



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

“DIVERSIDAD DE MURCIÉLAGOS EN LA CUEVA DE SAN FRANCISCO (ZAPALUTA), LA TRINITARIA, CHIAPAS”

T E S I S

Que para obtener el título de:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Presenta:
CARLOS CHÁVEZ GLORIA

Director de Tesis:
M. en C. ANA HORVATH

Santiago de Querétaro, Qro. Mayo de 2008

No. Adq. H73390

No. Título _____

Clas. IS

599.4

C512d

ÍNDICE

RESUMEN _____	1
INTRODUCCIÓN _____	2
ANTECEDENTES _____	4
JUSTIFICACIÓN _____	7
OBJETIVO GENERAL _____	8
OBJETIVOS PARTICULARES _____	8
MÉTODO _____	9
RESULTADOS _____	14
DISCUSIÓN _____	27
CONCLUSIONES _____	35
BIBLIOGRAFÍA _____	36
ANEXOS _____	41

RESUMEN

Los murciélagos ocupan una gran variedad de sitios durante su periodo de descanso, reproducción y crianza; como son: hojas de arboles, troncos huecos, construcciones, laderas y cuevas. De las 134 especies de murciélagos en México el 45% (60 spp) ocupa las cavernas como refugio; ya sea ocasional o esporádico, alternativo o son estrictamente cavernícolas. En el municipio de La Trinitaria, Chiapas, se encuentra la cueva de San Francisco, considerada como una de las más importantes a nivel nacional debido a su gran diversidad de murciélagos. Durante nueve meses se monitoreó la cueva y se obtuvo el inventario de murciélagos de la cueva; se determinó la riqueza y abundancia y se identificaron los cambios temporales de la diversidad de murciélagos. Se describieron las características poblacionales (proporción de sexos, clases de edad y estados reproductivos) de las especies de murciélagos que la habitan. Durante dos noches cada mes se colocó una red de 12X2 mts en la entrada de la cueva, a los organismos capturados se le tomarán los datos merísticos y reproductivos correspondientes. Los organismos fueron liberados posteriormente en el sitio de captura. Se realizaron un total de 1035 capturas correspondientes a 16 especies de cuatro familias. La riqueza vario mes con mes siendo Febrero el más bajo (7 sp) y Abril el más alto (10 sp); especies como *Pteronotus parnellii*, *Artibeus jamaicensis*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *Glossophaga comissarissi*, *Desmodus rotundus* y *Tadarida brasiliensis*, fueron encontradas durante este periodo y las demás fueron intermitentes o solo se les encontró una vez. El tamaño de las poblaciones tuvo fluctuaciones; se encontró que para varias especies la cueva es muy importante debido a que en ella llevan acabo todo su ciclo de vida; mientras que otras lo utilizan durante el periodo reproductivo, ya que en el caso de las hembras, 12 de las 14 especies encontradas presentaron actividad reproductiva. Por otro lado es la única cueva en el sur de México con una colonia de *Tadarida brasiliensis*. Debido a esto es importante crear un plan de manejo para la conservación de la cueva y con ello toda la fauna que en ella habita.

INTRODUCCIÓN

Las cuevas son formaciones geológicas subterráneas que proporcionan un tipo de hábitat especial para sistemas bióticos únicos. Estos ecosistemas albergan bacterias, algas, hongos, plantas y animales que están adaptados a vivir en las condiciones extremas dentro de ellas. Los organismos cavernícolas han sido clasificados en tres categorías: Troglóbios (formas adaptadas a vivir dentro de las grutas y cuevas, restringidos a ellas), Troglófilos (animales que gustan de vivir en cuevas, aunque no presentan ninguna modificación y pueden ocupar otros medios biológicos) y Troglóxenos (organismos ajenos a las cuevas y que accidentalmente penetran ellas; Hoffmann *et al.*, 1986; Lazcano, 1988; Petit, *et al.*, 2006 Trajano, 1995). Los murciélagos al igual que otros mamíferos tienen hábitos nocturnos, pero durante el día necesitan refugiarse. Entre estos refugios se encuentran las cuevas, debido a que son habitantes de ellas los murciélagos son considerados organismos Troglófilos (Reddell, 1981).

Los murciélagos que utilizan cavernas se vuelven parte de estos sistemas y juegan un papel fundamental dentro de ellos, al ser un enlace que asegura el flujo de energía entre los ambientes exteriores y los sistemas cavernícolas, la permanencia dentro de estas asegura la sobrevivencia de la mayoría de los organismos Troglóbios. Los murciélagos tienen un papel fundamental en las cadenas tróficas dentro de las cavernas, ya que durante su estancia en las cuevas depositan sus excretas (guano) en el suelo de las cuevas. Las excretas y restos de murciélagos son los principales proveedores de los elementos como nitrógeno, fósforo y potasio, otros compuestos orgánicos que componen estas deyecciones contienen azufre, fósforo y algunos otros compuestos provenientes de la composición específica de las cuevas, que por descomposición y oxidación, forman los ácidos sulfúricos, fosfóricos y nítricos. El guano más fresco puede contar con fauna acompañante cuya principal función es acelerar el proceso de descomposición y el enriquecimiento en nutrientes esenciales. Este material rico en compuestos orgánicos es el alimento para organismos coprófagos y llega a conformar un sustrato ideal para varias especies de hongos, que a su vez son el alimento de artrópodos, generándose así cadenas tróficas únicas. Debido a que muchas especies de artrópodos presentes en las cuevas son endémicas a ellas, por lo cual la desaparición de los murciélagos de estos ambientes afectaría severamente su supervivencia y se perdería el enlace entre los ambientes exteriores y los sistemas

cavernícolas. Y no solamente afectaría la quiróptero fauna existente en la zona, si no todo un ecosistema que habita dentro de estos reservorios de fauna (Buecher y Sidner, 1999; Hoffmann *et al*, 1986; Peck, 1998; Petit, *et al.*, 2006; Trajano, 2000; Tuttle y Moreno, 2005).

La relación innegable entre murciélagos y ambientes cavernícolas se ha visto seriamente afectada debido a la falta de conocimiento por parte de las comunidades humanas. En ocasiones la gente teme a los murciélagos por ser seres extraños que viven en la oscuridad. Este temor ha ocasionado que prendan fuego a colonias enteras de murciélagos benéficos para el hombre, provocando la muerte de ellos y por consecuencia un impacto en los ecosistemas. Debido a esto es importante conocer los murciélagos que habitan las cuevas, para evitar este tipo de acciones y con ello no causar daño a los ecosistemas.

Aunado a esto podemos señalar que existen personas que entran a las cuevas sin ningún respeto, destruyen formaciones milenarias, matan animales y contaminan los cuerpos de agua internos, deteriorando su riqueza y dejando las cuevas vacías y estériles.

ANTECEDENTES

La convergencia que se da en México de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical da como resultado una alta diversidad de especies (Ceballos y Simonetti, 2002). Entre estas dos regiones biogeográficas se encuentra una zona de transición de tamaño variable, que forma una barrera geográfica y ecológica para muchas de las especies de ambas regiones. En esta área podemos encontrar los límites de distribución para varias especies, siendo el límite austral para las especies neárticas y el boreal para las neotropicales (Arita y Ceballos, 1997; Ramammorthy *et al.*, 1998).

Un ejemplo de la diversidad de fauna encontrada en México se observa en el grupo de los murciélagos, al encontrar 139 de las 1116 especies de quirópteros del mundo (Ceballos y Simonetti, 2002, Medellín *et al.*, 1997; Medellín, 2000; Ramírez-Pulido *et al.*, 2005, Wilson y Reeder, 2005). Chiapas es una muestra de la gran diversidad que hay en México. Al ocupar el primer lugar a nivel nacional en riqueza de mamíferos terrestres, con 205 especies, de los cuales los murciélagos son los más diversos ya que se han registrado cerca del 80% de las especies de quirópteros del país (106 spp; Naranjo *et al.*, 2006; Retana y Lorenzo 2002). Esta gran diversidad de murciélagos es debido a que, a diferencia de otros mamíferos medianos y pequeños, el rango de distribución de varias especies de quirópteros de origen neártico se extiende a las partes altas del estado de Chiapas, mientras las tierras bajas se caracterizan por la alta riqueza de especies de afinidad neotropical (Alvarez-Castañeda, 1992, Ortega y Arita, 1998).

Los murciélagos ocupan una gran variedad de sitios como refugio diurno, lugares de reproducción, para descanso temporal durante sus viajes de alimentación o migración, o bien como sitios de hibernación para pasar el invierno en zonas templadas. Según sus adaptaciones, pueden utilizar hojas o huecos de árboles, construcciones, laderas y cuevas, ya que cada uno de ellos proporciona una combinación de estos factores los cuales cubren con sus requerimientos. (Bernard y Fenton, 2003; Evelyn y Stiles, 2003; McNab, 1974; McNab, 1986; Trombulak, *et al.*, 2001). La selección de refugios obedece también a las diferentes necesidades que los murciélagos requieren, las cuales dependen de la especie, las estaciones del año, el sexo, estado reproductivo y edad (Briggler y Prather, 2003; Buecher, y Sidner, 1999; Galindo *et al.*, 2004, Jagnow, 1998, Johnson, *et al.*, 1997; McCracken y Gassel, 1997; McNab, 1974, Ortega y Arita, 1998; Prather y Briggler, 2002; Trajano, 1995, Wilkins, 1989, Whitaker y Gummer,

1999). La temperatura, humedad, flujo de aire, intensidad de la luz, proximidad a los sitios de alimentación, protección contra depredadores, entre otros, son los factores más importantes que buscan los murciélagos al seleccionar un refugio (Ávila y Medellín, 2004; Bernard y Fenton, 2003; Evelyn y Stiles, 2003). Una gran parte de las especies de murciélagos utiliza las cuevas como refugio, debido a que las cuevas son los que mejor cumplen con las condiciones necesarias para reducir el costo energético en sus funciones metabólicas (Bonaccorso *et al*, 1992).

De las 139 especies de murciélagos con las que cuenta México (Ceballos y Simonetti, 2002, Ramírez-Pulido *et al.*, 2005), 45% (60 spp) son consideradas como cavernícolas. De estas, 33 spp pueden ocupar cuevas u otros sitios, por lo cual son consideradas de uso alternativo, 27 spp son estrictamente cavernícolas; sin embargo existen 18 spp mas que pueden llegar a ocupar las cuevas de forma ocasional o esporádica, pero sin llegar a considerar un uso habitual, por lo cual no se consideran cavernícolas (Arita, 1993). De las 60 spp consideradas cavernícolas, 45 han sido registradas en Chiapas (Arita, 1993; Naranjo *et al*, 2006, Retana y Lorenzo, 2002).

