada una de las especies de murciélagos en el área de estudio (Figura 19), se deduce que:

- 1) Se cuenta con poca información en cuatro especies de murciélagos (*M. velifer*, *M. auriculus*, *G. soricina* y *A. intermedius*), es decir, estuvieron poco representadas en los refugios que ocuparon, cada una con sólo un individuo durante el período de estudio. Con estos datos no se podría hacer alguna inferencia fuerte sobre la preferencia de un ambiente, por lo cual se consideran sólo como especies ocasionales.
- 2) Los refugios con temperaturas cálidas fueron ocupados por especies tropicales como *P. parnellii*, *M. megalotis*, *G. soricina*, *A. geoffroyi*, *A. jamaicensis*, *A. lituratus*, *D. rotundus*, *D. ecaudata* y *N. stramineus*. Estos sitios se caracterizaron como calientes húmedos y en ellos existe la mayor riqueza de especies de murciélagos tropicales.
- 3) Los albergues con temperaturas templadas fueron ocupados por quirópteros tropicales y templados. Aquellos sitios reconocidos como fríos húmedos, principalmente fueron ocupados por especies templadas (*M. keaysi*, *P. subflavus* y *P. mexicanus*). En tanto que los microambientes considerados como fríos secos fueron preferidos por ambos tipos de murciélagos (*M. megalotis*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. azteca*, *D. rotundus*, *D. ecaudata*, *N. stramineus*, *M. kaysi*, *P. subflavus* y *P. mexicanus*).

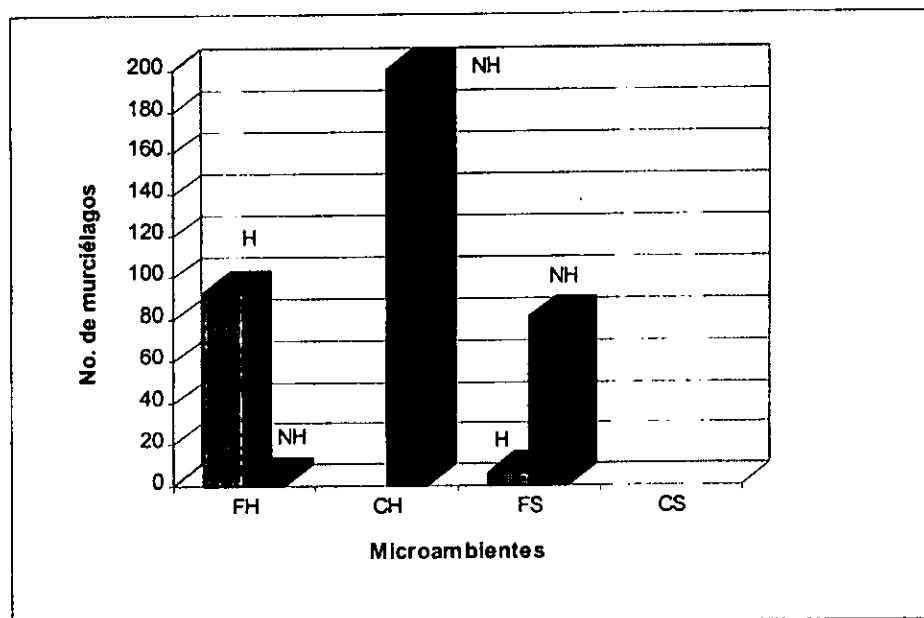


Figura 18. Selección de microambientes por tipos fisiológicos de murciélagos cavernícolas en Gómez Farías, Tamaulipas. Simbología: H: hibernantes, NH: no hibernantes, FH: frío húmedo, CH: caliente húmedo, FS: frío seco y CS: caliente seco.

Los refugios donde se observaron a *M. megalotis*, *A. intermedius* y *A. lituratus*, que se categorizaron como fríos secos, y *D. azteca* y *M. keaysi*, que se consideraron como fríos húmedos, fueron muy variables en sus condiciones microambientales. Esto último, probablemente, indica que estas especies soportan una variabilidad de condiciones microambientales, principalmente en regiones donde convergen dos climas, como es el caso de estudio, teniendo así una posibilidad de ampliar su distribución geográfica y desarrollar nuevas estrategias fisiológicas para sobrevivir en condiciones relativamente extremas a sus límites de tolerancias de la temperatura, humedad y alimento, entre otras. Por otro lado, los refugios fríos secos se localizan en una región tropical, mientras que los refugios fríos húmedos se ubican en una región templada. Esta aparente paradoja de los refugios "fríos" en los trópicos es un

resultado de la relatividad de conceptos al definir el centro virtual del esquema teórico para caracterizar los ambientes cavernícolas estudiados, en este caso de las cuevas que se localizan en la parte tropical del área de estudio. En cuanto a las especies de murciélagos de zonas templadas, éstas tienden a ocupar ambientes fríos húmedos, principalmente *P. mexicanus*, mientras que *P. subflavus* ocupó ambientes fríos diferenciando de húmedos a secos; por lo que se supone que la primera especie es más específica para un ambiente cavernícola que la segunda.

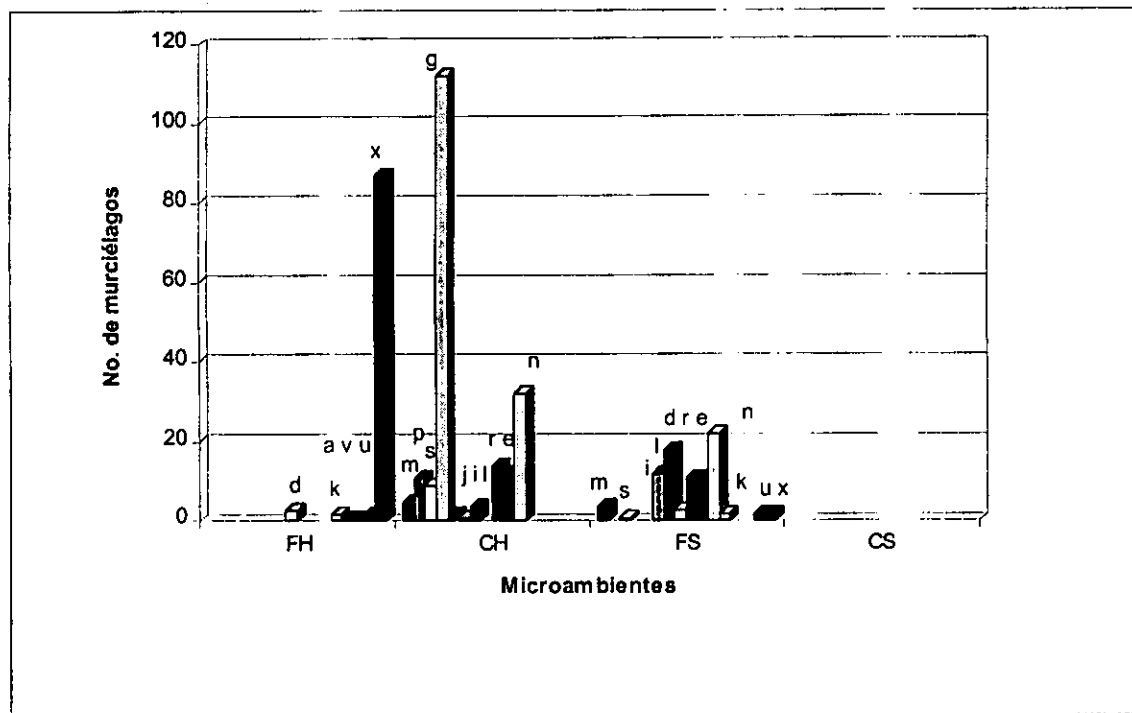


Figura 19. Selección de microambientes por 16 especies de murciélagos cavernícolas en Gómez Farías, Tamaulipas. Simbología: p=*P. parnellii*, m=*M. megalotis*, s=*G. soricina*, g=*A. geoffroyi*, j=*A. jamaicensis*, i=*A. intermedius*, l=*A. lituratus*, d=*D. azteca*, r=*D. rotundus*, e=*D. ecaudata*, n=*N. stramineus*, k=*M. keaysi*, a=*M. auriculus*, v=*M. velifer*, u=*P. subflavus* y x=*P. Mexicanus*, FH: frío húmedo, CH: caliente húmedo, FS: frío seco y CS: caliente seco.

En los ambientes fríos secos se encontró el mayor número de especies de quirópteros (11) a comparación de los calientes húmedos (10) y fríos húmedos (6); esta riqueza se debe a la mezcla de especies tropicales y templadas en el área de estudio. Por el lado contrario, la abundancia de ellas es mayor en los entornos calientes húmedos (Figura 19).

Las siguientes consideraciones fisiológicas, son de gran importancia en la selección del refugio por los murciélagos observados en las cuevas estudiadas. Estas cuevas, como ya se explicó en otro punto temático, se caracterizaron como frías húmedas, calientes húmedas, frías secas o calientes secas.

