



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

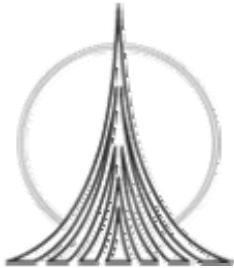
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA



**“DIVERSIDAD QUIROPTEROFAUNÍSTICA
DEL PARQUE NACIONAL IZTA-POPO Y
SUS ÁREAS DE INFLUENCIA”**

T E S I S
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
MARY CARMEN ORNELAS RIVERA

DIRECTOR DE TESIS: BIOL. CRISTÓBAL GALINDO GALINDO



MEXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

D E D I C A T O R I A



A MIS ABUELOS

MARÍA VILLALOBOS Y AUSENCIO ORNELAS

Por que en los momentos más difíciles han estado conmigo; sin tu apoyo abue no lo hubiera logrado.

A MI ABUELA

ROSA MARÍA GONZÁLEZ

En ti siempre encontré cobijo mamá Rosita gracias;

A MIS PADRES

ISABEL RIVERA Y ALFREDO ORNELAS

Por que sacrificaron sus sueños por los míos, gracias por ser como son, me han dejado la mejor herencia: la escuela, gracias Papi;

A MI ANGEL URIEL

Eres mi razón de vivir y mi más grande inspiración.

A MIS HERMANOS

Alfredo, Lucy, David y Ricardo, va por ustedes, nunca olviden que los amo y los admiro, además de que somos un lindo equipo.

A G R A D E C I M I E N T O S



A todos y cada una de las personas que directamente o indirectamente hicieron posible la culminación de mi carrera.

A cada uno de mis sinodales que con sus comentarios enriquecieron este trabajo.

A todos los murciélagos sacrificados, benditos sean;

A esa energía que da vida, que aunque no lo vea sé que existe y que llamamos Dios.

ÍNDICE.

ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	II
RESÚMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
ANTECEDENTES.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	6
HIPÓTESIS.....	7
OBJETIVOS.....	7
MATERIAL Y MÉTODO.....	8
Área de estudio.....	8
Trabajo de campo.....	10
Captura de murciélagos.....	10
Determinación taxonómica.....	13
Riqueza de especies.....	13
Abundancia relativa.....	14
Diversidad de especies.....	14
Recambio de especies (Diversidad beta).....	15
Estructura de la comunidad.....	15
Afinidad geográfica.....	16
Condición reproductiva.....	16
RESULTADOS.....	17
Colecta.....	17
Esfuerzo de captura.....	17
Riqueza específica.....	20
Abundancia relativa.....	22
Diversidad.....	24
Recambio de especies (diversidad beta).....	25
Distribución.....	26
Estructura de la comunidad.....	28
Relaciones zoogeográficas.....	30
Proporción de sexos.....	31
Reproducción.....	31
DICUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
Riqueza específica.....	35
Abundancia relativa.....	36
Diversidad.....	37
Recambio de especies (diversidad beta).....	38
Distribución.....	38
Estructura trófica.....	39
Relaciones zoogeográficas.....	40
Proporción de sexos.....	40
Reproducción.....	40
CONCLUSIONES.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43
APÉNDICE.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS.



Fig. 1. Mapa del Parque Nacional Izta-Popo.....	9
Fig. 2. Mapa de las localidades de muestreo.....	12
Fig. 3. Acumulación de especies en toda el área de estudio.....	17
Fig. 4. Acumulación de especies en la zona de influencia.....	18
Fig. 5. Acumulación de especies en el área del Parque Nacional.....	19
Fig. 6. Riqueza de especies por familia.....	21
Fig. 7. Histograma de densidad relativa.....	23
Fig. 8. Densidad relativa (área de influencia).....	23
Fig. 9. Densidad relativa (área del Parque).....	24
Fig. 10 Comparación de Diversidad, D. máx. y Equitatividad entre áreas.....	24
Fig. 11. Distribución altitudinal de los murciélagos en toda el área.....	27
Fig. 12. Proporción de sexos.....	31
Fig. 13. Condición reproductiva de <i>Tadarida brasiliensis</i>	32
Fig. 14. Condición reproductiva de <i>Desmodus rotundus</i>	32
Fig. 15. Condición reproductiva de <i>Leptonycteris nivalis</i>	33
Fig. 16. Condición reproductiva de <i>Corinorhynchus mexicanus</i>	33
Fig. 17. Condición reproductiva de <i>Anoura geoffroyi</i>	34

ÍNDICE DE CUADROS.



Cuadro 1. Localidades de muestreo.....	11
Cuadro 2. Listado de especies de murciélagos para toda el área.....	20
Cuadro 3. Densidad relativa de los murciélagos de toda el área.....	22
Cuadro 4. Presencia de las especies de murciélagos.....	25
Cuadro 5. Estructura por gremios tróficos y tamaños.....	28
Cuadro 6. Longitud del antebrazo, grupo y gremio trófico.....	29
Cuadro 7. Afinidad Zoogeográfica.....	30