La formación de cada cueva es un proceso único, por lo cual el número y dimensiones de túneles y bóvedas son diferentes en cada una de ellas. Estas características hacen que las condiciones físico-ambientales sean distintas en conjunto (Ávila-Flores y Medellín, 2004). Debido a que las especies de murciélagos que podrían habitarlas son diferentes con riquezas y abundancias altamente variables entre las cuevas.

Los murciélagos cavernícolas han sido clasificados en tres categorías: integracionistas (aquellas que se encuentran comúnmente en cuevas con alta riqueza de especies), segregacionistas (en cuevas con poca riqueza) e indiferentes (en cualquiera de los dos casos; Arita, 1993). Estudios recientes han mostrado que dependiendo de la región, podemos encontrar comportamientos diferentes para la misma especie, como es el caso de *Mimon bennettii*, clasificada como segregacionista (Arita, 1993) y en Yucatán se le encontró en una cueva con otras 11 especies (Arita y Vargas, 1995). Se ha sugerido, que las cuevas con alta riqueza de especies son aquellas que presentan condiciones de temperatura y humedad óptimas para varias especies, más que a una interacción intraespecífica que pudiera existir entre los murciélagos (Arita y Vargas, 1995).

Todas las especies cavernícolas obligadas llevan a cabo su reproducción y periodo de maternidad dentro de las cuevas (Keeley y Keeley, 2004) a diferencia de las

especies ocasionales o temporales. En el caso de las especies cavernícolas obligadas se ha observado que si existe perturbación durante el periodo de maternidad, los murciélagos abandonan estos refugios o se presenta una alta mortalidad de crías (Greenhall *et al*, 1984; Lacki, 2000). Desde el punto de vista de biología de conservación de estas especies de murciélagos surge la importancia de conocer la ubicación y tipos de refugios, periodos de reproducción y maternidad; así como los requerimientos de cada una de las especies de murciélagos cavernícolas en nuestro país.

La Cueva de San Francisco en el Municipio de La Trinitaria, Chiapas, es una de las cuevas que alberga gran diversidad de especies de murciélagos y está considerada como prioritaria para su conservación con ocho especies reportadas (Arita, 1993). Aunado a esta alta diversidad, es la única cueva conocida en el sur de México que alberga a una colonia del murciélago guanero de cola libre (*Tadarida brasiliensis*) (Redell, 1981), esta especie se diferencia de otras en que se distribuyen en zonas templadas, no hiberna, por lo cual migra durante el invierno a zonas tropicales, periodo durante el cual ocurre el apareamiento, para posteriormente regresar al norte de su distribución durante el verano donde forman colonias de maternidad (McCracken y Gassel, 1997).

JUSTIFICACIÓN

Las cavernas juegan un papel clave para la supervivencia de los murciélagos, por lo cual es de vital importancia saber cual es la diversidad en una cueva como la de San Francisco. La cueva de San Francisco se ubica a menos de 2 km de la cabecera municipal. Sin embargo existen viviendas a menos de 200 m de la entrada e la cueva. La urbanización es una gran amenaza para la cueva. Por una lado, es utilizada por la gente de algunas comunidades aledañas para la colocación de ofrendas como parte de sus actividades religiosas, las cuales incluyen colocación de veladoras y altares en diversas partes de la cueva. Por otro lado, al ser un sitio turístico visitantes con poca educación la ocupan como basurero, al deshacerse de sus desperdicios dentro de ella. La basura provoca la contaminación del sistema en su conjunto. A esto, podemos sumar que en años recientes las aguas negras de algunas áreas de la cabecera municipal del municipio de la Trinitaria son vertidas a través de un canal dentro de la cueva. Estas aguas negras que llegan tienen que salir por otra parte donde la gente la utilizará sin saber que tiene un alto grado de contaminación. Estas descargas de contaminantes afectan de manera letal las formas de vida existentes en este sistema subterráneo.

En base a esto es de vital importancia obtener conocimiento sobre la diversidad actual de murciélagos en la cueva de San Francisco, con el propósito de que esta información sirva como base para iniciar la creación de un plan de protección y conservación de la cueva, que favorezca a todas las especies de murciélagos que la ocupen así como la fauna asociada.

OBJETIVO

- Determinar la diversidad de murciélagos en la Cueva de San Francisco, La Trinitaria, Chiapas.

Objetivos particulares

- Estimar la riqueza y la abundancia de murciélagos que habitan en la cueva.
- Identificar los cambios temporales de la diversidad de murciélagos a lo largo de un año.
- Describir las características poblacionales (proporción de sexos, clases de edad y estados reproductivos) de las especies de murciélagos de la cueva.

MÉTODOS

Zona de estudio

La Cueva de San Francisco se encuentra en el Municipio de La Trinitaria, Chiapas, ubicada a 2.5 km al SE de la población de la Trinitaria ($16^{\circ} 5' 45''$ de Latitud Norte y $-92^{\circ} 2' 45''$ de Longitud Oeste) a una altitud de 1542 msnm, en la subprovincia Altos de Chiapas (INEGI, 1998). El tipo de vegetación original alrededor de la cueva es Bosque de Encino y en las áreas adyacentes el uso de suelo más común es el dedicado a los cultivos de maíz y frijol, seguido por lo pastizales para ganadería extensiva y áreas urbanas. Como uso forestal existe la extracción de leña y madera.

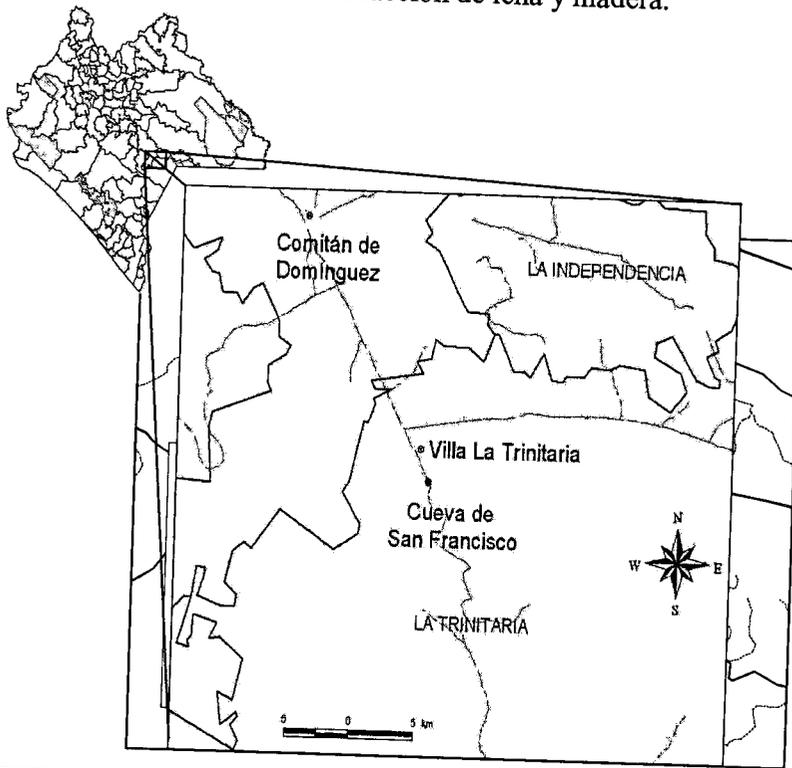


Figura 1. Mapa de la ubicación de la cueva de San Francisco en La Trinitaria, Chiapas, México.

El clima es semicálido con lluvias de verano $A(C)w''_1(w)ig$ (García, 1981). La temperatura media anual es de $19.9^{\circ}C$, los meses más calurosos son abril, mayo y junio y los más fríos son diciembre y enero. La precipitación promedio anual es de 1030.5 mm y en la época más lluviosa comprende de mayo a octubre (Cardoso, 1979). La fisiografía del área está constituida por lomeríos con llanuras y por terrenos del Cretácico Superior, con rocas sedimentarias como calizas con horizontes de lutita

intercalados. El tipo de suelo predominante en el área es el luvisol ortico + vertisol pelico + feozem haplico / textura media (Lo+Vp+Hh/2), (INEGI, 1985, 1988)

La cueva de San Francisco esta ubicada entre las 100 cuevas más grandes de México con un profundidad de 1.7 km (AMCS, en línea <http://www.amcs-pubs.org/longcaves.html>), presenta una entrada única de unos 30 metros de ancho por diez metros de alto. El túnel principal tiene una longitud de más de 800 m de largo con dos túneles secundarios, en uno de ellos se encuentran tres desniveles con caídas de 3 a 4 metros cada una de ellas (com. pers. Grupo de Espeleólogos del Estado de México). El segundo túnel casi al final de la cueva tiene una longitud aproximada de 30 metros. A lo largo de los más de 800 metros que tiene el túnel principal se encuentran varias bóvedas con dimensiones que alcanzan más de 10 metros de altura y 30 de ancho. Parte del túnel llega a dimensiones de cuatro metros de alto por seis de ancho. La cueva no presenta otras salidas.

Muestreo de murciélagos

El trabajo de campo se realizó de Enero a Octubre de 2005, llevando a cabo un total de nueve visitas a la Cueva de San Francisco excepto septiembre, donde no se llevó a cabo muestreo. El muestreo de murciélagos se realizó durante dos noches por cada visita. Los datos de los murciélagos se obtuvieron mediante su captura, con una red de niebla de 12 X 2 m. La red se colocó en la entrada de la cueva en el mismo sitio y permaneció abierta a partir del atardecer hasta el amanecer, completando un periodo de 12 horas. Se aplicó un esfuerzo total de muestreo de 216 horas-red. Debido al gran tamaño de la colonia de *Tadarida brasiliensis* en la cueva, la red se abrió después de su salida con el fin de evitar que demasiados individuos quedaran atrapados al mismo tiempo. Esta medida no afecta los registros de otras especies, ya que *T. brasiliensis* es la primera especie en salir de la cueva, un poco antes del anochecer. Debido a que forma colonias de miles de individuos solo se obtuvo una muestra de la población para los análisis de clases de edad, proporción de sexos y estados reproductivos, este mismo valor fue utilizado como abundancia relativa para la estimación de los índices de diversidad.

Las redes se revisaron constantemente, y los organismos capturados se removieron de la red inmediatamente y se colocándolos en bolsas de manta, para su identificación a nivel de especie y toma de datos. La determinación de los organismos

capturados se llevó a cabo con la ayuda de guías de campo y claves especializadas (Medellín et al., 1997; Reid, 1997). Posteriormente se les tomaron los datos merísticos convencionales: Longitud Total (LT), Longitud Cola (LC), Longitud Pata (LP), Longitud Oreja (LO), Longitud Antebrazo (LA); así también otros datos biológicos: sexo, edad (juvenil o adulto, en base a la osificación de las falanges) y datos reproductivos. El estado reproductivo se dividió en tres categorías para cada uno de los sexos; para machos: testículos abdominales (cuando no fueron visibles), testículos inguinales (cuando fueron visibles) o testículos escrotados; y para hembras: inactivas, preñadas (cuando se detectaron embriones al tacto) y lactantes, cuando presentaron pezones inflamados y con leche (Kunz, 1988).