Schmidt-Nielsen (1975) propone algunos conceptos fisiológicos sobre los animales de talla corporal pequeña, los cuales presentan una mayor superficie corporal relativa, por lo cual el intercambio de agua del cuerpo con el medio ambiente se incrementa, en comparación con los animales de talla corporal grande; a su vez, la evaporación de una superficie libre de agua se incrementa con la temperatura y es más rápida en una atmósfera seca que bajo condiciones húmedas. Su presencia en ambientes fríos húmedos reduce la pérdida de agua, la cual aumentaría si la especie se presentara en ambientes calientes secos. Por otra parte, los primeros tienden a perder más calor y su índice metabólico aumenta conforme la temperatura disminuye. La reducción del índice metabólico de las especies animales que invernan es causada por la escasez del alimento. El efecto de esto último conlleva a que los organismos conserven energía que será utilizada en un momento dado y así mantener su temperatura interna constante. La mayoría de las especies de tamaño corporal pequeño son invernantes. Otras especies presentan torpor diario, quizás esto sucede porque la disponibilidad

del alimento es limitada en su alrededor. Este mecanismo fisiológico se da en animales que habitan en zonas templadas.

Las especies pequeñas que habitan en refugios caracterizados como fríos, reducen el costo metabólico para conservar energía y mantienen su temperatura corporal constante con el mínimo esfuerzo. En tanto las especies grandes que habitan en ambientes calientes, no necesitan producir calor, sino que tienen que eliminarlo por medio de la evaporación del agua; además, el metabolismo energético aumenta y ayuda al enfriamiento del cuerpo por evaporación.

Por las razones expuestas anteriormente, se piensa que:

- 1) Las especies de murciélagos de talla menor, entre 4 y 30g, como *P. parnellii*, *M. megalotis*, *G. soricina*, *A. geoffroyi*, *D. azteca*, *N. stramineus*, *M. keaysi*, *M. velifer*, *M. auriculus*, *P. subflavus* y *P. mexicanus*, observadas en las cuevas bajo estudio, estuvieron presentes en ambientes húmedos que variaron en temperatura, no olvidando que cada especie tiene una preferencia térmica; en tanto que, las especies de talla mayor, entre 23 y 86g, como *A. jamaicensis*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. rotundus* y *D. ecaudata*, ocuparon ambientes fríos y secos y también calientes húmedos.
- 2) Los murciélagos con menor masa corporal tendieron a elegir un intervalo amplio de temperatura ambiental (10 - 25°C), a diferencia de los quirópteros con mayor masa corporal que aparentemente prefirieron un intervalo de menor amplitud (14.3 - 25°C); por otra parte, el intervalo de la humedad relativa preferido por los murciélagos, tanto de menor peso corporal (76.5 - 96.3%), como de mayor peso corporal (73.5 - 96%), al parecer no fue amplio, pero se

puede considerar, por lo general, húmedo, de acuerdo con los parámetros convencionales definidos para este estudio.

La convivencia entre especies es otro factor que parece influir en la selección del refugio por murciélagos. Algunas especies de quirópteros (*D. azteca*, *A. geoffroyi* y *P. mexicanus*) comparten sus refugios con pocas especies, otras (*P. parnellii*, *G. soricina*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. ecaudata*, *N. stramineus* y *M. keaysi*) pueden convivir con una alta riqueza de especies y, por último, hay especies (*A. jamaicensis*, *D. rotundus*, *M. velifer* y *P. subflavus*) que pueden estar en los dos casos ya mencionados. Arita (1993a) denomina especies segregacionistas, especies integracionistas y especies indiferentes, respectivamente, a las tres situaciones de organización social previamente comentadas.

Los resultados obtenidos en este estudio, señalan que tanto los murciélagos hibernantes y no hibernantes como las especies muestran preferencia por ciertas condiciones del ambiente cavernícola o refugio en particular. Sin embargo, estos refugios son compartidos entre algunas especies de murciélagos, es decir, hay coexistencia (Figura 11). Esto se demostró con el uso del cociente de la varianza (VR; Ludwig y Reynolds, 1988), donde se prueba si hay o no asociación interespecífica. De ello se obtuvo que $VR (2.157) > 1$, lo que sugiere traslapamiento de especies, las especies de murciélagos están asociadas positivamente. En términos ecológicos puede significar que las especies no compiten por el refugio.

RESUMEN. Los quirópteros que hacen uso del torpor pertenecen a la familia Vespertilionidae (*M. keaysi*, *M. velifer*, *M. auriculos*, *P. subflavus* y *P. mexicanus*) y todos se localizaron del estrato altitudinal medio al superior; las restantes especies no hibernantes forman parte de tres familias: Mormoopidae (*P. parnellii*), Phyllostomidae (*M. megalotis*, *G. soricina*, *A. geoffroyi*, *A. jamaicensis*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. azteca*, *D. rotundus* y *D. ecaudata*) y Natalidae (*N. stramineus*) y se distribuyen del estrato inferior al medio.

Se determinó que todas las cuevas correspondieron a refugios con poblaciones multiespecíficas de murciélagos y de baja abundancia. De acuerdo a su categoría de incidencia y abundancia: *P. parnellii*, *G. soricina*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. rotundus*, *D. ecaudata*, *N. stramineus* y *M. keaysi* son especies integracionistas con baja abundancia; en tanto *M. megalotis*, *A. jamaicensis*, *M. velifer* y *P. subflavus* son especies indiferentes con baja abundancia; y por último, *A. geoffroyi*, *D. azteca* y *P. mexicanus* son especies segregacionistas con baja abundancia. Además de lo anterior, solamente en *N. stramineus* y *P. mexicanus* correspondieron a otra categoría de abundancia, mediana.

Se encontró que las cuevas representan un gradiente de la abundancia y riqueza de murciélagos, así como de microambientes, donde las cuevas con mayor abundancia y riqueza son calientes húmedas. Por otra parte, se halló que la temperatura juega un papel más importante en la selección del refugio.

Los murciélagos mostraron especificidad por algún ambiente cavernícola particular y la mayoría de las especies pueden coexistir con otras especies, con excepción de *A. geoffroyi* que habitó una cueva en ausencia de otras especies.

6. PERTURBACION DE LAS CUEVAS.

Los refugios son un recurso de gran valor para los organismos. Se ha comentado en párrafos anteriores la importancia de las cuevas para los murciélagos, principalmente como sitios para reproducirse y de descanso (donde cumplen diversos procesos fisiológicos como el de torpor diario). McCracken (1989) menciona que la perturbación humana en estos recintos puede ser extremadamente significativa, pudiendo ocasionar un descenso en la población de murciélagos, obligarlos a despertar imprevistamente del torpor diario provocando la muerte o el abandono del lugar.

La penetración desordenada de las personas en las cuevas, sobre todo con antorchas, el dejar basura dentro de ella, así como en la entrada y áreas cercanas a la misma, y el matar murciélagos, son hechos que fueron observados en las cuevas que conforman el estrato altitudinal inferior de este estudio. Por ello, evaluar el grado de perturbación de las poblaciones de murciélagos cavernícolas y sus hábitats es de suma importancia, de tal forma que permitan establecer propuestas y/o programas de conservación.

Con base en el total de registros de visitas a las cuevas, se obtuvo que dos cuevas no fueron visitadas (La Capilla y Charco de la Perra), una cueva fue poco visitada (La Mina) y cinco cuevas fueron visitadas (Cañón del Diablo, La Salamandra, Harrison, El Resumidero, El Ojo de agua y Don Mónico). Estas presentaron una riqueza de especies de murciélagos de una a nueve y fueron consideradas como refugios con poblaciones multiespecíficas y de baja abundancia (Arita, 1993a). Además, de acuerdo con las categorías de incidencia de este mismo autor, la mayoría de las especies resultaron ser integracionistas (punto temático 5) y no están catalogadas como vulnerables (que podrían encontrarse en peligro de extinción si se siguen

operando factores que ocasionen el deterioro o modificación del hábitat o que disminuyan sus poblaciones; SEMARNAP, 1995), a excepción del 12.5% de las especies, *Anoura geoffroyi* y *Plecotus mexicanus*, que resultaron ser frágiles y segregacionistas.

En la presente investigación se concuerda con Arita (1993a), en que hay poca correlación entre la riqueza de especies y la abundancia de quirópteros (Cuadro 9, Figura 16). Si bien es cierto que diversos planes de conservación están basados principalmente en la diversidad, en el caso de los murciélagos cavernícolas resultaría inadecuado considerar solamente este criterio. Arita (1996) menciona que una mejor estrategia debe estar enfocada en la conservación de las comunidades de murciélagos como un todo, donde la riqueza de especies y la abundancia poblacional total debe ser un mejor criterio que la presencia de especies bajo un interés. Basándose en estos criterios, la protección de los refugios de los quirópteros debe estar fundamentada en la combinación de ciertos atributos, además de los mencionados por Arita (1996), tales como especies vulnerables, en aspectos biológicos de las mismas, complejidad ecológica y continuidad evolutiva. Aunado a lo anterior, colateralmente se deben implementar programas sobre educación ambiental para la protección de las especies, independientemente de su estatus, ya que cada una de ellas cumple con una función ecológica trascendental. De esta última idea y por citar un ejemplo, está el Programa para la Conservación de Murciélagos Migratorios de México y Estados Unidos de América, para la protección de *Leptonycteris nivalis*, *Leptonycteris curasoae* y *Tadarida brasiliensis*, tarea que realizan de manera conjunta Bat Conservation International y la Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. De esta manera apoyamos la idea de Culver (1986), que la educación juega un papel importante en la conservación de las cuevas y de la fauna cavernícola.