RESUMEN

Durante dos años (Octubre 2003-Noviembre 2005) se efectuaron visitas mensuales al Parque Nacional Izta-Popo y sus área de influencia con la finalidad de reconocer su componente quiropterofaunístico. Se ubicaron 22 localidades de muestreo, 13 en el área de influencia y 9 en la zona protegida, en un gradiente altitudinal (2000-3500 y 3600-4150 m., respectivamente). Se capturaron 133 murciélagos incluidos en 19 especies. De estas, 16 en el área de influencia (4 familias: Phyllostomidae, Vespertilionidae, Moomoopidae y Moloosidae) y las otras 6 en el área protegida (Vespertilionidae). En la zona de influencia las especies dominantes son *Tadarida brasiliensis*, *Desmodus rotundus*, *Leptonycteris nivalis* y *Anoura geoffroyi* (0.0038, 0.0034, 0.0028 y 0.0019 respectivamente), en el área protegida *Corinorhynchus mexicanus* fue la más conspicua (0.0027). El índice de diversidad manifiesta un valor alto ($H=2.61$) para toda el área, mientras que este mismo índice muestra diferencias entre las dos zonas ($H=2.33$ y $H=1.63$ respectivamente). La diversidad β es baja (0.157) con 3 especies compartidas (*Corinorhynchus mexicanus*, *Myotis volans* y *M. velifera*) entre las dos áreas. La distribución de las especies, evidencia una segregación altitudinal ya que 13 (68%) se ubicaron en la parte baja del gradiente (2000 a los 2850 m), 3 (16%) son comunes en la porción media (2750 a los 3670m) y otras 3 (16%) son permanentes en la zona alta (3600 a los 4150 m). Es conveniente mencionar que *C. mexicanus* y *Eptesicus fuscus* amplían su distribución altitudinal a 3740 y 4150m respectivamente, además se confirma la presencia de *Lasiurus cinereus* en los meses de mayo, julio y agosto. Con respecto a la proporción sexual, en *C. mexicanus* (1:2.5), *T. brasiliensis* (1:1.5) y *A. geoffroyi* (1:1.5) existe una tendencia en favor de las hembras, para el caso de *D. rotundus* (1:0.63) y *L. nivalis* (1:0.66) hay una ligera predominancia de los machos. Con relación a los aspectos reproductivos en cuatro especies se evidencia una monoestría estacional. En las dos especies insectívoras (*C. mexicanus* y *T. brasiliensis*) la gestación transcurre durante el periodo de sequía, y las lactancias durante el transcurso del ciclo de lluvia. En las especies polínectarívoras (*A. geoffroyi* y *L. nivalis*) los eventos anteriores se suceden durante el periodo de lluvia y concluyen a final del inicio de sequía. Solamente una especie presentó un patrón poliéstrico que fue el caso de *D. rotundus*. El número de gremios tróficos para toda el área es de 5 (Insectívoro aéreo, insectívoro de bosque, frugívoro, polínectarívoro y hematófago). Con respecto a la zoogeografía, 10 especies (52.6%) son de distribución neotropical, 6 (31.5%) son de distribución neártica y las 3 especies restantes (15.7%) son comunes en ambas regiones.

Palabras clave: Parque Nacional Izta-Popo, zona de influencia, diversidad, murciélagos, gradiente altitudinal, riqueza, zoogeografía.



INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los estudios enfocados a determinar los factores que influyen en la diversidad de mamíferos han incluido grandes regiones biogeográficas con amplios gradientes latitudinales y longitudinales (Fleming, 1973; Brown y Nicolletto, 1991; Pagel *et al.*, 1991). Sin embargo, un problema de interpretación de estos estudios radica en la escala geográfica, que impide obtener una precisa resolución de los factores bióticos (tipos de vegetación) y abióticos (topografía, precipitación, etc.) que influyen en la diversidad biológica (Fleming, 1973; MacCoy y Connor, 1980; Pagel *et al.*, 1991).

Recientemente, se han realizado estudios cuya perspectiva ha sido determinar cambios en la diversidad mastofaunística a lo largo de gradientes altitudinales (Graham 1983, 1990; Heaney *et al.*, 1989; Patterson *et al.*, 1989; Heaney y Rickart, 1990; Navarro y León-Paniagua, 1995). Lo cual resulta de enorme importancia, ya que se ha demostrado que en regiones biogeográficas relativamente pequeñas, se pueden asociar y correlacionar parámetros abióticos y bióticos con los cambios en la riqueza de especies, considerando información detallada del medio físico.

Estos estudios han identificado patrones de distribución de mamíferos, aparentemente consistentes, a lo largo de los gradientes altitudinales en diversas regiones geográficas como Perú, Chile y Filipinas (Graham 1983, 1990; Heideman y Heaney, 1989; Patterson *et al.*, 1989; Heaney y Rickart, 1990). De esta manera se ha visto que las comunidades de murciélagos presentan cambios en su composición taxonómica y ecológica a lo largo de gradientes de altitud y latitud, lo cuál se observa porque la mayor complejidad, diversidad y abundancia de estos animales se da en gradientes bajos ubicados en latitudes tropicales (Tuttle, 1970; Fleming, 1973; Wilson, 1974; McCoy y Connor, 1980; Graham, 1983). Es importante considerar la variación temporal (*e.g.* estacionalidad) ya que la obtención de datos que documenten la fluctuación espacio-temporal de la riqueza de especies permitirán establecer patrones generales de distribución y poder inferir si estos son los mismos en otros grupos de mamíferos.

La mayoría de los estudios quiropterofaunísticos se han realizado en localidades tropicales específicas (Tuttle, 1970; Fleming *et al.*, 1972; La Val y Fitch, 1977; Bocaccorso y Humphrey, 1984; Medellín *et al.*, 1986), siendo pocos los trabajos encontrados en zonas templadas (Fleming, 1973; Findley, 1976). En general, estos trabajos caracterizan a los murciélagos por su dieta y tamaño, propiedades que reflejan sus relaciones ecológicas, y establecen en ambos sitios que la dinámica reproductiva y poblacional es altamente estacional y que estos eventos determinan la estacionalidad reproductiva y la abundancia de los murciélagos.



ANTECEDENTES

En el mundo existen 953 especies de quirópteros incluidas en 18 familias y 186 géneros. Específicamente en México convergen 8 familias, 60 géneros y 137 especies (Wilson y Reeder, 1993; Corbet y Hill, 1991; Ramírez-Púlido *et al.*, 1996), por lo que es considerado un país con alta riqueza quiropterofaunística, la cual ha sido explicada bajo los siguientes argumentos: en la República Mexicana confluyen dos grandes regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical), por lo que es posible encontrar murciélagos con ambas afinidades; en nuestro país confluyen casi todos los tipos de climas, conformando un variado mosaico de comunidades vegetales; también se ha señalado que la accidentada geología y topografía favorecen el establecimiento de una gran variedad de ecosistemas (Mittermeier y Mittermeier, 1992).