Después de la identificación y toma de datos, los organismos fueron liberados en el sitio de captura. Se efectuó un marcaje temporal. Se marco el antebrazo derecho con un plumón de tinta indeleble. Con la intención de evitar contar más de una vez el mismo individuo durante la misma sección del muestreo. Los datos de cada individuo fueron anotados en un formato (Anexo 1) y posteriormente capturados en una base de datos, en el programa Excel, 2000.

Análisis de datos

Se obtuvo la lista total de especies registradas durante todo el trabajo. La riqueza por mes corresponde al número de especies encontradas por cada sección del muestreo. Los datos de presencia-ausencia de especies fueron registrados en una matriz general de ocurrencia.

Como abundancia se tomó el número de individuos diferentes capturados por especie, tanto por mes como en total.

Se obtuvo la curva de acumulación de especies de murciélagos, utilizando la riqueza específica acumulada durante el transcurso del período de muestreo, misma que se obtuvo mediante el modelo de curva de acumulación de especies de Clench's (EstimateS: Statistics estimation of species richness and shared species from samples, Versión 7.5). El modelo de Clench estima la probabilidad de encontrar una especie nueva (hasta un máximo) conforme más tiempo se pase en campo, es decir, la probabilidad de añadir nuevas especies eventualmente disminuye. Predice la riqueza total de especies total de un sitio como el valor del número de especies al cual una curva de acumulación de especies alcanza la asíntota (Moreno y Halfpter, 2000).

La formula es:

$$E(S) = \frac{ax}{1 + bx}$$

donde: a = la ordenada al origen, la intercepción en Y. Representa la tasa de incremento de la lista al inicio de la colección; siendo b = la pendiente de la curva y x = número acumulativo de muestras.

La diversidad de murciélagos se midió a través del índice de diversidad Shannon-Wiener y el índice de dominancia de Simpson. Los cálculos se obtuvieron de los datos de riqueza y abundancia de las especies registradas para cada uno de los meses. El índice de Shannon-Wiener mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección, asume que todos los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra.

$$H' = - \sum (p_i) (\ln p_i)$$

donde: p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

El índice de Dominancia de Simpson manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Esta fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes.

$$\lambda = \sum (p_i)^2$$

en donde p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Moreno, 2001).

Con los resultados obtenidos para cada uno de los meses se hizo una comparación mes contra mes para determinar si existen diferencias entre los índices de diversidad en cada uno de los meses, siguiendo el modelo utilizado por Solow (1993).

Este método consiste en hacer un re-muestreo de los datos para generar valores promedio de los índices de diversidad. El procedimiento consiste en calcular la diversidad considerando todas las especies muestreadas en cada mes. Luego se extrae el primer dato (la especie más abundante) y se vuelve a calcular el índice de diversidad. Luego se reintroduce el dato de la especie extraída y se retira el valor de la segunda especie en orden de abundancia y así sucesivamente hasta la especie menos abundante. Este procedimiento se repite 10 mil veces para obtener un valor promedio de diversidad con mayor exactitud (Solow, 2003). Los cálculos para los índices y su comparación mes por mes se realizaron con el programa Species Diversity and Richness 3.02.

Características poblacionales

Los datos obtenidos a través de todo el muestreo fueron analizados para determinar las proporciones de cada sexo y las clases de edad representadas en cada una de las poblaciones de las diferentes especies encontradas en la cueva. Se identificaron los periodos reproductivos a lo largo de todo el muestreo, los cuales se determinaron de acuerdo a la aparición de la preñez o lactancia en el caso de las hembras o la presencia de testículos escrotados en los machos. Los periodos de reclutamiento se definieron por la proporción de individuos juveniles, con respecto al de la población. Para el análisis de los estados reproductivos sólo se consideraron a los organismos adultos (Kunz, 1988).

RESULTADOS

Riqueza de especies

Durante el estudio se registraron 16 especies de cuatro familias de murciélagos utilizando la Cueva de San Francisco (Cuadro 1). La mayoría de las especies (11) pertenecen a tres subfamilias de la familia Phyllostomidae: Glossophaginae (2), Desmodontinae (2) y Sternodermatinae (7); dos especies de la familia Mormoopidae, dos de la familia Vespertilionidae y una de la familia Molossidae (Figura 2).

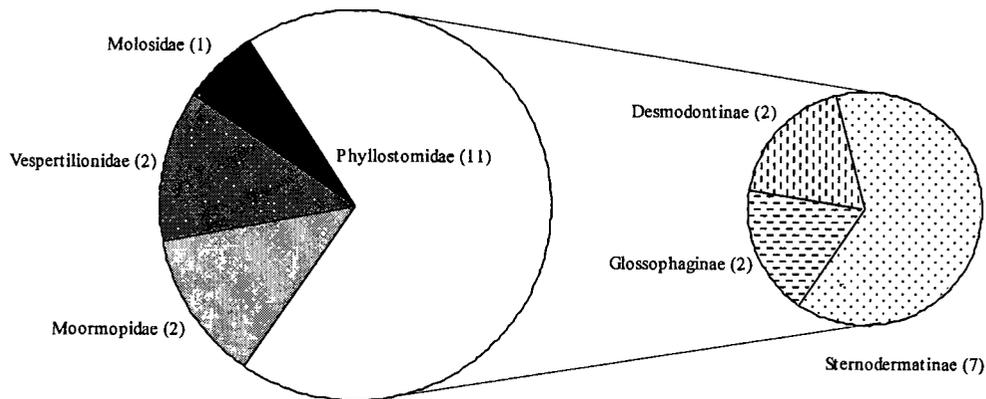


Figura 2. Proporción de especies por familia presentes en la cueva.

Se observó una variación mensual en la riqueza, que fue de siete a diez especies. En abril se registró la mayor riqueza mensual (10 spp) y en febrero se capturó la menor cantidad de especies (7 spp, Figura 3).

El modelo de acumulación de especies de Clench, muestra que la curva llega a la asintota antes de las 16 especies. Lo observado muestra que se logró el total de posibles especies presentes en la cueva con un número total de 16 especies. Cabe señalar que el último registro de especie se realizó en la última fase del muestreo (Figura 3).

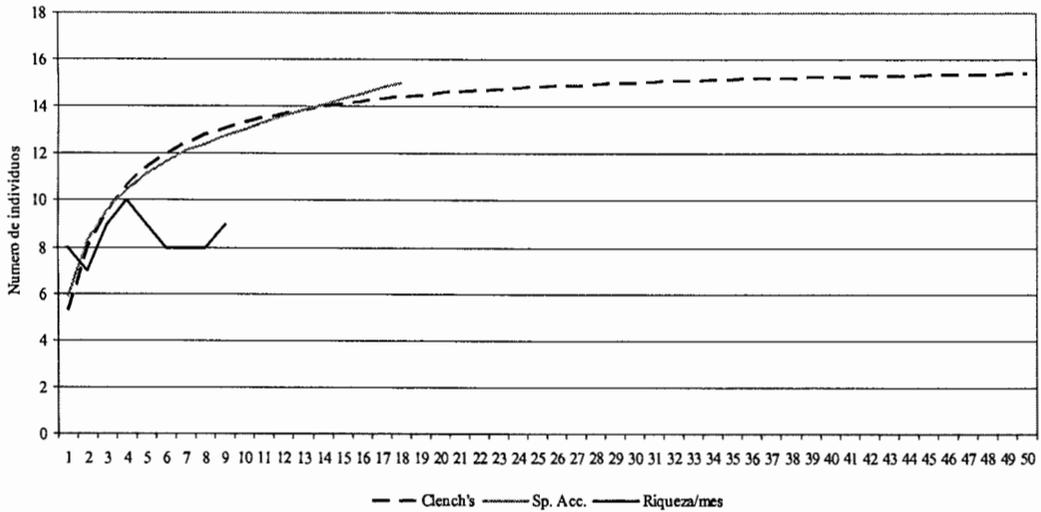


Figura 3. Riqueza de especies para cada uno de los meses. Estimación de especies con el modelo de Clench's y la curva de acumulación de especies a lo largo del muestreo.

De las 16 especies que encontramos utilizando la cueva, sólo siete fueron registrados durante al menos seis de los nueve meses (Cuadro 2) y son considerados como residentes permanentes de la cueva: *Pteronotus parnellii*, *Glossophaga commissarisi*, *Desmodus rotundus*, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus intermedius*, *Artibeus lituratus* y *Tadarida brasiliensis*. Por otro lado, *Diphylla ecaudata* estuvo presente de manera continua de enero a mayo, *Sturnira lilium* fue encontrada en cinco ocasiones de manera intermitente, cuatro de las cuales con sólo un individuo capturado; y por último, *Myotis nigricans* se encontró de abril a julio. Debido a que sólo se observaron a estas especies durante parte del año, se considera que hacen uso de la cueva de forma temporal. Las seis especies restantes (*Mormoops megalophylla*, *Glossophaga soricina*, *Centurio senex*, *Dermanura tolteca*, *Sturnira ludovici* y *Eptesicus fuscus*) se considera que usan la cueva de forma ocasional al ser encontradas solo en una o dos ocasiones a lo largo de todo el muestreo (Cuadro 2).

CLASE CHIROPTERA

Familia Moormopidae

Mormoops megalophylla Leach

Pteronotus parnellii Gray, 1938

Familia Phyllostomidae

Subfamilia Glossophaginae

Glossophaga commissarisi Gardner, 1962

Glossophaga soricina (Pallas, 1766)

Subfamilia Desmodontinae

Desmodus rotundus Wied, 1826

Dyphilla ecaudata Spix, 1823

Subfamilia Sternodermatinae

Artibeus jamicensis Leach, 1821

Artibeus intermedius J. A. Allen 1897

Artibeus lituratus (Olfers, 1818)

Centurio senex Gray, 1842

Dermanura tolteca (de Saussure, 1860)

Sturnira lilium (É. Geoffroyi St.-Hilaire, 1810)

Sturnira ludovici Anthony, 1924

Familia Vespertilionidae

Eptesicus fuscus (Polisot de Beauvois, 1796)

Myotis nigricans (Schinz, 1821)

Familia Molosidae

Tadarida brasiliensis (Geoffroyi St.-Hilaire, 1824)

Abundancia Relativa

Se capturaron un total de 1035 individuos, de estos el 87.44% pertenecen a las tres especies más abundantes: *Tadarida brasiliensis*, *Artibeus jamaicensis*, y *Artibeus intermedius*. De estas, *T. brasiliensis* fue la más abundante ya que representa el 54.49% del total de los individuos capturados, seguida de *A. intermedius* (23.09%) y *A. jamaicensis* (9.86%). Seis especies (*Pteronotus parnellii*, *Glossophaga commissarisi*, *Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*, *A. lituratus* y *Myotis nigricans*) presentaron una abundancia total entre 12 y 30 individuos, en conjunto representan el 11.11% de los organismos capturados. Para las otras siete especies solo se logró la captura de uno o dos individuos.