No debemos olvidar que el sitio de estudio forma parte de un área protegida y, por lo tanto, las actividades a realizar en ella deben estar encaminadas a conservar sus ecosistemas, dando así una continuidad evolutiva a las especies que en él habitan (O. Sánchez Herrera, com. pers.). Un programa de educación ambiental sobre murciélagos en este lugar, donde se señale el beneficio que proporcionan al ecosistema, reduciría la actitud de destrucción de las personas sobre estos mamíferos y la de visitar sus refugios de manera desordenada. El aplicar un programa de este tipo al grupo de cuevas estudiadas, favorecería la continuidad evolutiva de las especies de murciélagos cavernícolas.

Por otra parte, carecemos de información sobre la disponibilidad de cuevas en la zona de estudio, lo cual resalta la importancia de éstas para los quirópteros en el área de estudio. Considerando la clasificación de los refugios como "rojos o verdes", McCracken (1989) reconoce que las "cuevas rojas" no deben ser visitadas por el humano durante un lapso del año o porque hay la presencia de especies vulnerables, en tanto que las "cuevas verdes" no son importantes para los murciélagos u otras especies amenazadas y pueden ser visitadas. Para nuestro caso, todas las cuevas pueden estar en la lista roja por las siguientes razones: aparentemente hay pocas cuevas disponibles, existen especies vulnerables (*A. geoffroyi* y *P. mexicanus*), por el uso que le dan los quirópteros (para reproducirse, de descanso, como refugio permanente o temporal) y por la aparente baja riqueza de especies (16). Sin embargo, de estas nueve cuevas que se estarían protegiendo, tres de ellas destacarían en el plan de conservación por los atributos ecológicos que presentan. Estas cuevas son:

- 1) El Ojo de Agua, por contar con una riqueza de especies mayor de murciélagos (9), se distingue de las restantes; además, es refugio permanente de dos especies, es refugio estacional de cuatro, refugio ocasional de tres, y es un sitio de reproducción.
- 2) La Capilla, es refugio permanente de una especie frágil (*Plecotus mexicanus*; Arita, 1993a) que entra en estado de letargo diariamente -torpor diario- y se reproduce en este lugar.
- 3) La Mina, fue ocupada solamente en un lapso no mayor de cinco meses por una especie frágil (*A. geoffroyi*; Arita, 1993a) para reproducirse. Sobre esta especie se carece de información sobre su comportamiento y vulnerabilidad a los cambios en su microambiente. Cabe señalar que se registró un descenso en el tamaño poblacional de *A. geoffroyi*, a pesar de nuestros esfuerzos de no alterar significativamente su ambiente cavernícola; hallazgo similar con esta especie fue observado en 1982 por O. Sánchez Herrera en una cueva (Pedro El Negro) en la Cd. de México, D. F. (com. pers.).

Resumiendo los párrafos anteriores, se distinguen cuatro atributos ecológicos a ser considerados en un programa local de conservación de cuevas: la riqueza de especies, la abundancia, presencia especies frágiles, y el uso del refugio como ocasional y/o permanente. Por último, es importante señalar que el apoyo económico a proyectos, a mediano y largo plazo, dirigidos a la educación ambiental e investigación básica sobre murciélagos y sus hábitats, serían determinantes en la concientización del ser humano (comunidades rurales y urbanas) en pro de atenuar una prioridad internacional: la conservación de las especies.

IX. CONCLUSIONES.

En el gradiente altitudinal del área de estudio se encontraron nueve cuevas que presentan, de manera conjunta, disponibilidad y variabilidad de ambientes cavernícolas (homogéneos y heterogéneos). En estos ambientes se registraron 16 especies de murciélagos, las cuales fueron previamente clasificadas en hibernantes y no hibernantes de acuerdo con la información de la literatura. El primer grupo lo forman *M. keaysi*, *M. velifer*, *M. auriculus*, *P. subflavus* y *P. mexicanus*; y el segundo esta integrado por *P. parnellii*, *M. megalotis*, *G. soricina*, *A. geoffroyi*, *A. jamaicensis*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. azteca*, *D. rotundus*, *D. ecaudata* y *N. stramineus*. De este total, sólo el 12.5% corresponden a especies frágiles (*A. geoffroyi* y *P. Mexicanus*).

De las predicciones planteadas para este estudio, aquellas que se refieren a: que los ambientes calientes húmedos son ocupados por murciélagos que no entran en torpor, que los ambientes fríos secos son ocupados indistintamente por quirópteros hibernantes y no hibernantes, y que los ambientes cálidos secos son poco hospitalarios para ambos tipos de murciélagos, todas se cumplieron. En tanto que la primera predicción, sobre que los ambientes fríos húmedos son ocupados sólo por murciélagos hibernantes, no se cumplió, ya que *M. keaysi*, una especie de afinidad neotropical ocupó estos ambientes de zonas altas. Aquí cabe mencionar que se desconoce el comportamiento y procesos fisiológicos que esta especie realiza en áreas templadas para sobrevivir. Por otro lado, también se presentó en estos ambientes una especie considerada como no hibernante, *D. Azteca*.

El examen de la información sobre la preferencia de ambientes cavernícolas indicó que hay tendencia a la selección específica del refugio por quirópteros en la región de Gómez

Farías, y la mayoría de las especies pueden coexistir con otras, con excepción de *A. geoffroyi* que habitó una cueva en ausencia de otras especies. Paradójicamente, se encontró que en el interior de una cueva una especie puede ocupar diferentes sitios que integran secciones caracterizadas como frío húmedo, caliente húmedo, frío seco o caliente seco. Señalando así, que cada especie de murciélago selecciona de manera diferente los sitios a ocupar. Esto sugiere que cada cueva ofrece variabilidad de condiciones y que cada especie de quiróptero se comporta de manera distinta.

En la selección de microambientes, se encontró que la temperatura juega un papel más importante que la humedad y su variación entre las cuevas puede deberse principalmente a la altitud. Por otra parte, la altitud para algunas especies (v. gr. *Sturnira lilium* recolectadas con muestreos colaterales de otras investigaciones, en el bosque tropical y en el bosque mesófilo) también juega un papel importante en la distribución de los murciélagos, ya que en este estudio no se encontró mezcla de las especies de murciélagos entre los estratos altitudinales. De acuerdo con diferentes autores, la selección no sólo se basa en la temperatura y la humedad, sino que también interactúan otros factores, p. ej. la luz, disponibilidad del refugio y del recurso alimenticio, consideraciones energéticas, riesgo de depredación, convivencia con otras especies y densidad poblacional, entre otros.

Las cuevas estudiadas corresponden a refugios con poblaciones multiespecíficas de murciélagos y de baja abundancia. De acuerdo a la categoría de incidencia y abundancia de las especies de quirópteros: *P. parnellii*, *G. soricina*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. rotundus*, *D. ecaudata*, *N. stramineus* y *M. keaysi* son especies integracionistas con baja abundancia; en tanto *M. megalotis*, *A. jamaicensis*, *M. velifer* y *P. subflavus* son especies indiferentes con baja

abundancia; y por último, *A. geoffroyi*, *D. azteca* y *P. mexicanus* son especies segregacionistas con baja abundancia. Solamente *N. stramineus* y *P. mexicanus* correspondieron a la categoría de abundancia mediana.

Los refugios en el área de estudio presentan un gradiente de la abundancia y riqueza de murciélagos, así como de microambientes. Las cuevas con mayor abundancia resultaron ser las frías húmedas, localizadas en las partes altas, mientras que las cuevas con mayor abundancia y riqueza fueron las calientes húmedas, encontradas en las partes bajas.

Los murciélagos encontrados en este estudio presentaron tres patrones de ocurrencia, lo cual reflejan un grado de sedentarismo: continuo o sedentarias en dos cuevas (*D. rotundus* y *N. stramineus* en El Ojo de agua, y *P. mexicanus* en La Capilla), temporal o con un grado medio de sedentarismo (nueve especies en cinco cuevas) e irregular o "nómadas" (11 especies en seis cuevas).

La distribución de los quirópteros en el interior de una cavidad permitió reconocer: especies que ocuparon toda la cueva con un ambiente heterogéneo (*P. mexicanus*) y homogéneos (*A. geoffroyi* y *D. Azteca*), especies que se hallaron en la parte inicial con microambientes heterogéneos (*M. megalotis*, *A. lituratus* y *D. rotundus*), especies que se observaron en la parte profunda con microambientes heterogéneos (*P. parnellii*, *G. soricina*, *A. jamaicensis*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *D. rotundus*, *D. ecaudata*, *N. Stramineus*, *M. Keaysi* y *P. subflavus*). Sólo *M. Keaysi* ocupó sitios específicos en un ambiente relativamente homogéneo.

Las cuevas fueron usadas por los murciélagos para formar colonias de maternidad (*M. megalotis*, *G. soricina*, *A. geoffroyi*, *A. lituratus*, *A. intermedius*, *D. rotundus*, *D. ecaudata* y

P. mexicanus), para descansar reduciendo sus actividades metabólicas (torpor diario; *M. keaysi*, *P. subflavus* y *P. mexicanus*) y como refugio ocasional (*P. parnellii*, *A. jamaicensis*, *D. azteca*, *N. stramineus*, *M. velifer* y *M. auriculus*).