El estudio de la ecología de murciélagos en las regiones Neotropical y recientemente en la Neártica han experimentado un notable incremento en las últimas décadas (e. g., Villa, 1967; Wimsatt, 1970a, 1970b, 1977; Wilson, 1971, 1973; Baker *et al.*, 1976, 1977, 1979; Handley, 1976; Kunz, 1982, 1988; Hill y Smith, 1984; Willig, 1985; Fleming, 1988). En particular, el estudio de las comunidades ha sido el foco de interés en años recientes, haciendo evidente la importancia que reviste un grupo grande de especies emparentadas que explotan una gran variedad de recursos (Fleming *et al.*, 1972; Wilson, 1973; La Val y Fitch, 1977; Bonaccorso, 1979; Humphrey *et al.*, 1983; Willig, 1983; Reis, 1984; Willig y Mares, 1989; Willig y Moulton, 1989).

Los estudios anteriores han puesto en evidencia que las comunidades de murciélagos presentan cambios en su composición taxonómica y ecológica a lo largo de gradientes de latitud y altitud. En el continente americano se ha documentado que la mayor complejidad, diversidad y abundancia de murciélagos, se observa en la parte baja de un gradiente altitudinal y en las latitudes tropicales (Tuttle, 1970; Fleming, 1973; Wilson, 1974; McCoy y Connor, 1980; Graham, 1983).

Sin embargo, la inmensa gama de interacciones y el uso de los recursos por el mismo grupo ha sido tema de debate, debido a la gran complejidad de las comunidades de murciélagos que se establecen o que tienen un patrón no definido a lo largo de gradientes y a la dificultad para estudiarlas. El conocimiento disponible hasta hoy no permite inclinarse por la existencia de una estructura definible y organizada que explique estos patrones (Schoener, 1982; Lewin, 1983; Simberloff, 1983; Willig, 1986; Willig y Mares, 1989),

Por otra parte Tuttle (1970), Koopman (1978) y Graham (1983), señalan que los estudios en gradientes altitudinales son escasos a pesar de ser de especial interés, particularmente en las zonas de transición biogeográfica abrupta (*e.g.* Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico Transversal y Sierra Madre Occidental), donde coexisten e interactúan especies con distintos requerimientos ecológicos y



distribuciones geográficas. En estas áreas y en distancias relativamente cortas, existen profundos cambios en la estructura de las comunidades, lo que permite evaluar el efecto de las diferencias entre habitats y la estacionalidad en la composición de especies.

Específicamente, los escasos datos recabados de los estudios ecológicos basados en variaciones altitudinales dentro del área de estudio y para otras regiones quedan ejemplificados en los siguientes párrafos.

Barrera (1968) realizó un trabajo sobre la distribución de parásitos de los mamíferos en el Volcán Popocatepetl, encontrando que estos parásitos presentan una marcada distribución estratificada de acuerdo con la altitud; aunque ésta no coincide exactamente con los patrones de distribución de los mamíferos. También menciona la presencia de cuatro niveles con alta similitud faunística que en el caso de mamíferos, la riqueza decrece en las cotas altitudinales 2850, 3950 y 4250 m. Asimismo, Santillán (1978) observó que los roedores *Thomomys umbrinus*, *Pappogeomys merriami*, *Reitrodontomys chrysopsis* y *Microtus mexicanus* se distribuyen en intervalos altitudinales más amplios.

Aguilar (1977) realizó un estudio sobre la distribución altitudinal de las tuzas del Volcán Iztaccíhuatl y encontró que *Pappogeomys merriami merriami* se distribuye entre los 3100 y los 3400 m, en tanto que *Thomomys umbrinus vulcanus* se ubica entre los 3600 y 4050 m, considerando que la vegetación no influye en la distribución de estas especies.

En cuanto al estudio de quirópteros se pueden mencionar los estudios de Humphrey y Bonnacorso (1979) quienes demostraron cambios de altitud para las especies de la familia Phyllostomidae y observaron que *Desmodus rotundus* y *Glossophaga soricina* son más abundantes en las partes relativamente bajas. En el caso de *Dermadura azteca* se encontró que es más abundante en las zonas húmedas y menos en las zonas secas, en tanto *Carollia perspicillata* es poco abundante en las zonas húmedas y en los bosques tropicales.

Graham (1983) encontró que la diversidad en la comunidad de murciélagos en las tierras bajas de los Andes Peruanos, se caracteriza por una alta riqueza de especies y una gran estratificación de los bosques, contrario a lo que se observa a mayores altitudes.

Iñiguez (1993), señala que en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, se presentan 27 especies de murciélagos y sugiere que se pueden agrupar en tres grupos relacionados con las comunidades de bosque templado, tropicales y organismos que se presentan a lo largo de todo el gradiente, respectivamente.

Rojas-Martínez y Valiente-Banuet (1996), indican que en el valle de Tehuacán-Cuicatlán cohabitan 34 especies y los comparan con otras regiones de



características ambientales semejantes, concluyen que presentan diferencias y que los murciélagos de Tehuacan-Cuicatlán tienden asemejarse más a las zonas tropicales húmedas y que esto es reflejo de la gran variedad en tipos de alimento.

Vargas-Contreras y Hernández-Huerta (2001), señalan que en la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, la distribución de la mastofauna esta asociada con los pisos vegetacionales que se suceden a lo largo de un gradiente altitudinal.

Resulta evidente que los murciélagos muestran cambios en su distribución a lo largo de gradientes latitudinales y altitudinales (Fleming, 1973; MacCoy y Connor, 1980; Graham 1983, 1990; Pagel *et al.*, 1991; Iñiguez-Dávalos, 1993). La mayor diversidad y abundancia de los murciélagos se observa en las partes más bajas de un gradiente altitudinal, lo mismo ocurre en las latitudes bajas que corresponden a las áreas tropicales (Fleming, 1973; Fleming *et al.*, 1972; Graham, 1983, 1990; Bonaccorso y Humphey, 1984; Iñiguez, 1993; Navarro y León-Paniagua, 1995).

Chávez y Trigo (1996) hacen una recopilación de las especies de murciélagos que habitan en el parque, señalan que en él confluyen diez especies, ocho de ellas son Vespertilionidos y dos se integran en la familia Moloossidae. En el trabajo resulta evidente que no existen datos de georreferenciación de los sitios en donde se colectaron estas 10 especies, así mismo, muchos registros tienen una antigüedad de más de 50 años, por lo qué y debido al crecimiento de la marcha urbana resultan inoperantes. Aunado a lo anterior, se desconoce si los ejemplares fueron colectados en el interior del parque o bien en su área de influencia.