En el mes de marzo se obtuvo el menor número de individuos (62) y agosto fue el mes cuando se registró el mayor número (219; Cuadro1).

Cuadro 2. Abundancia relativa de las especies capturadas a lo largo de todo el muestreo.

Especie	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Oct	Total de individuos por especie
<i>Mormoops megalophylla</i>								1		1
<i>Pteronotus parnellii</i>	4	2	3	8	2	1	1	2	1	24
<i>Glossophaga commissarisi</i>		1		2	3	6	3	2		17
<i>Glossophaga soricina</i>	1		1							2
<i>Desmodus rotundus</i>	3		1	2	3	5	1		1	16
<i>Diphylla ecaudata</i>	2	13	1	1	13					30
<i>Artibeus intermedius</i>		2	12	22	10	39	33	83	38	239
<i>Artibeus jamaicensis</i>	12	13	29	8	1	9	15	5	10	102
<i>Artibeus lituratus</i>		1	1	1			1	6	6	16
<i>Centurio senex</i>	1									1
<i>Dermanura tolteca</i>									1	1
<i>Sturnira lilium</i>			1	1		1		3	1	7
<i>Sturnira ludovici</i>	1								1	2
<i>Eptesicus fuscus</i>					1					1
<i>Myotis nigricans</i>				1	7	3	1			12
<i>Tadarida brasiliensis</i>	56	52	13	84	99	64	49	117	30	564
Total de individuos por mes	80	84	62	130	139	128	104	219	89	1035
Riqueza por mes	8	7	9	10	9	8	8	8	9	16

Índice de Diversidad de Shannon-Wiener e Índice de Dominancia de Simpson

Marzo fue el mes más diverso según el Índice de Shannon-Wiener (1.480. Anexo 2) y con la menor dominancia según el Índice de Simpson (0.292. Anexo 3). En marzo se presentó la menor captura de organismos de todo el muestreo y a su vez se observa una mayor equitatividad entre las especies encontradas. Durante este mes la especie más abundante fue *Artibeus intermedius* (29) que representa el 46.77% de los organismos capturados y las dos especies que le continúan en abundancia son *Tadarida brasiliensis* (13) y *Artibeus intermedius* (12), que representan el 20.97% y 19.35% respectivamente. Las seis especies restantes representan en conjunto el 12.90%, siendo este el mes donde se presentó la mayor equitatividad entre las especies presentes.

Los meses menos diversos fueron enero (1.064) y agosto (1.057) según el índice de Shannon-Wiener. Durante enero *T. brasiliensis* aporta el 70% de los organismos capturados, mientras que *A. jamaicensis* (segunda especie más abundante) 15%. En agosto *T. brasiliensis* representa 53% y *A. intermedius* el 40%. En ambos casos dos de las ocho especies presentes aportan más del 85% de los organismos, lo cual refleja la poca equitatividad con respecto a las demás especies. (Figura 5).

Los meses de enero y mayo mostraron ser los que tienen mayor dominancia, durante estos meses *T. brasiliensis* representa el 70% y 71% respectivamente de las capturas. La siguiente especie más abundante (*A. intermedius*) solo representa un 9% en enero y *D. ecaudata* el 15% en mayo, los porcentajes más bajos para la segunda especie más abundante reflejando así la dominancia por una sola especie. Marzo (3.347) por su parte es el que presenta la menor dominancia que coincide con el mes de mayor diversidad según Shannon-Wiener (Figura 5).

Comparación mes por mes de Índices de Diversidad

En la comparación mes por mes en el índice de diversidad de Shannon – Wiener, se encuentran diferencias significativas con los meses de marzo, agosto y octubre con respecto a los demás meses. El mes de marzo se mostró más diverso en comparación con enero, febrero, abril, mayo y agosto. Agosto se mostró menos diverso con respecto a junio y julio. Octubre mostró mayor diversidad que enero, mayo y agosto. En la comparación mes por mes en el índice de dominancia de Simpson se encuentran diferencias significativas en casi todos los meses. Marzo se mostró más diverso que

enero, febrero, abril, mayo y agosto. Junio fue más diverso que enero, abril, mayo y agosto. Julio más diverso que enero, abril, mayo, agosto y octubre. Agosto mostró mayor diversidad que mayo. Octubre manifestó mas diversidad que enero, abril, mayo y agosto (Cuadro, 3).

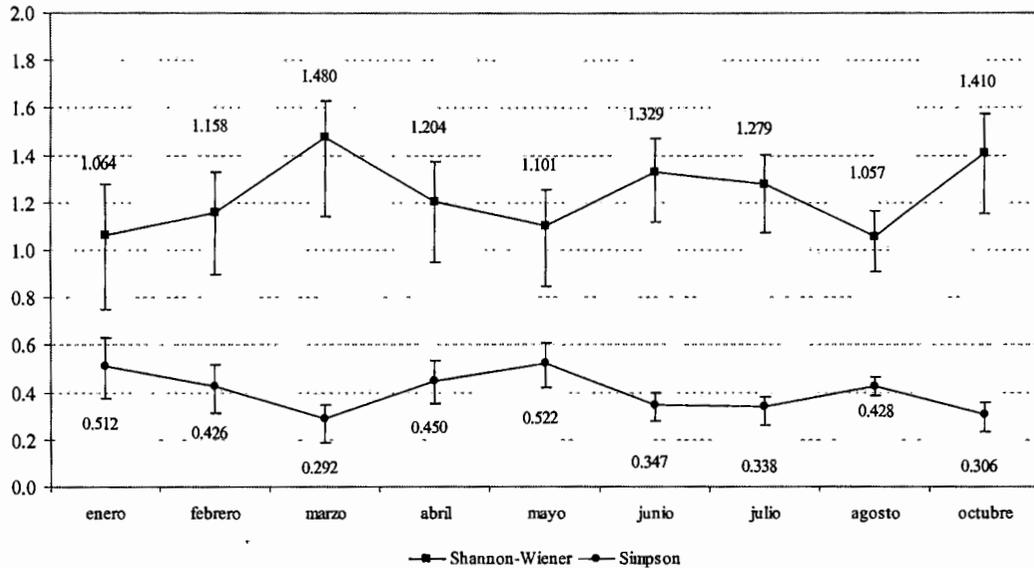


Figura 5. Índice de diversidad de Shannon-Wiener e Índice de Dominancia de Simpson para cada uno de los meses.

Cuadro 3. Comparación entre los índices mostrados para cada mes, tanto Shannon-Wiener como Simpson D. Los números en negritas son los meses en donde se encontraron diferencias.

		Índice de Diversidad de Shannon - Wiener								
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Oct
Índice de Dominancia de Simpson	Ene	X	6759	9892	7119	5070	9095	8634	3544	9701
	Feb	8375	X	9800	5505	6728	8253	7639	8275	9387
	Mar	9935	9593	X	9718	9912	8944	9254	9995	7253
	Abr	0.993	0.959	X	0.971	0.991	0.894	0.925	0.999	0.725
	May	7677	6209	9777	X	7418	8056	7166	9017	9203
	Jun	0.767	0.620	0.977	X	0.741	0.805	0.716	0.901	0.920
	Jul	5200	8766	9855	8448	X	9423	8839	6684	9739
	Ago	0.520	0.876	0.985	0.844	X	0.942	0.883	0.668	0.973
	Oct	9817	8647	8306	9633	9951	X	6232	9903	7414
		0.981	0.864	0.830	0.963	0.995	X	0.623	0.990	0.741
	9867	8854	8670	9713	9947	5720	X	9743	8117	
	0.986	0.885	0.867	0.971	0.994	0.572	X	0.974	0.811	
	9040	5081	9967	6934	9547	9881	9924	X	9983	
	0.904	0.508	0.996	0.693	0.954	0.988	0.992	X	0.998	
	9906	9370	6035	9918	9971	8263	7960	9997	X	
	0.990	0.937	0.603	0.991	0.997	0.826	0.796	0.999	X	

Clases de edad

El 88% (908 ind) del total de los murciélagos capturados fueron adultos y el 12% (124 ind) juveniles. En términos absolutos, el mes de agosto fue cuando se encontró el mayor número de juveniles (42 ind). Sin embargo la mayor proporción de juveniles en relación al total de individuos capturados fue en julio, con 35 individuos juveniles que representan el 33.65% de la abundancia total registrada para este mes, a diferencia de agosto cuando los juveniles solo representaron el 19.18% de la abundancia total. Por otro lado, en los meses de Enero y Febrero no se capturaron organismos juveniles para ninguna especie (Figura 6).

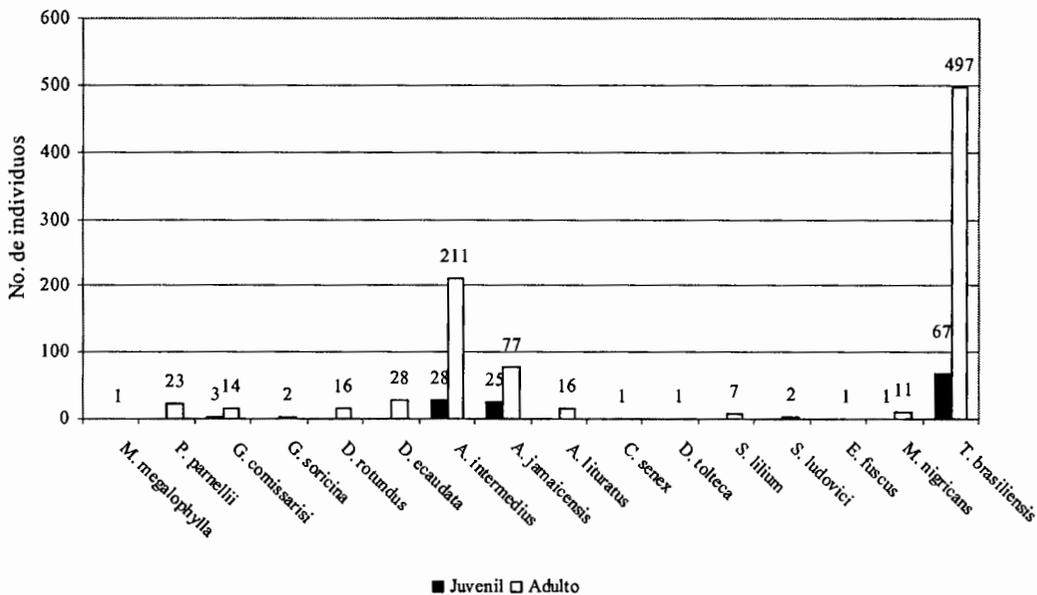


Figura 6. Cantidad de organismos juveniles y adultos encontrados para cada una de las especies.