Las propuestas de conservación de los refugios de los murciélagos cavernícolas se deben fundamentar en la combinación de varios criterios, como la riqueza de especies, la abundancia, presencia de especies vulnerables, en aspectos biológicos de las mismas y en la complejidad ecológica de los ecosistemas, que resultarían apropiados para implementar buenas estrategias de conservación. Aunado a esto, los programas de educación ambiental, con el propósito de concientizar al ser humano en pro de la conservación de las especies, deben recibir mayor y constante atención, y por supuesto, ser apoyados económicamente para tratar de cumplir con esta ardua tarea.

X. LITERATURA CITADA.

- Alvarez, T. 1963. The Recent Mammals of Tamaulipas, Mexico. *Univ. Kansas Publ. Mus. Nat. Hist.* 14: 363 - 473.
- Arita, H. T. 1993a. Conservation biology of the cave bats of Mexico. *J. Mamm.* 74 (3):693-702.
- Arita, H. T. 1993b. Riqueza de especies de la mastofauna de México. Pp:109-128, in *Avances en el Estudio de los Mamíferos de México* (Medellín, R. A. y G. Ceballos, eds.). Publicación Especial Vol. 1. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México. 464pp.
- Arita, H. T. 1996. The conservation of cave-roosting bats in Yucatan, Mexico. *Biological Conservation* 76: 177-185.
- Arita, H. T., J. G. Robinson, and K. H. Redford. 1990. Rarity in neotropical forest mammals and its ecological correlates. *Conserv. Biol.*, 4(2):181-192.
- Arita, H. T. y L. León Paniagua. 1993. Diversidad de mamíferos terrestres. *Ciencias, Revista de Difusión No. Especial* 7:13-22.
- Arita, H. A. y J. A. Vargas. 1995. Natural history, interspecific association, and incidence of the cave bats of Yucatán, México. *Southwestern Nat.*, 40 (1):29-37.
- Baker, R. J. y G. López. 1968. Notes on some bats of Tamaulipas. *Southw. Nat.* 13:361-362.
- Barr, T. C., Jr. 1961. Caves of Tennessee. State of Tenn. Dpto. Conservation and Commerce. *Bull. Tenn. Div. Geol.* 64:1-567.
- Bakken, G. S. y T. H. Kunz. 1988. Microclimate methods, Pp.: 303-332, In *Ecological and behavioral methods for the study of bats* (Kunz, T. H., Ed.). Smithsonian Institution Press. U.S.A. 533pp.
- Bradbury, J. W. 1977a. Social organization and communication. Pp. 1-72, in *Biology of bats*. Vol. 3. (W. A. Wimsatt, de.). Academic Press, New York, 651pp.
- Brosset, A. 1966. *La biologie des chiroptères*. Masson. Paris. 237 pp.

- Cox, C. B. y P. D. Moore. 1980. Biogeography, an ecological and evolutionary approach. 3rd. ed. Blackwell.
- Cropley, J. B. 1965. Influence of surface conditions on temperatures in large cave systems. *National Speleol. Soc. Bull.* 27(1): 1-10.
- Crisci, J. V. y M. F. López A. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D. C. Serie de Biología, Monografía No. 26. 132pp.
- Culver, D. C. 1986. Cave faunas. Pp: 427-443. *In Conservation biology: the science of scarcity and diversity* (Soulé, M. E., ed.). SINAUER ASSOCIATES, INC. USA. 584 pp.
- Daan, S. y H. J. Wichers. 1967. Habitat selection of bats hibernating in a limestone cave. *Z. Saeugetierkd.* 33:262-287.
- Daniel, W. W. 1989. Bioestadística. Bases para el análisis de la ciencia de la salud. LIMUSA. Cap. 5: 171-220.
- Dwyer, P. D. 1971. Temperature regulation and cave-dwelling in bats: an evolutionary perspective. *Mammalia*, 35(3):424-455.
- Eisenberg, J. F. 1989. Mammals of the Neotropics: Panama, Colombia, Venezuela, Guayana, Suriname, French Guiana. The University Chicago Press. Vol. 1: 73 - 232.
- Emmons, L.H. 1990. Neotropical Rainforest Mammals. University of Chicago Press. 281 pp.
- Fleming, T. H. 1973. Numbers of mammals species in north and central american forest communities. *Ecology*, 54(3):555-563.
- Gaisler, J. 1970. Remarks on the thermopreferendum of palearctic bats in their natural habitats. *Bijdragen Tot De Dierkunde.* 40(1):33-35.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F.

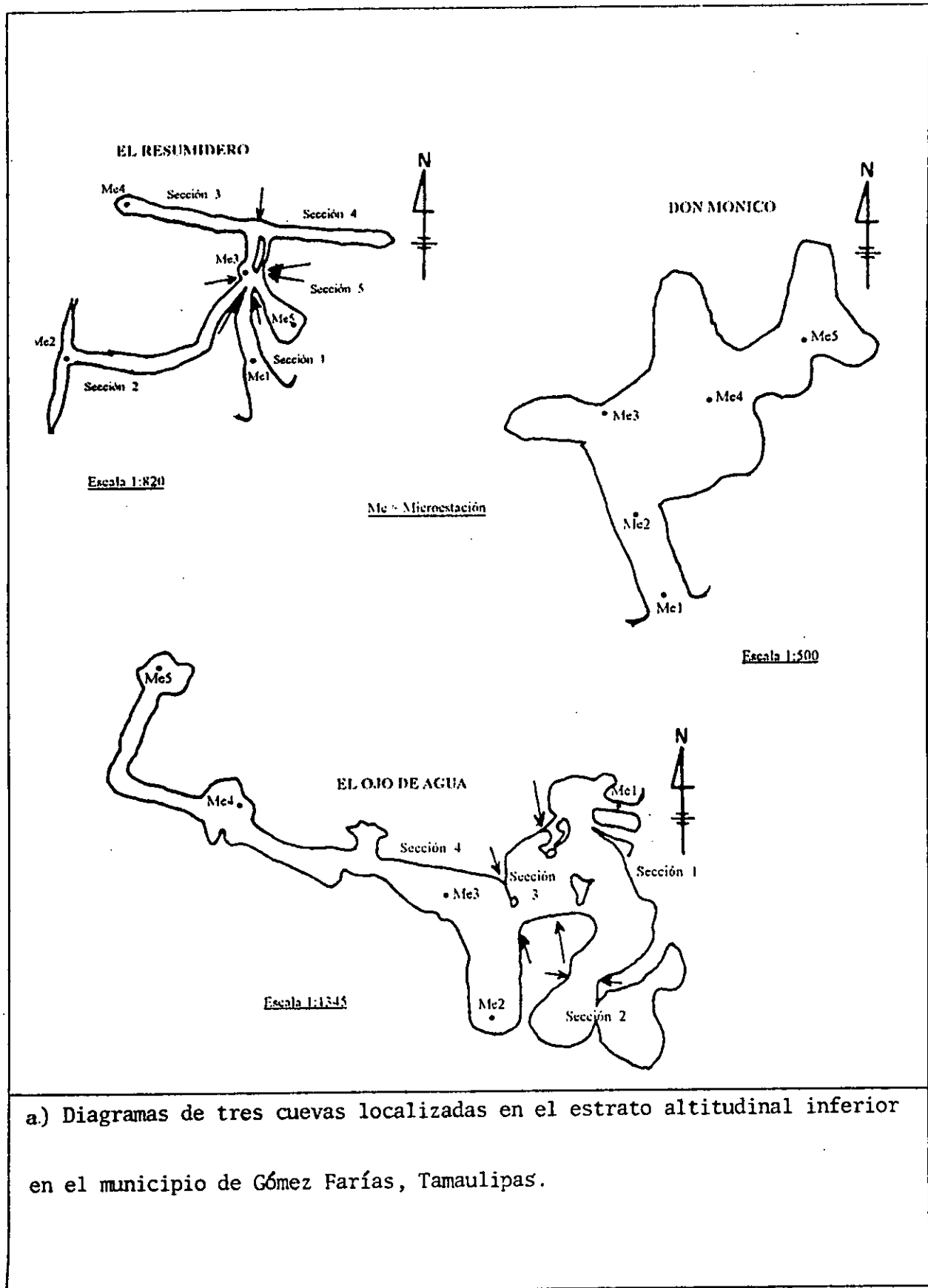
- Hainsworth, F. R. 1981. *Animal Physiology, Adaptation in Function*. Addison-Wessley Publ. Comp. 669pp.
- Hall, E. R. 1981. *The Mammals of North America*. John Wiley & Sons. 2nd. ed. U. S. A. 1811pp. 2vol.
- Harmata, W. 1969. The thermopreferendum of some species of bats (Chiroptera). *Acta Theriologica*. XIV(5): 49-62.
- Harmata, W. 1973. The thermopreferendum of some species of bats (Chiroptera) in natural condition. *Zesz. Nauk. Univ. Jag. Zool. Krakow*. 19:127-141.
- Hill, J. E. y J. D. Smith. 1984. *Bats, a natural history*. British Museum (Nat. Hist.). Crounwell Road. London. 243pp.
- Hoffmann, A., J. G. Palacios-Vargas y J. B. Morales-Malacara. 1986. *Manual de bioespeleología*. UNAM. México D. F. 274pp.
- Humphrey, S. R. y F. J. Bonaccorso. 1979. Population and Community Ecology. Pp.: 409-441, in *Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae*. Part III. (Baker, R. J., J. K. Jons, Jr., and C. D. Carter, eds). *Spec. Publ. Mus. Texas Tech Univ*. 16: 1-441.
- Hurlbert, S. H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiment. *Ecological Monographs* 54: 187-211.
- INEGI. 1983. *Síntesis Geográfica de Tamaulipas*. Sría. Programación y Presupuesto. Inst. Nal. Estad. Geog. e Informática. México, D. F. 13 mapas Escala 1:000 000.
- Jefferson, G. T. 1976. Cave fauna. Pp.:339-452. In (F. D. Ford and C. H. O. Cullingford, eds.) *The Science of Speleology*. Acad. Press.
- Jones, J. K., Jr., J. Arroyo-Cabrales y R. D. Owen. 1988. Revised checklist of bats (Chiroptera) of Mexico and Central America. *Occas. Pap. Mus. Texas Tech Univ*. 120: 1-34.
- Kaufman, D. M. 1995. Diversity of new world mammals: universality of the latitudinal gradients of species and bauplans. *J. Mamm.* 76(2):322-334.