Ornelas (2002) señala que en la cota de altitud (3600 a los 4200 m) del Parque Nacional Izta-Popo, la única familia de murciélagos presentes son Vespertillios, representados por seis especies: *Myotis velifer*, *M. volans*, *M. californicus*, *Corynorhinus mexicanus*, *Eptesicus fuscus* y *Lasiurus cinereus*. Señala además, que *C. mexicanus* es una especie endémica y *L. cinereus* una especie migratoria, que solamente se le encuentra en los meses que corresponden al invierno, tal como lo ha manifestado Cryan (2003), coincidiendo con sus observaciones.

Chávez y Trigo (1996) y Ornelas (2002) no aportan información de aspectos ecológicos o biológicos de estos animales y tampoco señalan la importancia que podría tener el área de influencia (2000 a los 3500 m) en cuanto a su componente quiropterofaunístico.



JUSTIFICACIÓN

Uno de los grandes retos que enfrenta la conservación de los recursos faunísticos del país, es reconocer la importancia de los factores abióticos y bióticos que determinan patrones de diversidad mastofaunística en regiones transicionales. La importancia de estos estudios permitirá correlacionar variaciones ambientales con los cambios en la diversidad de mamíferos, para acceder a la formulación de hipótesis que expliquen o brinden predicciones sobre la diversidad que se espera encontrar en una región geográfica determinada. Aunado en lo anterior, los estudios sobre gradientes altitudinales son de especial interés en zonas de transición biogeográfica abrupta (*e.g.* Sierra Madre Oriental, Eje Volcánico Transverso y Sierra Madre Occidental). En estos sitios existen profundos cambios en la estructura de las comunidades en distancias relativamente cortas, causadas por las diferencias de hábitat y su estacionalidad.

Por lo tanto resulta imprescindible caracterizar los componentes faunísticos de un área, lo que nos permitirá generar recomendaciones de manejo y orientar líneas de investigación para la conservación de un área natural protegida (Jardel, 1990).

El Parque Nacional Izta-Popo se enclava en el Eje Volcánico Transverso, considerado como una de las zonas fisiográficas prioritarias para conservación, por la biodiversidad, por la gran cantidad de organismos endémicos que en él se alojan y por ser considerado como un refugio pleistocénico en donde muchas especies han encontrado albergue y protección. Además, por su ubicación geográfica en él confluyen dos grandes regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical), dando como resultado una mezcla de especies boreales y tropicales.

El último decreto sobre los linderos del parque fue durante el año de 1948, en donde se señala que la cota altitudinal parte de los 3600 m hasta los 5200 m, y su área comprende una superficie de aproximadamente 25,679 hectáreas, extensión basada a partir de la cota de los 3600 m. La ubicación geográfica del Parque Nacional Izta-Popo, corresponde a la parte central del Eje Neovolcánico Transversal (18°59' y 19°16' N y 98°34' y 98°42' W) esta área es conocida como la Sierra Nevada en donde se encuentran representadas un alto porcentaje de especies.

Durante este último decreto se carecía de un inventario de la biota. Han transcurrido más de 50 años y gran parte de su flora y fauna siguen siendo desconocidas.

Por todo lo señalado, este trabajo tiene como finalidad contribuir al conocimiento de la fauna que se encuentra dentro del Parque Nacional Izta-Popo y su área de influencia. Además, el conocimiento que se genere sobre los patrones ecológicos (distribución, abundancia, riqueza de especies, proporción de sexos, etc.) así como aspectos biológicos (reproducción y alimentación) de los murciélagos, ayudarán a esclarecer algunas de las incógnitas que existen sobre estos animales.



HIPÓTESIS

Los gradientes altitudinales tienen una marcada influencia en los patrones de la diversidad biológica ya que a mayores altitudes se ha observado un decremento en esta, si esto es cierto entonces la mayor diversidad de murciélagos se registrará a altitudes menores.

Por lo tanto las áreas con mayor heterogeneidad ambiental en la zona de estudio, tendrán una mayor riqueza y abundancia.

OBJETIVOS

- a) Realizar un inventario de las especies de murciélagos del Parque y su área de influencia.
- b) Determinar la diversidad y distribución de murciélagos presentes en toda el área de estudio.
- c) Realizar una comparación de la diversidad, entre la zona de influencia y la zona protegida del parque.
- d) Analizar el recambio de especies (diversidad beta) entre la zona de influencia y el área protegida del parque.
- e) Examinar la estructura de las comunidades de murciélagos en los dos sitios de estudio a partir de grupos tróficos.
- f) Establecer la afinidad biogeográfica de las especies de murciélagos en toda el área de estudio.
- g) Identificar la condición reproductiva y reconocer patrones reproductivos de los murciélagos.



MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio.

Ubicación de la zona de estudio.

El Parque Nacional Izta-Popo y su área de influencia comprende parte de los Estados de Puebla, México y Morelos, ($18^{\circ}59'$ a $19^{\circ}15'$ LN y $98^{\circ}35'$ a $98^{\circ}42'$ LW), Vargas, (1984). Los límites de la cota elevacional del parque son de 3600 a 5452 m., de acuerdo con Chávez y Trigo (1996). A lo largo de este gradiente altitudinal, las comunidades vegetales están representadas por bosques de pino, pastizal subalpino y pastizal alpino, las cuales se encuentran en un buen estado de conservación. El clima predominante en este gradiente corresponde un templado frío (EF), con una precipitación media anual de 600 a 800 mm. (García, 1981).

El área de influencia del parque tiene un gradiente altitudinal de los 2500 a 3600 m. La extensión de las áreas utilizadas para fines agrícolas, pecuarios y explotación forestal son comunes entre los 2000 y 3200m. Las reminiscencias de bosque que aun se aprecian corresponden a bosques de encino y encino-pino principalmente. El clima corresponde a un templado húmedo (Cb), Fig.1.