Durante el estudio no se han registrado juveniles de todas las especies presentes en la cueva. El total de los juveniles capturados pertenecen a sólo cinco especies. De estas, *Tadarida brasiliensis* tuvo la mayor cantidad de organismos juveniles (67 ind) lo que representa el 11% de la población, los cuales fueron capturados de abril a octubre, siendo agosto el mes donde se encontró el mayor presencia (25 ind). Para *Artibeus intermedius* se capturaron un total de 28 organismos juveniles de abril a octubre con un pico máximo de reclutamiento en julio (11 ind) y agosto (12 ind), los juveniles representan el 13.27% de la población. Se capturaron 25 juveniles de *A. jamaicensis* de marzo a octubre, el mayor reclutamiento se presentó en el mes de julio (12), del total de

capturas para esta especie los juveniles representaron el 24%. Se capturó un individuo juvenil de *Myotis nigricans* en el mes de Mayo y tres juveniles de *Glossophaga commissarisi*, uno en julio y dos en agosto (Figura 6).

Proporción de sexos

Las hembras representaron el 52.91% (546) del total de los organismos capturados, mientras que los machos son el 47.09% (486). Las hembras fueron más abundantes durante los meses de enero, marzo, abril, mayo y agosto. Abril fue donde se presentó la mayor diferencia, al ver una diferencia de casi 4:1. Durante el mes de agosto la cantidad de machos fue casi de 3:1 con respecto a las hembras. Hay que considerar que durante este mes no se encontraron hembras de *Tadarida brasiliensis* en la cueva. (Figura, 7).

De las 16 especies, solo en caso de nueve se capturaron individuos de ambos sexos: *Pteronotus parnellii*, *Glossophaga commissarisi*, *Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata*, *Artibeus jamaicensis*, *A. intermedius*, *A. lituratus*, *Sturnira lilium*, y *Tadarida brasiliensis*. De estas, siete especies fueron presentes a lo largo de todo el muestreo. En las otras dos especies en que se capturaron tanto hembras como machos, *D. ecaudata* fue capturada de Enero a Mayo. Por otro lado, *Sturnira lilium* estuvo presente en cinco meses, pero en ninguna ocasión se encontraron organismos de ambos sexos durante el mismo mes. En tres casos en donde se encontraron ambos sexos para una especie, el total de machos superó al de hembras: *P. parnellii* (56.52%), *D. rotundus* (62.5%) y *T. brasiliensis* (52.30%). Cabe destacar que durante los meses de junio y julio no se capturó ninguna hembra de *P. parnellii* y *T. brasiliensis* (Figura 8).

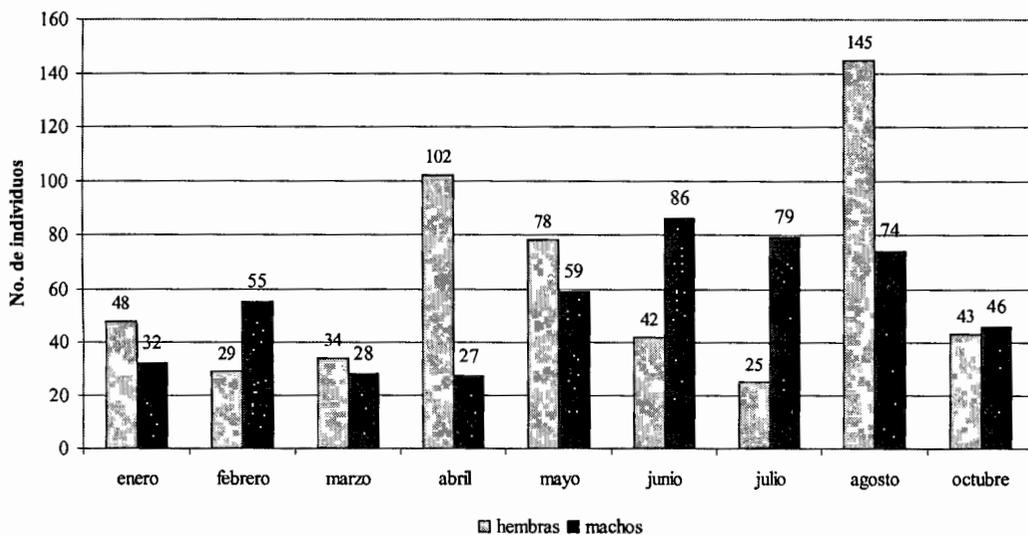


Figura 7. Se muestra la cantidad de hembras y machos para todas las especies en cada uno de los meses.

En cuanto a las siete especies con individuos capturados de sólo uno de los sexos, en cinco solamente se capturaron hembras (*Glossophaga soricina*, *Centurio senex*, *Dermanura tolteca*, *Sturnira ludovici* y *Myotis nigricans*), mientras en el caso de *Mormoops megalophylla* y *Eptesicus fuscus* sólo se registraron machos. Con excepción de *M. nigricans* estas especies fueron capturadas solo en una o dos ocasiones (Figura 8).

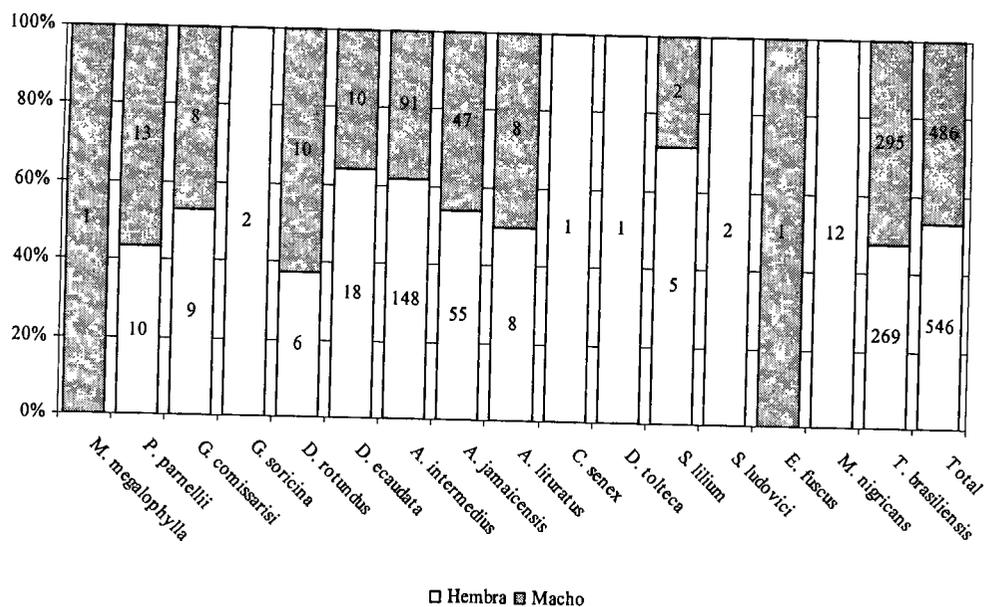


Figura 8. Se muestra la cantidad de hembras y machos colectados para cada una de las especies.

Estado reproductivo

Hembras

De las 487 hembras capturadas 276 fueron inactivas, 55 preñadas y 156 lactantes. De las 14 especies de hembras encontradas 12 presentaron actividad reproductiva en forma de preñez o lactancia. Solo en los casos de *Sturnira ludovici* y *Centurio senex* no se encontró actividad reproductiva (Figura 9).

En mayo se encontraron 24 hembras preñadas correspondientes a seis especies, el número más alto tanto en individuos como en especies. De éstas, *Artibeus intermedius* (8) y *Tadarida brasiliensis* (7) son las especies que más aportan al número total de hembras reproductivas en este mes. En el caso de *A. intermedius* fue el número total de hembras de esta especie en este mes, así como también donde se encontró la mayor cantidad de hembras preñadas, a diferencia de *T. brasiliensis* que representan el 7% de las hembras y único mes donde se encontraron hembras preñadas para esta especie (Figura 9).

En agosto se registraron 78 hembras lactantes correspondientes a cuatro especies, 44 pertenecen a *Artibeus intermedius* y 28 a *Tadarida brasiliensis*. Mes donde se encontró la mayor cantidad de hembras preñadas para *A. intermedius*, ya que corresponden al 84% de las hembras capturadas en este mes para esta especie a diferencia *T. brasiliensis* en donde representan el 45% de las hembras, únicas hembras lactantes encontradas para esta especie. En junio se encontraron hembras preñadas de cinco especies en 25 individuos, de los cuales 21 corresponden a *A. intermedius* (Figura 11).

En julio y agosto no se encontraron hembras preñadas para ninguna especie. Los meses donde se encontró la menor cantidad de especies y organismos lactantes fue enero con dos hembras lactantes correspondientes a *Glossophaga soricina* y *Artibeus jamaicensis*. En octubre sólo se encontró una hembra lactante correspondiente a *Artibeus intermedius*.

Hembras preñadas de *Glossophaga commissarisi* fueron capturadas en abril (1 ind) y mayo (1 ind). Para *Desmodus rotundus* se presentaron en los meses de Junio (1 ind) y Octubre (1 ind). Enero (2 ind), febrero (5 ind) y mayo (4 ind) se encontraron hembras preñadas de *Diphylla ecaudata*. También se encontraron hembras preñadas para *Sturnira lilium* en junio (1 ind) y *Myotis nigricans* en mayo (2 ind).

En dos especies se encontraron sólo hembras preñadas: *Pteronotus parnellii* (3 ind en abril y 2 ind en mayo) y *Dermanura tolteca* (1 ind en octubre). De *Glossophaga*

soricina se capturó un individuo lactando en enero. En las ocho especies restantes se encontraron hembras tanto preñadas como lactantes.

Para *Glossophaga commissarisi* se encontraron hembras lactantes en abril (1 ind) y junio (1 ind). En junio (1 ind) y julio (1 ind) se capturaron hembras lactantes de *Desmodus rotundus*. *Diphylla ecaudata* presentó hembras lactantes en febrero (2 ind), abril (1 ind) y mayo (1 ind). Las otras tres especies donde se encontraron hembras fueron *A. lituratus* en marzo (1 ind), julio (1 ind) y agosto (3 ind); *Sturnira lilium* en agosto (3 ind) y *Myotis nigricans* en mayo (2 ind) y junio (1 ind).