- Kucera, C. L. 1978. *The Challenge of Ecology*. 2nd. ed. The C. V. Mosby Company. U.S.A. 326pp.
- Kunz, T. H. 1982. Roosting ecology of bats. pp.: 1 - 55, in *Ecology of Bats* (Kunz, T. H., ed.). Plenum Publ. Corporation U.S.A. 425pp.
- Kunz, T. H. y R. A. Martin. 1982. *Plecotus townsendii*. *Mamm. Species*, 175: 1-6.
- López-Wilchis, R. 1989. *Biología de Plecotus mexicanus* (Chiroptera: Vespertilionidae) en el Estado de Tlaxcala, México. Tesis Doctoral. Univ. Nal. Autón. Méx. 272pp.
- Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology, a primer on methods and computing*. John Wiley & Sons. 337pp.
- MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evol.* 17:373-388.
- MacArthur, R. H. y E. O. Wilson. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. Princeton, N.Y.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. Great Britain. 179pp.
- Margalef, R. 1986. *Ecología*. Barcelona. 950pp.
- Martin, R. A. y B. G. Hawks. 1972. Hibernating bats of the Black Hill of south Dakota. *Bull. New Jersey Acad. Sci.* 17(2):24-30.
- Martínez-Burnez, J. A. 1979. *Notas sobre los murciélagos de Gómez Farías, Tamaulipas, México*. Tesis profesional Univ. Autón. Nvo. León, México.
- McCracken, G. F. 1989. Cave conservation: special problems of bats. *NSS Bulletin* 51:49-51.
- McNab, B. K. 1969. The economics of temperature regulation in neotropical bats. *Comp. Biochem. Physiol.* 31:227-268.
- McNab, B. K. 1974. The Behavior of temperature cave bats in a subtropical environment. *Ecology*. 55(5):943-958.
- McNab, B. K. 1982. Evolutionary alternatives in the physiological ecology of bats. pp.: 151 -200, in *Ecology of Bats* (Kunz, T. H., ed.). Plenum Publ. Corporation. 425pp.

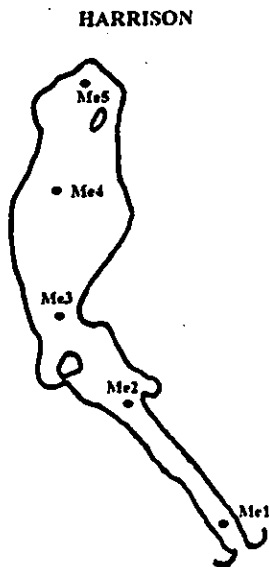
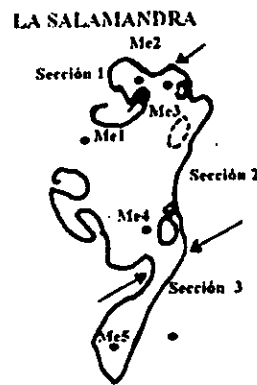
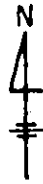
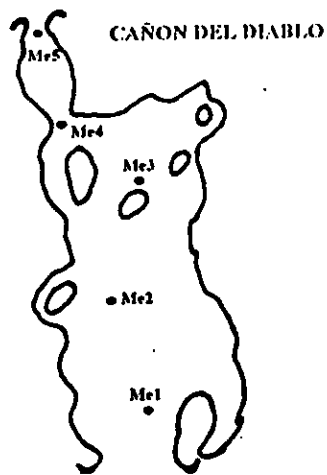
- Medellín, R., H. T. Arita y O. Sánchez H. 1997. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicación Especial No. 2.
- Pianka, E. R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. *Amer. Nat.* 100(910):33-46.
- Puig, H. y R. Bracho. 1987. Climatología, pp.:39-54, in Bosque Mesófilo de Montana de Tamaulipas (Puig, H. y R. Bracho, eds.). Instituto de Ecología, A. C. México D. F. 186pp.
- Ramírez-Pulido, J., R. López-Wilchis, C. Müdspacher Ziechl y I. E. Lira. 1983. Lista y bibliografía reciente de los mamíferos de México. Dpto. Biol. U. A. M.- Iztapalapa. México. 363pp.
- Reddell, J. R. y R. W. Mitchell. 1971. A checklist of the cave faune of Mexico. II. Sierra de Guatemala, Tamaulipas. *Bull. Assoc. Mexican Cave Studies.* 4:181-215, figs. 1-27.
- Ricklefs, R. E. 1987. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science* 235 (9):167-171.
- Sánchez, O. y G. López. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomol. Mex.* 75: 119-145.
- Schmidt-Nielsen, K. 1975. Animal Physiology, adaptation and environment. Cambridge University Press. 699pp.
- SEMARNAP. 1995. NOM-059-ECOL-1994, que determina las especies, subespecies de flora y fauna silvestre terrestres acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección. Gaceta Ecológica. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. VII (33):1-72.
- Silva-Taboada, G. 1977. Algunos aspectos de la selección de hábitat en el murciélago *Phyllonycteris poeyi* Gundlach in Peters 1861 (Mammalia: Chiroptera). *Poeyana.* Inst. Zoo Acad. Cienc. Cuba. (168):1-10.

- Smith, H. M. 1940. Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de la lagartija del género *Sceloporus*. An. Esc. Nat. Cienc. Biol. IPN. México. 2:103-110.
- Snedecor, G. W. y W. G. Cochran. 1988. Métodos Estadísticos. C.E.C.S.A. 703pp.
- Sosa, V. J. 1987. Generalidades de la Región de Gómez Farías, pp: 15-28, in El Bosque Mesófilo de Montana de Tamaulipas (Puig, H. y R. Bracho, eds.). Instituto de Ecología A.C. México, D. F. 186pp.
- Trujano, E. 1996. Movements of cave bats in Southeastern Brazil, with emphasis on the population ecology of the common vampire bat, *Desmodus rotundus* (Chiroptera). BIOTROPICA 28(1): 121-129.
- Tuttle, M. D. y D. E. Stevenson. 1981. Variation in the cave environment and its biological implications. in Cave gating a handbook. 2nd. Ed. Nat. Speleol. Soc. :46-59.
- Twente, J. W., Jr. 1955. Some aspects of habitat selection and other behavior of cave-dwelling bats. *Ecology*. 36(4):706-732.
- Twente, J. W., Jr. 1960. Environmental problems involving the hibernation of bats in Utah. *Acad. Sci. Arts. and Letters*. 36:67-71.
- Villa-Ramírez, B. 1966. Los Murciélagos de México. Su importancia en la economía y la salubridad. Su Clasificación Sistemática. Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. Méx. 491pp.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21(2/3):213-251.
- Wilson, D. E. 1979. Reproductive Patterns. pp.: 317 - 378, in Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae. Part III (Baker, R. J., J. k. Jones Jr., and D. C. Carter, eds.) *Spec. Publ. Mus. Texas Tech Univ.* 16:1-441.
- Wilson, D. E., R. A. Medellín, D. V. Lanning, y H. T. Arita. 1985. Los murciélagos del noreste de México, con una lista de especies. *Acta Zoológica Mexicana*, Nueva Serie, 8:1-26.