En el parque y de acuerdo con su ubicación, los bosques responden principalmente a gradientes altitudinales y de topografía, como es el caso de las cañadas húmedas y secas, de las que hacen posible contar una gran diversidad de hábitats, como en las partes bajas donde se presenta el bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de oyamel y pastizales amacollados. Aunque con diferentes grados de alteración o perturbación e incluso de degradación, basándose fundamentalmente en cuanto a la intensidad en que han sido explotados sus recursos naturales. Los principales tipos de vegetación, así como otros aspectos geológicos, edáficos y de fauna se pueden consultar en el Apéndice.

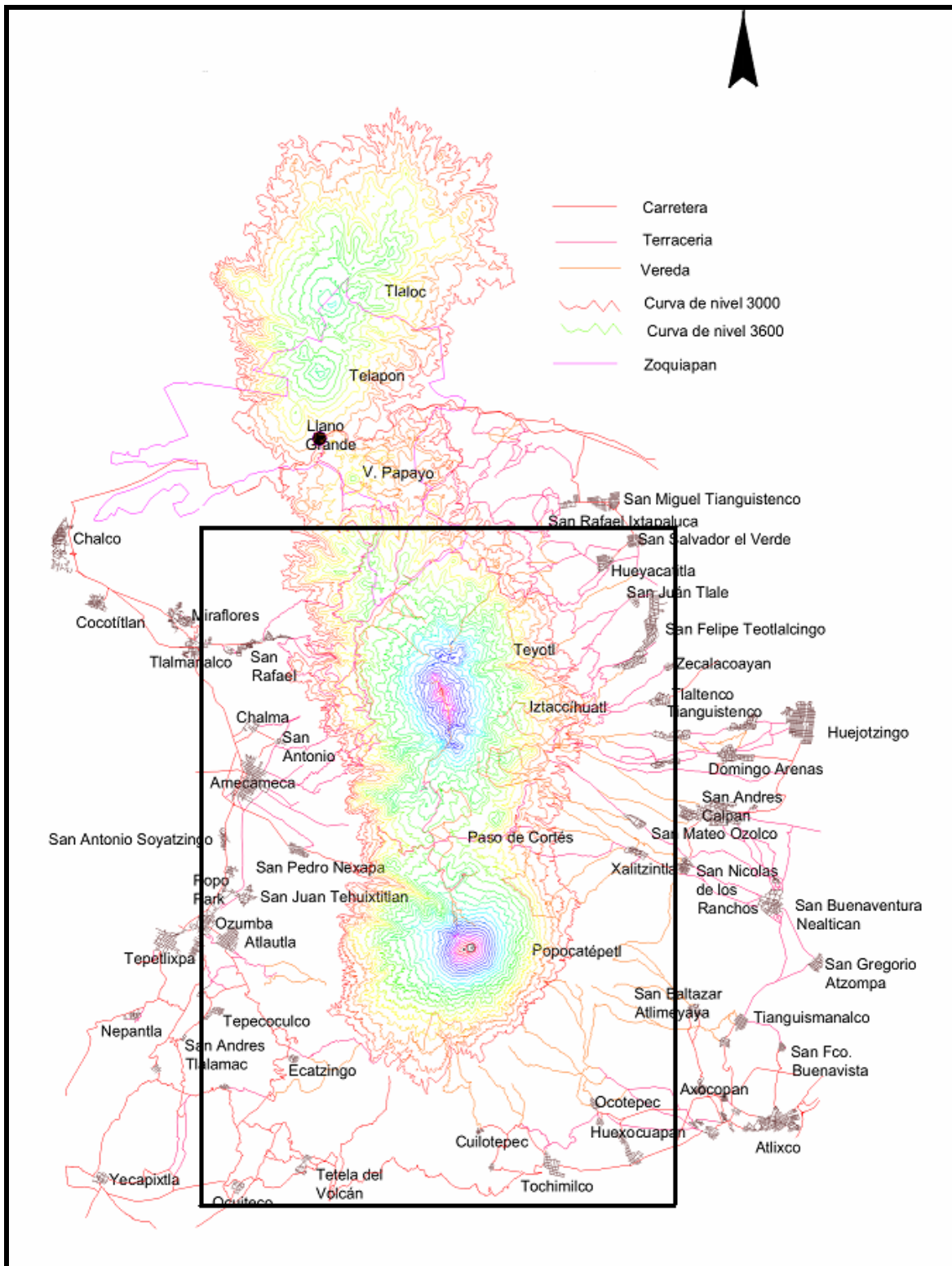


Fig. 1. Mapa del Parque Nacional Izta-Popo, en donde se muestra el total del área de estudio (zona de influencia y área protegida). (Escala 1: 50,000)



Trabajo de campo.

El presente trabajo se desarrolló durante dos años (octubre 2003 a noviembre de 2005), en este periodo se realizaron visitas mensuales a la zona, cada una de ellas estuvo programada con tres días, por lo que el estudio comprendió 48 noches de trabajo efectivo en el área. En el registro de localidades cuando fue posible y se contó con datos climáticos se anexan y en otros casos se registro únicamente su georreferenciación.

Captura de murciélagos.

En la zona protegida del Parque (3600 a 4150 m.), se establecieron 9 localidades de muestreo y para la zona de influencia 13. Para el Municipio de San Juan Tetla (19°12' N y 98°35' W) específicamente en Cerro del Ocoatepec El Grande, 3,750 m. y el Instituto de San Juan Tetla 3300 m., la vegetación corresponde a un bosque de *Pinus sp.* Y B. de *pino-aile*. En este mismo municipio se ubicaron otros dos sitios en la cota de los 2350 y 2970 m, ambos sitios corresponden a zonas agrícolas y huertos. En el poblado de Santa Maria Atexac se ubicaron 3 sitios de colecta (3000 y 3930 y 2150 m). La vegetación corresponde a bosque de *pino-aile*, bosque de *P. hartwegii* y zona de agricultura y huertos. En el poblado de San Pedro B. J., las localidades (2) se ubicaron a los 2750 y 3660m., cuya vegetación esta representada por Pastizal inducido y Bosque de Oyamel respectivamente. En el municipio de Tetela del Volcán (18°54'N y 98°45'W) se ubicaron 3 localidades (3700, 3200 y 2200m) la vegetación corresponde a Bosque de *Pinus sp.*, B. Oyamel y reminiscencias de Bosque de Encino que ha sido sustituido por zonas agrícolas y huertos respectivamente. En el poblado de San Pedro Nexapa (19°05'N y 98°44'W) se ubicaron 4 localidades (3830, 3600, 3770 y 4150m), las dos primeras están representadas por Bosque de *Pinus sp.*, y las otras dos por Bosque de *Pinus hartwegii*. En el municipio de Amecameca de Juárez (19°08'N y 98°46'W) se establecieron 2 localidades (2650 y 3300m) cuya vegetación corresponde a agricultura, huertos y reminiscencias de B. de *Pinus sp* y Bosque de Oyamel respectivamente. En el municipio de San Rafael (19°13'N y 98°46'W) se ubicaron 4 localidades (2170, 2860, 3380 y 3985m) cuya vegetación corresponde a Bosque de Pino-Encino y zonas agrícolas, Bosque de *Pinus sp.*, Bosque de Oyamel y Bosque de *Pinus hartwegii* respectivamente. Las localidades de colecta de murciélagos se representan en el Cuadro 1 (Fig. 2), se indica el tipo de vegetación de los sitios y la zona a la que pertenecen.