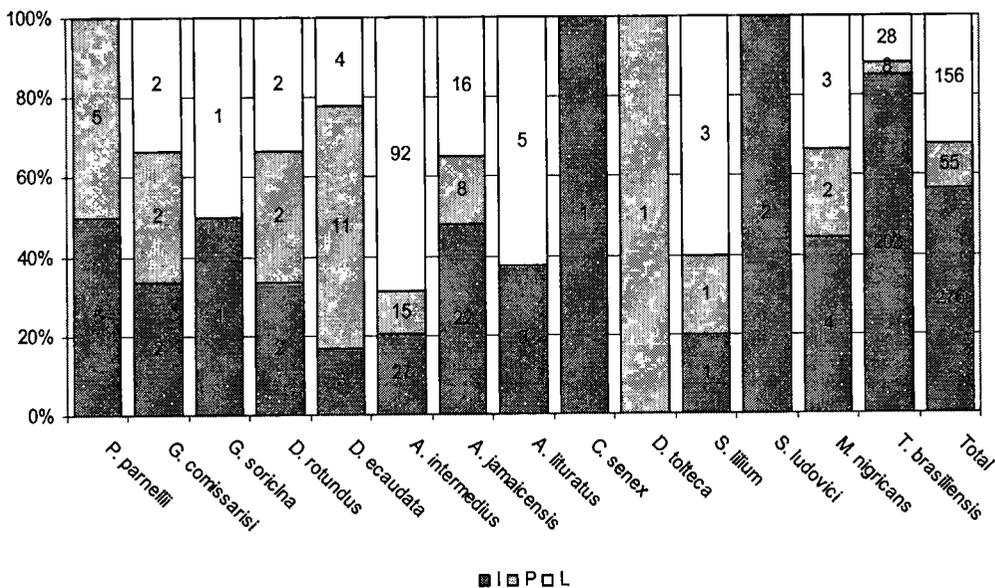


Figura 9. Porcentaje de hembras capturadas en cada estado reproductivo (I: Inactivas; P: Preñadas; L: Lactantes).

Machos

En lo que refiere a los machos 156 presentaron testículos abdominales, 196 con testículos inguinales y 67 con testículos escrotados, que corresponden a siete especies (Figura 10). De estos los que presentaron mayor actividad fueron *Desmodus rotundus* al ser capturados ocho machos escrotados en cinco de los siete meses donde se capturaron machos. Por otro lado para *Artibeus intermedius* se capturaron machos con testículos escrotados a partir del mes de Marzo, siendo los meses de Agosto (17 ind) y Octubre (15 ind) donde se encontraron la mayor cantidad de ellos. Las otras especies que

A pesar de que identificaron visualmente un individuo de *S. lilium* perchando dentro de una cueva en Puebla, capturaron otro durante la noche en la entrada de una cueva en Tabasco (Villa, 1967), y dos hembras fueron capturadas en una dolina abierta de Actún Lol –Tún durante la noche, se considero poco probable que usaran las cuevas como refugio diurno (Arita, 1995). Otras especies como *Centurio senex* y *Sturnira ludovici* tampoco se ha considerado que usen las cuevas como refugio. Pero recientemente se han encontrado individuos de *Sturnira lilium* y *Sturnira ludovici* utilizando cuevas en el Parque Nacional Lagos de Montebello (Aguirre, 2006), por lo tanto se considera que estas dos especies hacen uso de esta cueva como un refugio alternativo, al ser encontradas en más de una ocasión. Por otra parte se ha observado que la pérdida de hábitat causa que *S. lilium* busque refugios alternos a los que normalmente utilizaría (Evelyn y Stiles .2003; Gannon, *et al.*, 1989), situación que se da en los alrededores de la cueva de San Francisco, ya que debido al cambio de uso de suelo, pasando de bosque de encino a zonas de cultivo, perdiéndose con esto los sitios de percha para estas especies.

A pesar de que para *C. senex* no se tienen registros de uso de cuevas, fue considerado dentro del análisis, debido a que fue capturado en las mismas condiciones que *Sturnira lilium* y *Sturnira ludovici*, sin embargo no es posible asegurar con toda certeza que este usando la cueva como refugio diurno. Por otro lado *C. senex* es una especie que se distribuye principalmente en ambientes tropicales. El registro con mayor altitud conocido para esta especie es de 1421 msnm en Nicaragua (Snow, *et al.* 1980), lo que dejaría al registro mostrado en este trabajo, como la mayor altitud donde se ha presentado, ya que la cueva de San Francisco se encuentra a 1542 msnm.

Dermanura tolteca tampoco fue considerada como una especie cavernícola por Arita (1993), sin embargo ha sido registrada por otros autores usando cuevas en varios estados de la República Mexicana, incluyendo a Chiapas (Reddell, 1981; Webster y Jones, 1982). Otras especies en donde se capturaron pocos individuos son *Glossophaga soricina* y *Eptesicus fuscus*, en ambos casos se considera que usan las cuevas como un refugio alternativo, ya que también se les ha encontrado utilizando otro tipo de refugios como árboles, minas, construcciones, alcantarillas y hojas de árboles. Las colonias registradas para estas especies usando cuevas en algunos casos han sido con pocos individuos (Álvarez, *et al.*, 1991; Arita, 1993; Arita, 1995; Whitaker y Barnard, 2005). A esto podemos aunar que en el caso de *E. fuscus* se ha observado que su abundancia

disminuye en bosques de coníferas (Kurta y Baker, 1990). Por lo cual no es raro observar que la cantidad de organismos capturados en la cueva sea tan poca.

Un caso diferente es el de *Mormoops megalophylla* que utiliza las cuevas como su principal refugio. Generalmente forma colonias por arriba de los 100 individuos y pueden llegar a los 500,000 individuos (Rezsutek y Cameron, 1993). Situación que no se presentó en la cueva de San Francisco ya que sólo se logró la captura de un individuo. A pesar de que se le ha encontrado en los mismos hábitats que *Glossophaga commissarisi*, *Sturnira lilium* y *Artibeus jamaicensis*; y por otra parte, utilizando las mismas cuevas que *Pteronotus parnellii* y *Tadarida brasiliensis* (Arita, 1993; Rezsutek y Cameron, 1993), todas especies encontradas en esta cueva.

Las especies *Glossophaga commissarisi*, *Artibeus intermedius*, *Artibeus jamaicensis*, *Artibeus lituratus* y *Myotis nigricans* usan las cuevas como refugio alternativo. Con excepción de *M. nigricans* todas estas especies estuvieron presentes en casi todo el muestreo. El tamaño de las poblaciones reportado para estas especies en otros lugares son acordes con los datos obtenidos, y se sugiere que son colonias cercanas a 100 o menos individuos (Arita, 1993, Arita, 1995, Webster, *et al.*, 1993, Ortega, *et al.*, 2001, Wilson, *et al.*, 1974).

Dentro de las especies que usan las cuevas como su principal refugio encontramos a *Pteronotus parnellii*, *Desmodus rotundus*, *Diphylla ecaudata* y *Tadarida brasiliensis* (Arita, 1993). *D. ecaudata* fue encontrada durante los primeros cuatro meses del año, por lo cual se considera que usa la cueva de forma temporal y utiliza otro refugio durante el resto del año. La ausencia de *D. ecaudata* durante gran parte del año podría ser explicada en parte, al observar el aumento en la colonia de *T. brasiliensis*, a partir del mes Abril, en donde se estimaron más de 10,000 individuos. Debido a que la colonia de *T. brasiliensis* causa un gran bullicio durante su paso a través de la cueva, ya que sus sitios de percha fueron ubicados en las últimas secciones de la cueva y se ha observado que *D. ecaudata* es muy susceptible a la perturbación, lo que genera que cambie de refugio (Greenhall, *et al.*, 1984).

Las colonias de *Pteronotus parnellii* generalmente tienen un tamaño promedio superior a los 100 individuos (Arita, 1993; Herd, 1983), para esta cueva se considera que es menor, debido a los resultados obtenidos. Un caso diferente es el de *Tadarida brasiliensis*, lo esperado era que la colonia migrara al norte a partir marzo y regresara en Octubre, de acuerdo a la información que se conoce de los periodos de migración en el norte de su distribución (McCracken, *et al.*, 1997), lo cual no fue conforme al encontrar

la colonia mas grande durante este periodo. De aquí se desprende la importancia de dar continuidad con estudios enfocados en los movimientos migratorios de *T. brasiliensis* en esta región, ya que hay pocos trabajos de los movimientos estacionales en la literatura para México y ninguno para Chiapas.

Diversos trabajos han mostrado cuales son las características físicas y condiciones ambientales que determinan porque algunas cuevas presentan mayor diversidad que otras. Por un lado se ha encontrado que, las cuevas grandes son las que han mostrado diversidades más altas (Arita, 1993, Arita, 1995, Brunet y Medellín, 2001). Situación que se presenta en la cueva de San Francisco al estar ubicada entre las 100 cuevas más grandes de México con un profundidad de 1.7 km (AMCS, en línea <http://www.amcs-pubs.org/longcaves.html>). Sin embargo, el tamaño de la cueva no es la única característica que favorece la diversidad encontrada. Por otro lado la cueva de San Francisco presenta una gran cantidad de depresiones cónicas en los techos, característica que se ha visto incrementa la diversidad de especies en las cuevas. Esto se ha observado al ver que especies de los géneros de *Artibeus* y *Myotis* (presentes en este trabajo) aparecen con mayor frecuencia en cuevas con esta característica, ya que facilitan la segregación entre las diferentes especies, así como también entre los organismos de una misma. Un ejemplo de esto lo podemos apreciar con *A. jamaicensis*, especie en la cual se ha observado que generalmente forma grupos con un macho dominante y varias hembras y juveniles, la presencia de estas depresiones permite que estos organismos puedan quedar semi aislados de los demás dentro de la misma cámara o túnel (Arita, 1995, Brunet y Medellín, 2001; Ortega y Castro-Arellano, 2001).

La cueva de San Francisco presenta muchas características físicas que hacen de ella un refugio idóneo para varias especies de murciélagos, sin embargo no podemos dejar de tomar en cuenta que la temperatura y humedad relativa juegan un papel fundamental en la selección de refugios por los murciélagos. Esto es debido a que en condiciones optimas se reduce el gasto energético, al haber una optimización de sus procesos fisiológicos y metabólicos, los cuales no sólo son esenciales durante su reposo diurno, ya que esta optimización del gasto energético adquieren mayor importancia durante algunas fases críticas en la vida de los murciélagos como son la preñez, lactancia e hibernación (McNab, 1974, McNab, 1986). Con base en esto se puede entender la gran especificidad mostrada por cada una de las especies de murciélagos en la elección de los refugios.