APENDICE I



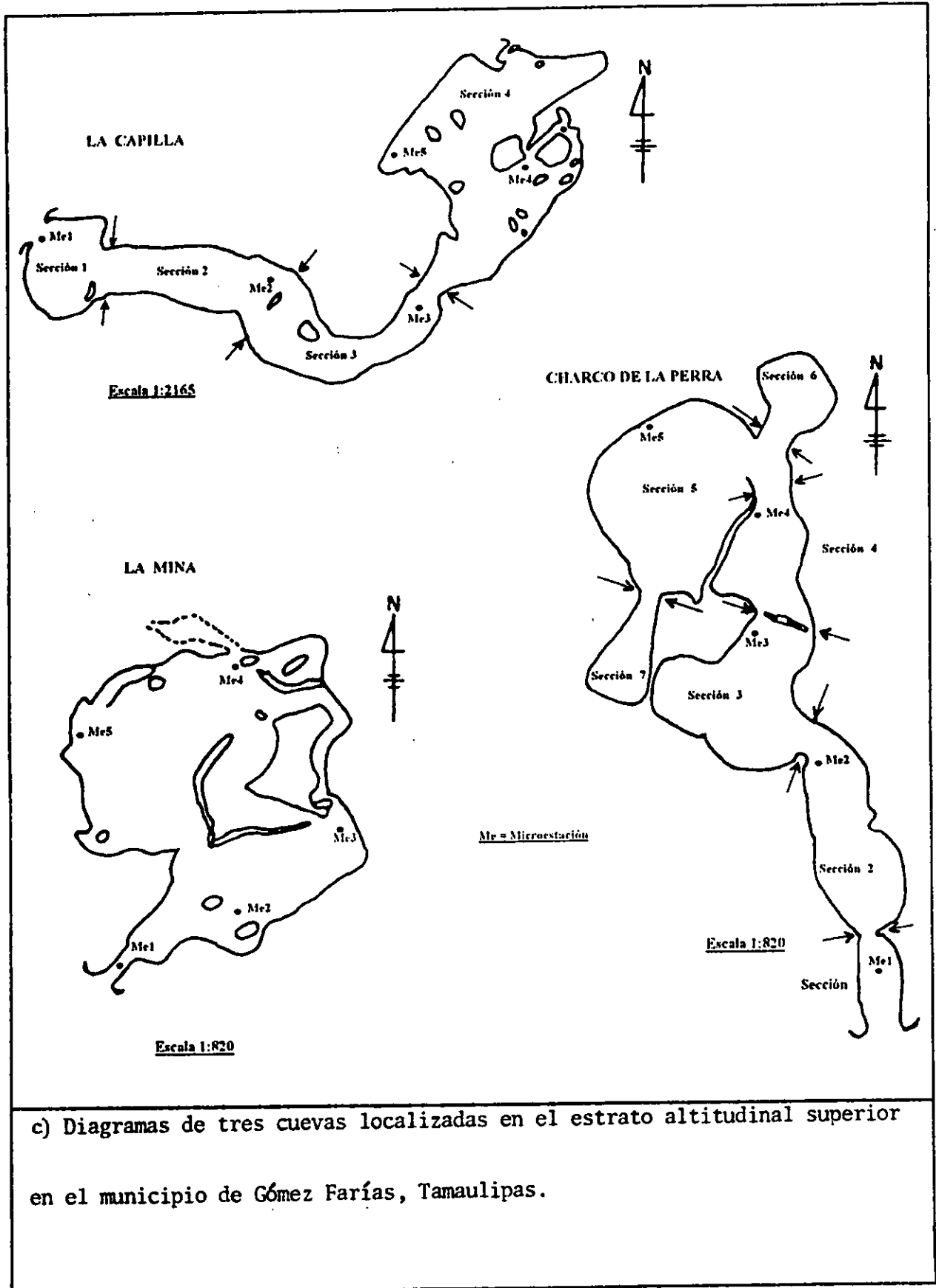
a.) Diagramas de tres cuevas localizadas en el estrato altitudinal inferior en el municipio de Gómez Farías, Tamaulipas.



Escala 1:500

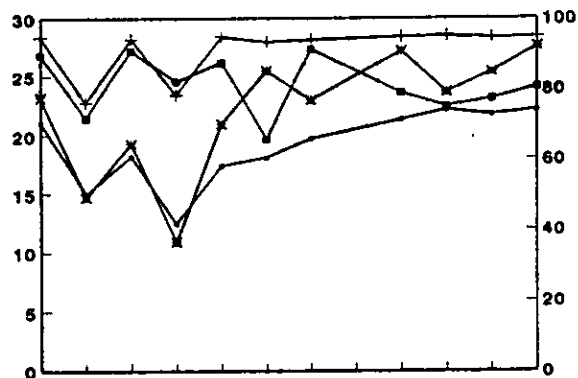
Me = Microestación

b) Diagramas de tres cuevas localizadas en el estrato altitudinal medio en el municipio de Gómez Farías, Tamaulipas.

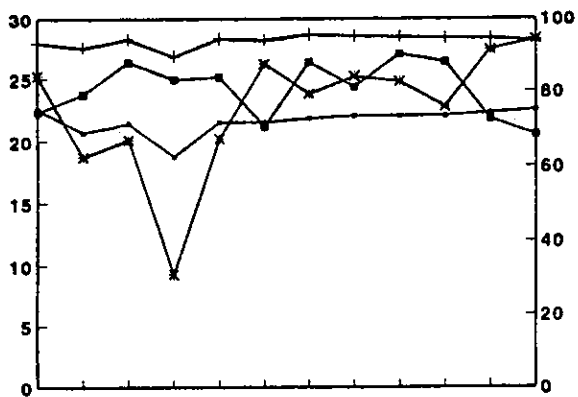


c) Diagramas de tres cuevas localizadas en el estrato altitudinal superior en el municipio de Gómez Farías, Tamaulipas.

El Resumidero



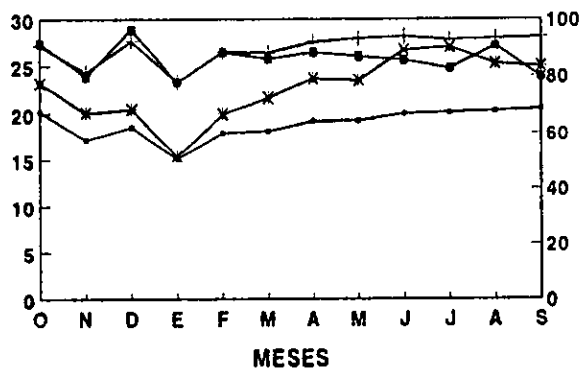
El Ojo de Agua



TEMPERATURA AMBIENTE (°C)

HUMEDAD RELATIVA (%)

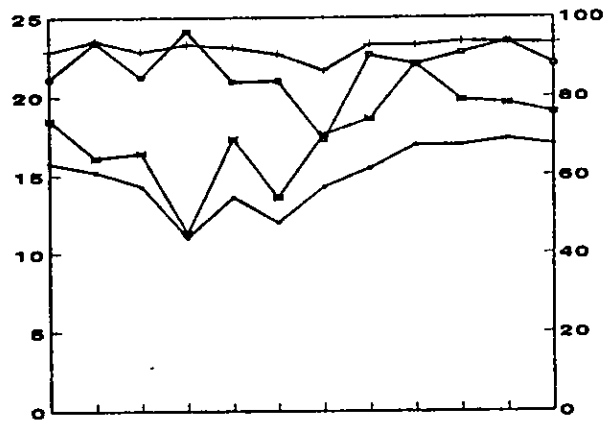
Don Mónico



◐ TEMPERATURA INTERNA + HUMEDAD REL. INTERNA ✕ TEMPERATURA EXTERNA ◑ HUMEDAD REL. EXTERNA

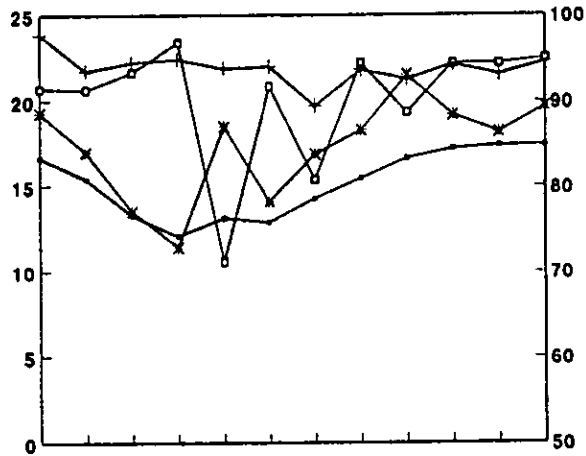
d) Comparación de la temperatura ambiente y humedad relativa, tanto interna como externa, de tres cuevas en Gómez Farías, Tamaulipas.

Cañón del Diablo



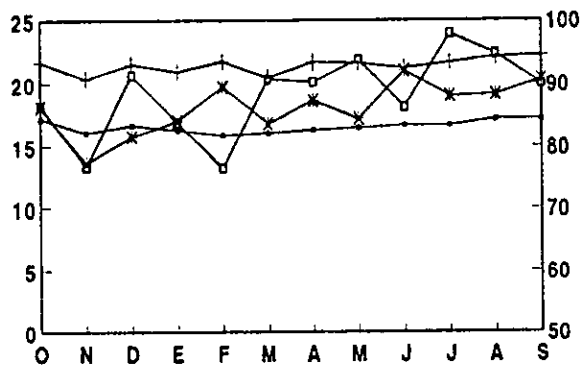
La Salamandra

TEMPERATURA AMBIENTE (°C)



HUMEDAD RELATIVA (%)

Harrison

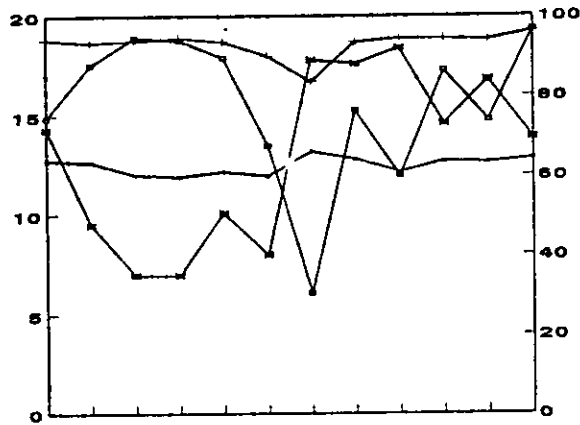


MESES

• TEMPERATURA INTERNA + HUMEDAD REL. INTERNA * TEMPERATURA EXTERNA ◊ HUMEDAD REL. EXTERNA

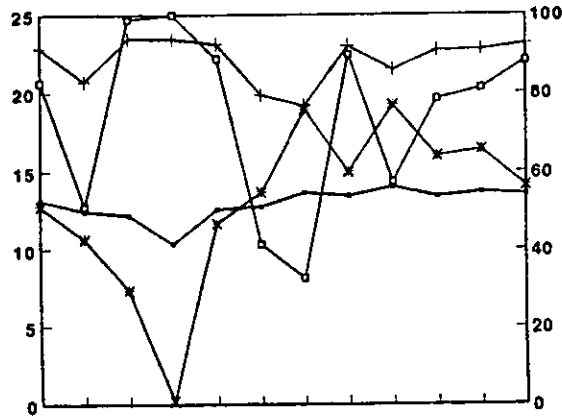
e) Comparación de la temperatura ambiente y humedad relativa, tanto interna como externa, de tres cuevas en Gómez Farías, Tamaulipas.