Cada localidad fue revisada de manera alternada cuando menos dos ocasiones por, lo que se tienen representadas a las especies presentes durante la estación de secas y de lluvias.



Localidad	Coordenadas	Altitud	Tipo de vegetación	zona
<i>San Juan Tetla</i>	<i>19°12' N y 98°35' W</i>	3750	Bosque de Pino	p
		3300	B. de <i>Pino-aile</i>	i
		2350	Zonas agrícolas	i
		2970	y huertos	i
<i>Santa Maria Atexac</i>		3000	B. de <i>Pino-aile</i>	i
		3930	B. de <i>Pinus hartwegii</i>	p
		2150	Zona de agricultura	i
<i>San Pedro Benito Juárez</i>		2750	Pastizal inducido	i
		3660	Bosque de oyamel	p
<i>Tetéla del Volcán</i>	<i>18°54' N y 98°45' W</i>	3700	B. de <i>Pinus sp.</i>	p
		3200	B. de oyamel	i
		2200	B. de encino y zonas agrícolas	i
<i>San Pedro Nexapa</i>	<i>19°05' N y 98°44' W</i>	3830	B. de <i>Pinus sp.</i>	p
		3600	B. de <i>Pinus sp.</i>	p
		3770	B. de <i>Pinus hartwegii</i>	p
		4150	B. de <i>Pinus hartwegii</i>	p
<i>Amecameca de Juárez</i>	<i>19°08' N y 98°46' W</i>	2650	B. de <i>Pinus sp.</i> , y zonas agrícolas	i
		3300	B. de oyamel y zonas agrícolas	i
<i>San Rafael</i>	<i>19°13' N y 98°46' W</i>	2170	B. de Pino. encino y zonas agrícolas	i
		2860	B. de <i>Pinus sp.</i>	i
		3380	B. de oyamel	i
		3985	B. de <i>Pinus hartwegii</i>	p

Cuadro 1. Descripción de las localidades de muestreo en el Parque Nacional Izta-Popo y su área de influencia. Zona p=protegida e i=influencia.