Por un lado variaciones en la humedad de los refugios se ha correlacionado positivamente con la riqueza de especies en algunas cuevas tropicales, lo cual sugiere que el balance de agua puede ser un factor significativo para los murciélagos en ambientes tropicales y podría parcialmente determinar la riqueza de especies de los murciélagos cavernícolas. Y por otro lado en zonas templadas el uso de refugios es más limitado por temperatura que por la humedad relativa ya que influyen de manera más importante en los parámetros micro climáticos (Arita, 1995, Ávila-Flores y Medellín, 2004). La cueva de San Francisco se encuentra ubicada en los Altos de Chiapas, y presenta características más parecidas a zonas templadas, por lo cual se podría considerar que la temperatura sería un factor más importante en la selección de refugio por parte de los murciélagos de la región.

A pesar de que las cuevas son sistemas con condiciones físico-ambientales muy estables, tienen algunas variaciones internamente. Por ejemplo la temperatura es muy estable, pero las corrientes de aire que fluyen a través de las cuevas la modifican y mientras más grande sea una cueva presenta la posibilidad de encontrar una mayor cantidad de condiciones micro climáticas, lo que representa a su vez, la posibilidad de albergar una mayor cantidad de especies (McNab, 1974; Ávila-Flores y Medellín, 2004).

La cueva de San Francisco no presenta otras entradas, por lo tanto las corrientes de aire no son un factor que altere de manera muy brusca las condiciones de la cueva como sucede en cuevas con mas de una entrada (Buecher, 1999, Forbes, 1999, Jeringan y Swift, 2001), por lo cual podemos suponer que las condiciones mostradas dentro de ella se mantienen dentro de un rango muy estrecho a lo largo de todo el año. Durante parte del año la cueva se inundó y no fue posible tomar los datos de temperatura y humedad. Sin embargo durante los meses de febrero y marzo se lograron tomar algunos datos de temperatura durante la noche y se encontraron entre los 19 y 21° C.

Todas las especies de murciélagos encontrados en este trabajo han sido registradas en diferentes rangos de temperatura y humedad, las cuales sino son exactamente los mismos, si se sobrelapan entre ellos. A pesar de que todas las especies pueden soportar estas temperaturas, en cada caso encontraremos diferencias en sus condiciones óptimas. Esto nos da la pauta con la cual podemos explicar porque algunas de la especies sólo se encontraron durante parte del año, en otros casos las hembras de algunas especies no fueron presentes, así como también las variaciones en la abundancias de las especies que si estuvieron a lo largo de todo el año.

Aunque en la literatura (Ortega y Castro-Arellano, 2001; Evelyn y Stiles, 2003) se reporta que la actividad reproductiva de *Artibeus jamaicensis* y *A. intermedius* a lo largo de todo el año, con los resultados obtenidos se muestra picos de actividad para cada una de estas especies, para *A. jamaicensis* de enero a marzo fue donde se encontró la mayor cantidad de hembras tanto preñadas como lactantes y fue la especie que presentó el mayor porcentaje de organismos juveniles con respecto a la población. Por otra parte *A. intermedius* presentó mayor abundancia durante el mes de agosto, situación que coincide con dos contextos, el primero es que el 83% de la hembras capturadas se encuentran lactando y el segundo es el mes donde se presenta la mayor cantidad de organismos juveniles para esta especie. En el caso de *Myotis nigricans* en el cual solo se capturaron 12 hembras de abril a junio y de las cuales el 22% estaban preñadas y el 33% lactantes, lo que representa que el 55% de las hembras capturadas presentaron actividad. Algo similar sucede con *Sturnira lilium* que de las cinco hembras capturadas una estaba preñada y tres lactantes. *Diphylla ecaudata* presentó los picos máximos de captura en los meses de Febrero y Mayo (13 ind) y siendo este último en donde se encontró, en estos mismos meses fue donde se encontró la mayor cantidad de hembras tanto lactantes como preñadas. Estos datos muestran que la mayoría de las especies incrementaron su abundancia en la cueva cuando presentaron preñez o lactancia.

Además las especies, *P. parnellii* y *T. brasiliensis* presentes a lo largo de todo el muestreo, ofrecieron un patrón diferente de actividad, ya que en vez de que sus poblaciones aumentaran durante los periodos de maternidad, estos disminuyeron. Se encontraron hembras preñadas en abril y mayo, información que coincide con lo registrado en otros lugares sobre las fechas de maternidad para estas dos especies y durante los dos meses posteriores no se capturaron hembras, lo cual se puede explicar de la siguiente manera, en el caso de *P. parnellii* durante los meses de junio y julio se han reportado formando colonias de maternidad, las cuales dependen al parecer de cuevas calidas, pero solo usan las cuevas calientes como refugios durante el periodo de maternidad, con temperaturas entre los 33.5-37.0° C y un rango de humedad que varía del 45% al 90% (Avila-Flores y Medellín, 2004), condiciones que no son presentes en la cueva de San Francisco (al menos con los datos obtenidos durante los primeros meses del año), por lo cual existe la posibilidad de que estos organismos migren a otra cueva con temperaturas mas elevadas, este tipo de movimientos no se han reportado para esta especie, pero no es un fenómeno extraño entre los murciélagos y que cada vez más especies lo presentan (Briggler y Prather, 2003, Galindo, *et al.*, 2004, Prather y

Briggler, 2002). Un posible destino podría ser la cueva de los Laguitos en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, (aproximadamente a 140 km) donde se ha reportado la presencia de esta especie a lo largo de todo el año y con abundancia relativa superior a los 1000 individuos, y que cumple con las características mas apropiadas para la maternidad (Riechers, *et al.*, 2003). En el caso de *Tadarida brasiliensis* los decrementos en la cantidad de hembras en los meses de febrero y marzo coinciden con la temporada de migración, y en el caso de junio y julio con la temporada de maternidad, lo que indica la posibilidad de que la colonia presente en esta cueva, al menos en el caso de las hembras, presente movimientos estacionales parecidos a los reportados para las poblaciones del norte de México, pero que en el sur no se conoce la ubicación de los destinos, ya que las únicas cuevas conocidas cercanas en donde se ha reportado la presencia de *T. brasiliensis* se encuentran en el Estado de Puebla, México (hacia el norte) y en el Petén, Guatemala (hacia el sur, Redell, 1981).

Con esta información y observando que no todas las especies presentaron ambos sexos, ya que de las 16 especies encontradas en 14 casos se encontraron hembras, de las especies de hembras en cinco sólo se presentaron hembras. En los casos de *C. senex* y *S. ludovici* (solo se capturaron tres individuos entre ambas especies) no presentaron ni preñez ni lactancia. En las doce especies restantes mas del 50% de las hembras capturadas presentaron alguno de los dos estados reproductivos, ya sea preñez o lactancia, con excepción de *T. brasiliensis* en donde el porcentaje de hembras que presentaron actividad fue del 15%. Con base en esta información se piensa que utilizan esta cueva principalmente durante el periodo de maternidad.

Las diferencias mostradas entre varios de los meses para ambos índices responden a las abundancias relativas de las especies de *A. jamaicensis*, *A. intermedius* y *T. brasiliensis*, más que a la presencia - ausencia o abundancia relativa de las demás especies residentes, temporales u ocasionales, ya que estas nunca aportan más de 13 individuos, situación que se presentó en el caso de *Diphylla ecaudata* en los meses de febrero y mayo. Por tal motivo la aplicación de índices de diversidad para esta cueva no se considera recomendable, debido a que las abundancias relativas de *T. brasiliensis*, *A. intermedius* y *A. jamaicensis* son comparativamente altas con respecto a las demás, por lo tanto, los valores mostrados por cada uno de los índices en cada uno de los meses, es principalmente un reflejo de las fluctuaciones de las poblaciones de estas tres especies a lo largo del muestreo.

Finalmente hay que mencionar que la cueva de San Francisco es considerada como prioritaria para su conservación debido a que presenta una alta diversidad de murciélagos (Arita, 1993). Sin embargo también tenemos que considerar la utilización que hacen los murciélagos de ella, ya que en el caso de las hembras, 12 de las 14 especies encontradas presentan actividad reproductiva.

Conclusiones

Con los registros obtenidos en el presente trabajo, se refuerza lo dicho por Arita (1993) acerca de la importancia de la conservación de la cueva de San Francisco pues presenta 16 especies de murciélagos utilizandola como refugio.

La importancia de esta cueva no solo radica en la alta diversidad de especies de murciélagos, sino también en la utilización que hacen de ella, ya que en el caso de las hembras, 12 de las 14 especies encontradas presentan actividad reproductiva.

El periodo en que se debe prestar más atención a la protección de la cueva es de abril a junio. Por un lado debido a que son los meses con mayor riqueza de especies y por otro lado son los meses donde mas especies de hembras presentaron actividad reproductiva.

A pesar de que *Tadarida brasiliensis* ocupa la cueva a lo largo de todo el año, no utiliza la cueva para formar colonias de maternidad. Lo cual genera la necesidad de dar continuidad con los estudios de esta especie y sus movimientos estacionales para el sur de México.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, B. Y. T. 2006. Diversidad de Murciélagos en el Parque Nacional Lagunas de Montebello. Tesis. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Pag. 63.
- Alvarez-Castañeda, S. T. 1992. Zoogeografía de los murciélagos de Chiapas. Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. 38: 139-159.
- Alvarez, J., Willing, M. R., Jones, J. K. Jr., Webster, W. D. 1991. *Glossophaga soricina*. Mammalian Species. 379: 1-7.
- Arita, H. T. 1993. Conservation biology of the cave bats of México. Journal of Mammalogy. 74: 693-702.
- Arita, H. T., Ceballos, G. 1997. Los mamíferos de México: distribución y estados de conservación. Revista Mexicana de Mastozoología. 2: 33-77.
- Arita, H. T., Vargas, J. A. 1995. Natural history, interspecific association, and incidence of the cave bats of Yucatán, México. The Southwestern Naturalist. 40: 29-37.
- Avila-Flores, R., Medellín, R. A. 2004. Ecological, taxonomic, and physiological correlates of cave use by mexican bats. Journal of Mammalogy. 85: 675-687.
- Bernard, E., Fenton, M. B. 2003. Bat mobility and roosts in a fragmented landscape in central amazonia, Brazil. Biotropica. 35: 262-277.
- Bonaccorso, F. J., Arends, A., Genoud, M., Cantoni, D., Morton, T. 1992. Thermal ecology of moustached and ghost-faced bats (Moormopidae) in Venezuela. Journal of Mammalogy. 73: 365-378
- Briggler, J. T., Prather, J. W. 2003. Seasonal use and selection of caves by the eastern pipistrelle bat (*Pipistrellus subflavus*). The American Midland Naturalist. 149: 406-412.
- Brunet, A. K., Medellín, R. A. 2001. The species-area relationship in bat assemblages of tropical caves. Journal of Mammalogy. 82: 1114-1122.
- Buecher, R. H. 1999. Microclimate study of kartchner caverns, Arizona. Journal of Cave and Karst Studies 61: 108-120
- Buecher, D. C., Sidner, R. M. 1999. Bats of Kartchner caverns State Park, Arizona. Journal of Cave and Karst Studies. 61: 102-107.