La Capilla



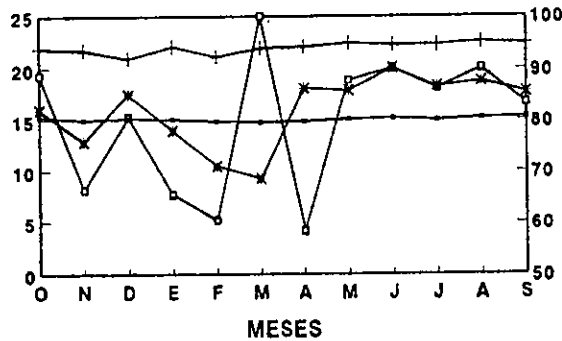
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)

Charco de la Perra



HUMEDAD RELATIVA (%)

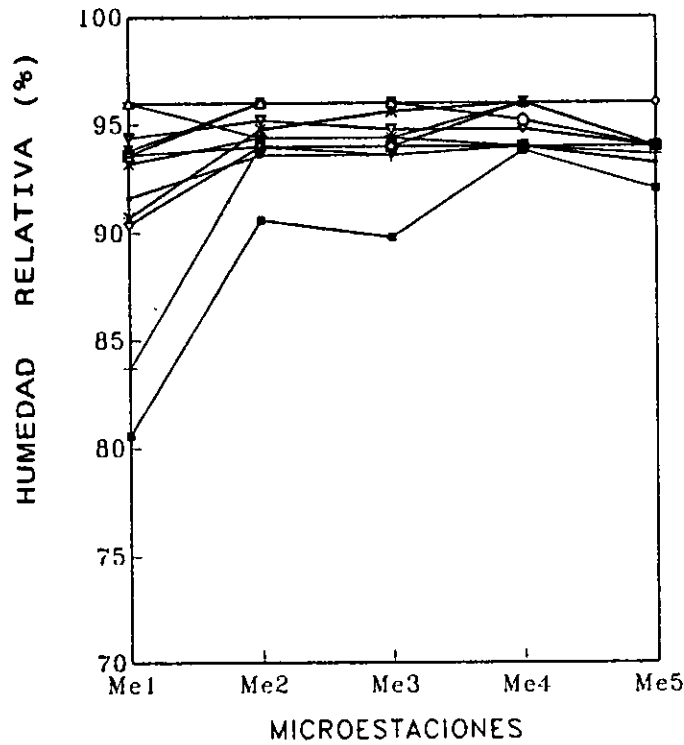
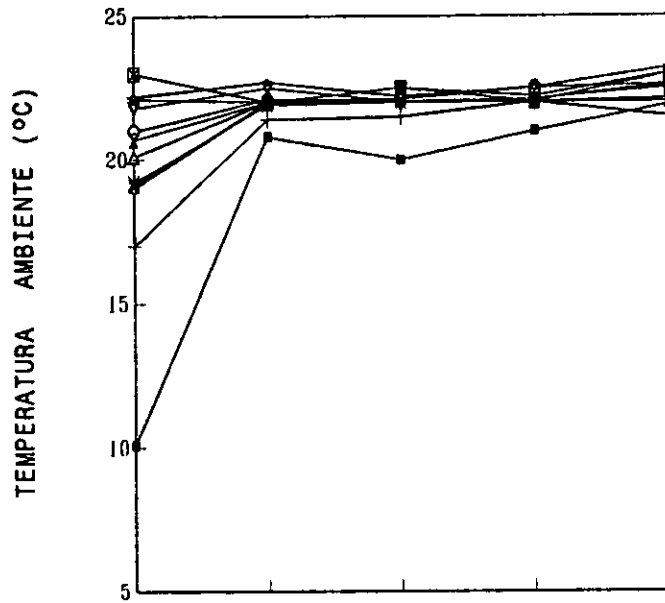
La Mina



MESES

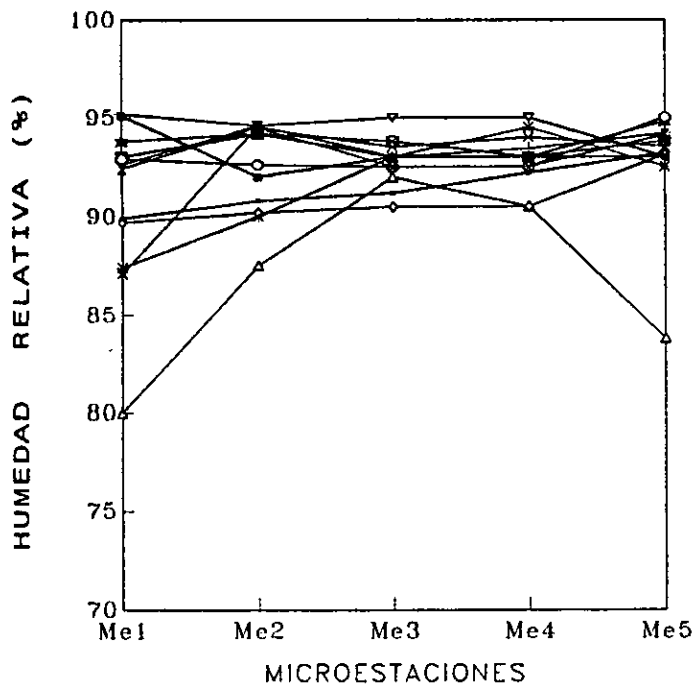
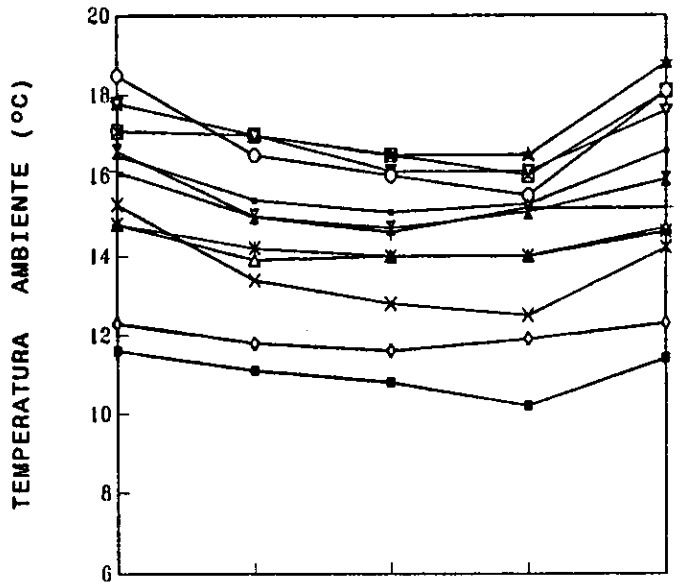
—●— TEMPERATURA INTERNA + HUMEDAD REL. INTERNA * TEMPERATURA EXTERNA ○ HUMEDAD REL. EXTERNA

f) Comparación de la temperatura ambiente y humedad relativa, tanto interna como externa, de tres cuevas en Gómez Farías, Tamaulipas.