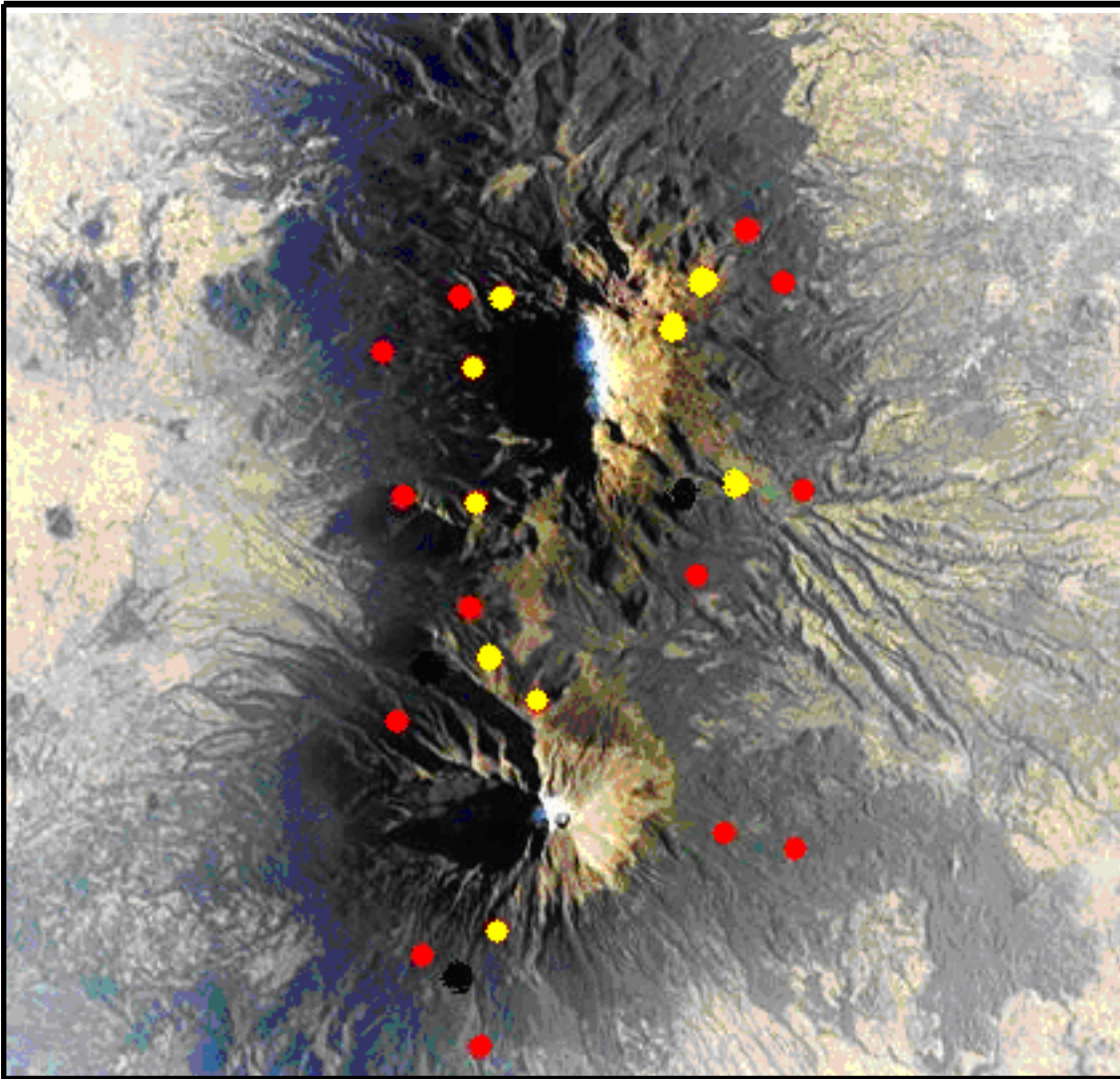


Fig. 2. Mapa del Parque Nacional Izta-Popo en donde se muestran las localidades muestreadas; en rojo = zona de influencia, en amarillo = área protegida. (Octubre 2003 a Noviembre de 2005). Escala: 1: 50,000.

La captura mensual de murciélagos se realizó de la siguiente manera. Con la finalidad de estandarizar el muestreo, en cada localidad se utilizaron tres redes de neblina (12X3m). Que fueron colocadas entre espacios abiertos de la vegetación, zonas cercanas a cuerpos de agua y sitios en donde se previamente se había observado actividad. Cada localidad fue visitada en cuando menos en tres ocasiones (período de sequía y período de lluvias) de esta manera se tuvo la certeza de coleccionar en etapas con condiciones ambientales diferentes.



Las tres redes se extendieron a partir de las 1800 y se revisaron a intervalos de dos horas extrayendo a los organismos que habían quedado atrapados, las redes se cerraron a las 0200, por lo que el promedio de apertura de las red/noche fue de 7 horas.

De acuerdo a las dimensiones de cada una de las redes (12 x 3 m.) el promedio de metros lineales por cada dos noches fue de 216 m². Al final del estudio el número de metros por red noche fue de 5184 m² para toda el área. El número de metros red noche para la zona de influencia y de la zona protegida fue de 2592m respectivamente.

La representatividad o intensidad del muestreo en el área de estudio se estimó a través de la construcción y análisis de una gráfica de acumulación de especies versus tiempo, considerando que cuando la curva tiende a ser asintótica con respecto al eje de las ordenadas se puede inferir que el esfuerzo de captura ha sido suficiente ya que se tiene representada a la mayoría de las especies de murciélagos.

Determinación taxonómica.

Para la determinación taxonómica a cada uno de los murciélagos con un vernier de plástico Scala se les tomaron las medidas corporales convencionales: Longitud del cuerpo, L. cola vertebral, L. pata, L. oreja y L. antebrazo, Álvarez *et al.*, (1994). Se revisó el pelo tomando su color en la punta y base del mismo y todos los murciélagos fueron pesados con una balanza analítica Ohaus con 0.01g de precisión.

Con los datos recabados y utilizando las claves de Hall (1981), Medellín *et al.*, (1997) y Nowak (1994) cada uno de los murciélagos fue determinado hasta el nivel taxonómico de especie.

En casos de tener duda en la determinación taxonómica se hicieron algunas mediciones de cráneo (Formularia dentaria, Longitud total craneal, Longitud caja craneal, Longitud del rostro, Ancho a través de los caninos, Ancho a través de los molares, Ancho a través de los caninos, Ancho interorbital, Altura caja craneal, Ancho zigomático, Ancho caja craneal, Ancho mastoideo, Molariformes), Álvarez *et al.*, (1994)

De cada uno de los animales se tomaron registros adicionales, tales como condición reproductiva, sexo, fecha.

Riqueza de especies.

Esta se calculó para toda el área y para fines comparativos se analizó para las dos zonas (zona de influencia y área protegida). Se utilizó el índice propuesto por Margalef (Magurran, 1988). Este índice señala que la medición de la riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes. Con base en lo anterior:

$$D_{Mg} = S-1 / \ln N$$

donde

S= número de especies.

N= número total de individuos.



También se reconoció la importancia que tiene el área de estudio, mediante la determinación del número de familias y de géneros y se comparó con la riqueza presente en la República Mexicana.

Abundancia relativa.

La abundancia relativa para cada una de las especies y para los sitios de estudio se estimó considerando el esfuerzo de captura: m/red/horas trabajadas cada noche. La suma de estos valores quedó expresada en el total de metros de red por hora (MxH). El valor obtenido se utilizó para estimar la abundancia relativa para cada una de las especies, el cual se obtuvo al dividir el número de organismos capturados de una especie entre MxH. Estos datos se expresan en número de murciélagos por metro de red por hora, Medellín *et al.*(1986).

Diversidad de especies.

Para estimar la diversidad de especies en toda el área y para cada uno de los dos sitios de estudio se utilizó el índice de Shannon-Wiener. Este método está basado en la teoría de la información y es una estimación del número de especies que dominan en una comunidad. También se puede expresar como una medida de la incertidumbre para predecir a qué especie pertenecerá el próximo individuo capturado. Mientras más alto el valor mayor será la incertidumbre. Por lo tanto, este índice depende del número de especies de la comunidad y de la distribución del total de individuos entre las especies: la diversidad será mayor si los individuos están distribuidos uniformemente entre las especies, y menor si la mayoría pertenecen a una sola especie y las otras solo cuentan con pocos individuos (Krebs, 1978; Smith, 1980). Para poder utilizar este índice se deben considerar dos componentes importantes de la muestra: 1) el número de especies por sitio y 2) la abundancia relativa de cada una de las especies. La diversidad entonces está dada por la ecuación (Magurran, 1988):

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

donde: H' = índice de diversidad

p_i = Proporción total de la muestra que corresponde a la especie i .

S = número de especies.