- Cardoso, C. 1979. El Clima de Chiapas y Tabasco. UNAM. México, D.F. 99 pag.
- Ceballos, G., Simonetti, J. A. 2002. Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales. CONABIO. México. P. p: 377-414.
- Evelyn, M. J., Stiles, D. A. 2003. Roosting requirements of two frugivorous bats (*Sturnira lilium* and *Arbiteus intermedius*) in fragmented neotropical forest. *Biotropica* 35: 405–418.
- Davis, 1954
- Forbes, J. 1999. Air temperature and relative humidity study: Torgac Cave, New Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies* 60: 27-32.
- Galindo G. C., Sánchez Q. A., Quijano, R. H. 2004. Population dynamics of a resident colony of *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera: Phyllostomidae) in central México. *Biotropica* 36: 382–391
- Gannon, M. R., Willing, M. R., Jones, J. K. Jr. 1989. *Sturnira lilium*. 333: 1-5.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Tercera Edición, México, D.F. 243 pag.
- Greenhall, A. M., Joerman, G., Schmidt, U. 1983. *Desmodus rotundus*. *Mammalian Species*. 202: 1-6.
- Greenhall, A. M., Schmidt, U., Joerman, G. 1984. *Diphylla ecaudata*. *Mammalian Species*. 227: 1-3.
- Herd, R. M. 1983. *Pteronotus parnellii*. *Mammalian Species*. 209: 1-5.
- Hoffmann, A., Palacios-Vargas, Morales-Malacara, J.B. 1986. Manual de Bioespeleología. Universidad Nacional Autónoma de México. 274 pp.
- Horvath, A., Vidal-López, R., y Sarmiento, A. R. 2001. Mamíferos del Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chipas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología*. 5: 6-26.
- INEGI, 1985. Carta Edafológica. Tuxtla Gutiérrez. E15-11 (Esc. 1:250,000). Instituto de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI, 1985. Carta Geográfica. Tuxtla Gutiérrez. E15-11 (Esc. 1:250,000). Instituto de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI, 1985. Carta Fisiográfica. Villahermosa.. E15-11 (Esc. 1:1'000,000). Instituto de Estadística, Geografía e Informática.

- Jagnow, D. H. 1998. Bat usage and cave management of Torgac Cave, New Mexico. *Journal of Cave and Karst Studies*. 60: 33-38.
- Jernigan, J. W., Swift, R. J. 2001. A mathematical model of air temperature in Mammoth Cave, Kentucky. *Journal of Cave and Karst Studies* 63: 3-8.
- Johnson, S. A., Brack, V., Rolley, R. E. 1997. Overwinter weight loss of Indiana bats (*Myotis sodalis*) from hibernacula subject to human visitation. *American Midland Naturalist*. 139:255–261
- Keeley, A. T. H., Keeley, B. W. 2004. The mating system of *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) in a large highway bridge colony. *Journal of Mammalogy*. 85: 113-119.
- Kunz, T. H. 1988. *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution Press. pp. 533.
- Kurta, A., Baker, R. H. 1990. *Eptesicus fuscus*. *Mammalian Species*. 356: 1-10.
- Lacki, M. J. 2000. Effect of trail users at a maternity roost of rafinesque's big-eared bats. *Journal of Cave and Karst Studies*. 62:163-168.
- Lazcano, S. C. 1988. Las Cavernas de Cerro Grande, estados de Colima y Jalisco. Universidad De Guadalajara. México. pp. 144.
- McCracken, G. F., Gassel, M. F. 1997. Genetic structure in migratory and nonmigratory populations of brazilian free-tailed bats. *Journal of Mammalogy*. 78: 348-357.
- McNab, B. K. 1974. The Behavior of Temperate Cave Bats in a Subtropical Enviroment. *Ecology*. 55: 943-958.
- McNab, B. K. 1986. The Influence of Food Habits on the Energetics of Eutherian Mammals. *Ecological Monographs*. 56: 1-19.
- Medellín, R. A., Equihua, M. y Amin, M. A. 2000. Bat diversity and abundance indicators of disturbance in neotropical rainforest. *Conservation Biology*. 14: 1666-1675.
- Medellín, R. A., Arita, H. T., Sánchez, H. O. 1997. Identificación de los murciélagos de México. Clave de campo. Asociación Mexicana de Mastozoología, A.C. Publicaciones Especiales Num. 2. 83 pp.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Tesis. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pag. 86.

- Moreno, C. E. y Halfpeter, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*. 37:149-158.
- Naranjo, P. E., Lorenzo, M. C., Horvath, A. 2006. La diversidad de mamíferos de Chiapas (cordilladores). En: González-Espinoza, M., Ramírez-Marcial, N. y Ruiz-Montoya, L. 2005. *Diversidad Biológica de Chiapas*. Pag. 221-263.
- Ortega, G., Arita, H. T. 1998. Neotropical-neartic limits in middle america as determined by distributions of bats. *Journal of Mammalogy*. 79: 772-783.
- Ortega, J., Castro-Arellano, I. 2001. *Artibeus jamaicensis*. *Mammalian Species*. 662: 1-9.
- Peck, S. B. 1998. A summary of diversity and distribution of the obligate cave-inhabiting faunas of the United States and Canada. *Journal of Cave and Karst Studies* 60: 18-26.
- Petit, S., Rojer, A., Pars., L. 2006. Surveying bats for conservation: the status of cave-dwelling bats of Curacao from, 1993-2003. *Animal Conservation*.
- Prather, J. W., Biggler, J. T. 2002. Use of small caves by ozark big-eared bats (*Corynorhinus townsendii ingens*) in Arkansas. *The American Midland Naturalist*. 148: 193-197.
- Ramamoorthy, T. P., R. By e, A. Lot y J. Fa. 1993. *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución*. Instituto de Biología UNAM, México, pp 792.
- Ramírez-Pulido, J., Arroyo-Cabrales. J., Castro-Campillo. A. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 21: 21-82.
- Reddell, J. R. 1981. *A Review of the Cavernicole Fauna of Mexico, Guatemala and Belize*. Texas Memorial Museum. The University of Texas at Austin. Estados Unidos de America. 327 p.
- Reid, F. A. 1997. *A field guide to the mammals of central and southeast Mexico*. Oxford University Press. New York. United States of America. Pag. 334.
- Renata, O. G., Lorenzo, C. 2002. Lista de los mamíferos terrestres de Chiapas. endemismo y estado de conservación. *Acta Zoologica Mexicana. (n.s.)*. 85: 25-49.
- Rezsutek, M., Cameron, G. N. 1993. *Mormoops magalophylla*. *Mammalian Species*. 448: 1-5.

- Riechers, A., Martínez-Coronel, M y. Vidal L R. 2003. Consumo de polen de una colonia de maternidad de *Leptonycteris curasoae* en Tuxtla Gutierrez, Chiapas. An. Inst. Biol., UNAM, Ser. Zool. 74: 43–66.
- Snow, J. L., Jones, J. K. Jr., Webster W. D. 1980. *Centurio senex*. Mammalian Species. 138: 1-3.
- Solow, A. R. 1993. A simple test for change in community structure. Journal of Animal Ecology. 62: 191-193.
- Trajano, E. 1995. ¿Protecting caves for the bats or bats for the caves? Chiroptera Neotropical. 1: 19-22.
- Trajano, E. 2000. Cave faunas in the atlantic tropical rain forest: composition, ecology and conservation. Biotropica. 32: 882–893.
- Trombulak, S. C., Higuera, P. E., Desmeules, M. 2001. Population trends of wintering bats in Vermont. Northeastern Naturalist. 8:51-62.
- Tuttle, M. D., Moreno, A. 2005. Murciélagos cavernícolas de norte de México. Su importancia y problemas de conservación. Bat Conservation International. Estados Unidos. 49 pag..
- Villa, B. 1967. Los murciélagos de México. Instituto de Biología. Univesidad Autónoma de México. México.
- Webster, W. D., Jones, J. K. 1982. *Artibeus toltecus*. Mammalian Species. 178: 1-3.
- Webster, W. D., Jones, J. K. 1993. *Glossophaga commissarisi*. Mammalian Species, 446: 1-3.
- Wilkins, K. T. 1989. *Tadarida brasiliensis*. Mammalian Species. 331: 1-10.
- Wilson, D. E., Laval, R. K. 1974. *Myotis nigricans*. Mammalian Species.39: 1-3.
- Wilson, D. E. y Reeder, D. M. 2005. Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference. Tercera Edición. Johns Hopkins University Press. Pag. 2000.
- Whitaker, J. O. Jr., Barnard S. M. 2005. Food of big brown bats (*Eptesicus fuscus*) from a colony at Morrow, Georgia. Southeastern Naturalist 4: 111–118
- Whitaker, J. O Jr., Gummer, S. L. 1999. Population structure and dynamics of big brown bats (*Eptesicus fuscus*) hibernating in buildings in Indiana. American Midland. Naturalist. 143: 389–396.

Anexo 2. Índices de Diversidad de Shannon – Wiener para cada uno de los meses. Los meses marcados en color gris son en donde se encontró la mayor y menos diversidad.

Mes	H	Varianza H	Límite inferior 95%	Límite superior 95%
Enero	1.064	0.018180	0.7472	1.270
Febrero	1.158	0.012470	0.8964	1.330
Marzo	1.480	0.016040	1.1720	1.634
Abril	1.204	0.011260	0.9478	1.359
Mayo	1.101	0.011630	0.8571	1.266
Junio	1.329	0.007612	1.1360	1.473
Julio	1.279	0.007845	1.0650	1.421
Agosto	1.057	0.004267	0.9102	1.159
Octubre	1.410	0.010400	1.1530	1.550

Anexo 3. Índices de Dominancia de Simpson para cada uno de los meses. Los meses marcados en color gris son en donde se encontró la mayor y menos diversidad.

	Índice	Límite inferior 95%	Límite superior 95%
Enero	1.955	1.541	2.532
Febrero	2.349	1.848	2.966
Marzo	3.420	2.506	4.221
Abril	2.221	1.824	2.710
Mayo	1.917	1.607	2.302
Junio	2.881	2.393	3.380
Julio	2.956	2.421	3.360
Agosto	2.336	2.128	2.549
Octubre	3.269	2.654	3.900