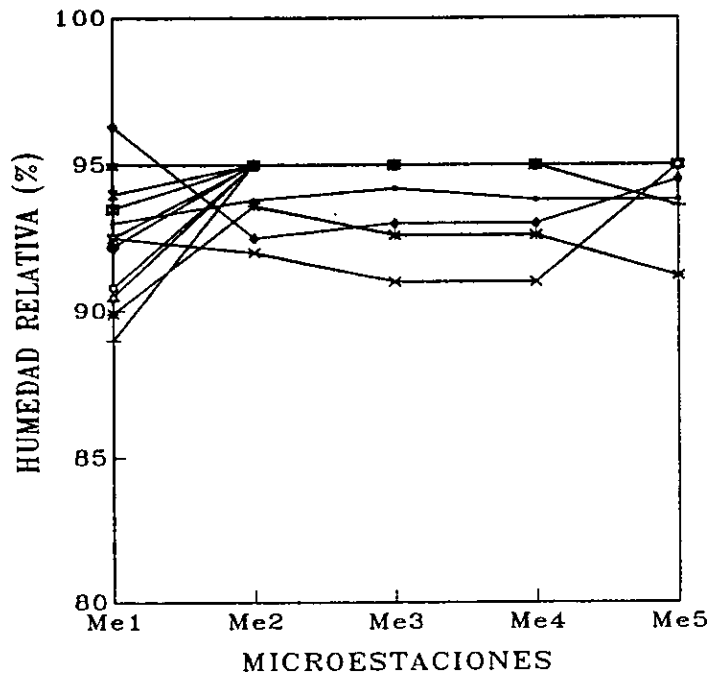
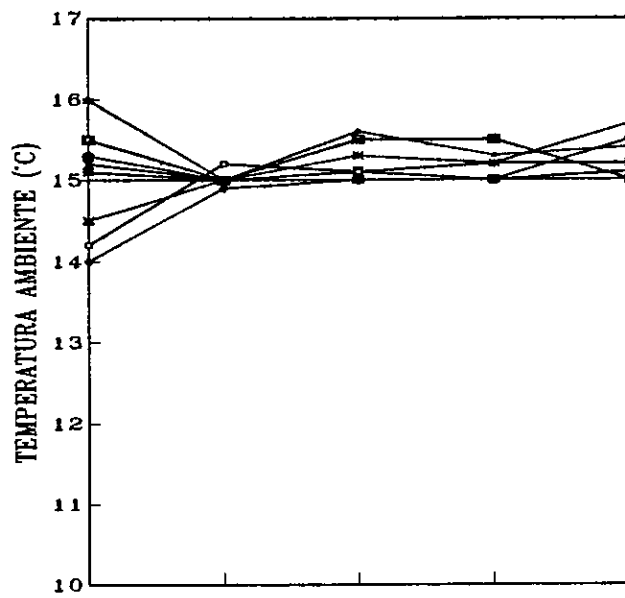
↑ OCT + NOV * DIC ● ENE * FEB ◆ MAR ☆ ABR ▣ MAY ○ JUN ▽ JUL ★ AGO ▧ SEP

g) Variación de la temperatura ambiente y humedad relativa en diferentes sitios equidistantes en la cueva El Ojo de Agua.



† OCT † NOV * DIC * ENE * FEB † MAR † ABR * MAY † JUN † JUL * AGO † SEP

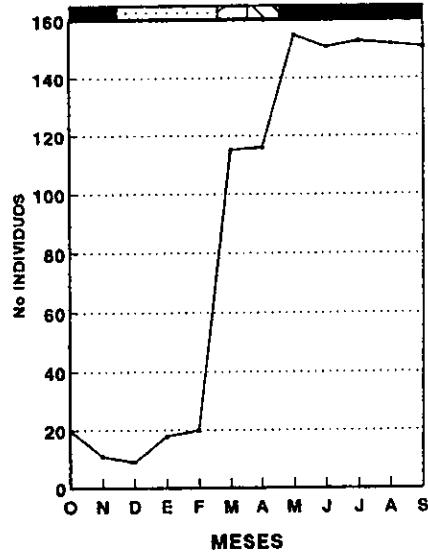
h) Variación de la temperatura ambiente y humedad relativa en diferentes sitios equidistantes en la cueva Cañón del Diablo.



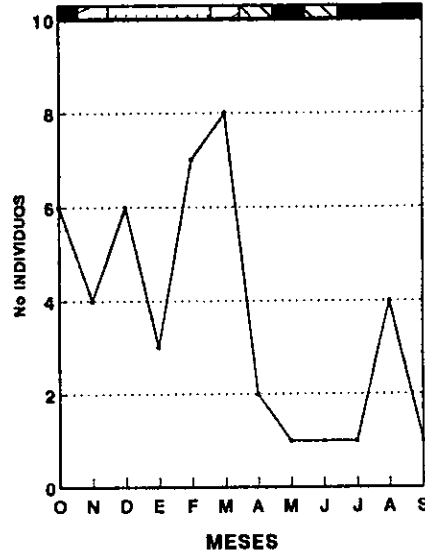
— OCT + NOV * DIC ◊ ENE * FEB ◆ MAR ☆ ABR † MAY ◆ JUN ◊ JUL ★ AGO ◼ SEP

i) Variación de la temperatura ambiente y humedad relativa en diferentes sitios equidistantes en la cueva La Mina.

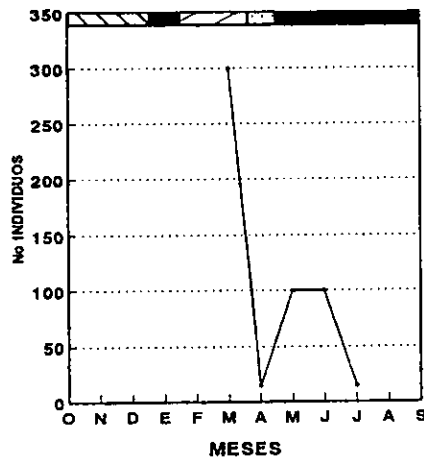
LA CAPILLA



CHARCO DE LA PERRA



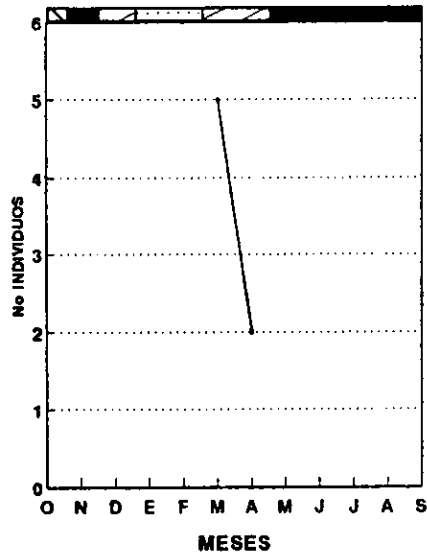
LA MINA



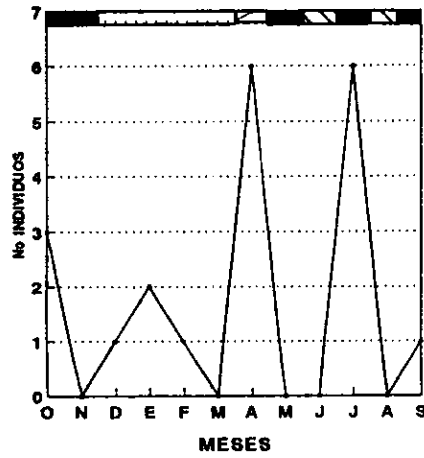
3) Variación del número de murciélagos durante 12 meses de muestreo con relación a la caracterización microambiental.



CAÑON DEL DIABLO



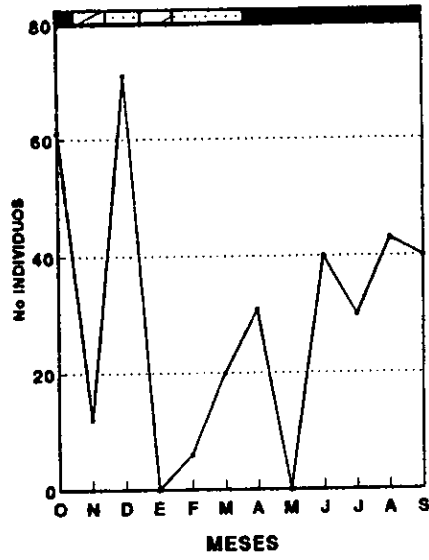
LA SALAMANDRA



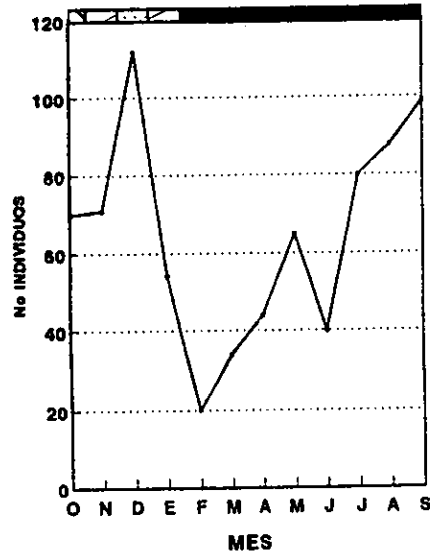
k) Variación del número de murciélago durante 12 meses de muestreo con relación en la caracterización microambiental



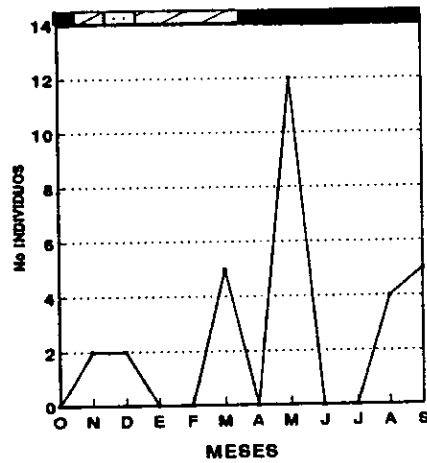
EL RESUMIDERO



EL OJO DE AGUA



DON MONICO



1) Variación del número de marcolílagos durante 12 meses de muestreo con relación en la caracterización microambiental.

Frío húmedo
 Caliente húmedo
 Frío seco
 Caliente seco