Es preciso señalar que este valor de diversidad obtenido está en función de la abundancia proporcional de las especies presentes en la muestra de cada una de las áreas estudiadas, por lo tanto es importante conocer que tanto nos alejamos de la objetividad. Para conocer esto se utilizaron dos valores teóricos adicionales: Valor de diversidad máxima y el de Equitatividad (Krebs, 1986; Ludwig y Reynolds, 1988), asumiendo que:

En el valor de diversidad máxima, indica las condiciones ideales de la diversidad del sitio de estudio, asumiendo que hubiese un número constante de individuos por especie en el área ($H_{max} = \ln S$). El valor de Equidad manifiesta el grado de igualdad en la proporción de las especies en la comunidad. Suponiendo una idealidad, cuando la equitatividad tiende a 1, es posible asumir que las diferentes especies que componen a la comunidad, estarían uniformemente distribuidas. El estadístico que se utilizó para el caso fue el Índice de Pielou (1975):

$$J = H' / H_{max}$$



J = equitatividad, H' = valor del índice de diversidad y H_{max} = valor de la diversidad máxima.

Los valores de cada uno de los parámetros anteriores se utilizarán para reconocer la importancia del área en su totalidad y para fines comparativos de los dos sitios de estudio (área de influencia y protegida).

Recambio de especies (Diversidad beta).

El grado de afinidad faunística entre la zona de influencia y la zona protegida del Parque, se reconoció utilizando el coeficiente de similitud de Jaccard (I_j). El índice señala valores que van de 0 cuando en las comunidades no hay especies compartidas hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies.

$$I_j = \frac{c}{a+b-c}$$

donde

a= número de especies presentes en el sitio A.

b= número de especies presentes en el sitio B.

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B.

Estructura de la comunidad.

Para analizar la estructura de la comunidad y la forma en que los murciélagos explotan los recursos, los organismos fueron reunidos en grupos tróficos. Asumiendo que las especies que presentan una dieta similar tienden a un mayor grado de interacción *e.g.* los polínectarívoros interactúan más entre ellos que con los murciélagos insectívoros (Medellín, 1986).

Al reconocer los grupos tróficos se pueden detectar puntos críticos de solapamiento de especies similares o emparentadas que pueden utilizar un recurso similar. Por otro lado, la subdivisión por intervalos de tamaño asume que tales intervalos permiten la coexistencia de especies cercanamente emparentadas; esta suposición se basa en que las diferencias en tamaño son un resultado de la selección natural para evitar la competencia (Schoener, 1984).

Estos grupos fueron subdivididos en intervalos de tamaño, dependiendo de la longitud del antebrazo (La Val y Fitch, 1977). Con base en lo anterior se establecieron cinco grupos:

A (30-34 mm), B (35-43mm), C (44-54mm), D (55-68 mm) y E (69-86mm).

Para definir los gremios alimentarios entre las especies de cada una de las áreas se utilizó la clasificación de Medellín (1993), en donde se distinguen ocho categorías (si es el caso se considerara la subdivisión de los frugívoros en: especialistas en ficus, en piper, generales y de desecho).

- 1.- Insectívoros aéreos de bosque.
- 2.- Insectívoros aéreos abierto.
- 3.- Omnívoros/recogedores.
- 4.- Piscívoros.
- 5.-Carnívoros.
- 6.-Frugívoros/*Ficus*, *Piper*, General, Desecho.
- 7.-Nectarívoros.
- 8.-Hematófagos.



Afinidad Geográfica.

La zoogeografía de las especies se reconoció de acuerdo con Álvarez y La Chica (1974), quienes señalan que la región Neártica se ubica al norte del Trópico de Cáncer más el Altiplano de México, incluyendo al Eje Volcánico Transverso y que la región Neotropical comprende el área que se encuentra hacia el sur de la región Neártica. Las especies se clasificaron en Neárticas o Neotropicales si actualmente se distribuyen en más del 50% de alguna de estas regiones. Se consideran especies compartidas cuando su distribución cubrió porcentajes similares en ambas regiones. Para la clasificación geográfica de las especies se utilizaron los mapas de distribución propuestos por Hall (1981) y Medellín *et al* (1997).

Condición reproductiva.

Las evidencias reproductivas que se observaron en las especies más abundantes fueron: preñez, se determinó por palpación y observación del incremento en el volumen del vientre de las hembras. La lactancia fue establecida con base en la morfología de las glándulas mamarias; para ello se consideraron lactantes cuando la glándula se encontraba bien desarrollada, con o sin alopecia y había secreción de leche al efectuar una leve presión al pezón; en el caso postlactantes en este caso la glándula puede estar desarrollada, con o sin alopecia, pero lo más importante es que no hay secreción de leche al oprimir el pezón, e inactivas cuando ninguno de los criterios anteriores se evidenciaba en la glándula. Conociendo los datos anteriores y de acuerdo con Fleming *et al.* (1972), Bonaccorso (1979) y Ceballos y Galindo (1984) se pudieron establecer los patrones reproductivos para las especies más abundantes:

-Poliéstrico continuo. Las especies se reproducen en cualquier estación del año, sin presentar máximos de nacimiento en algún periodo.

-Poliéstrico bimodal o estacional. La reproducción se puede dar todo el año y las especies presentan dos picos o máximos en los nacimientos, generalmente el primero ocurre en la segunda mitad de la época seca y el segundo durante la mitad de la estación de lluvias.

- Monoestríco. Las especies presentan un solo evento reproductivo al año, sincronizado con el periodo de mayor abundancia y disponibilidad de alimento.

En los machos se observó la disposición y se midió el diámetro de los testículos. De acuerdo con Racey, 1988, los testículos bajan de la cavidad abdominal y ocupan la bolsa escrotal e incrementan su tamaño exclusivamente durante el periodo de copulación, por lo que estos dos criterios son evidencias de actividad reproductiva.



RESULTADOS

Colecta.

En toda la zona de estudio se capturaron un total de 133 murciélagos pertenecientes a 19 especies, 13 géneros y cuatro familias.

Específicamente en el área de influencia, la colecta estuvo representada por 100 organismos, incluidos en 16 especies, tres de las cuales (*C. mexicanus*, *M. velifera* y *M. volans*) se encontraron también en la cota altitudinal que corresponde al área protegida del Parque.

En cuanto a la zona protegida, se capturaron 33 ejemplares, los cuales correspondieron a seis especies, y como se mencionó anteriormente tres son compartidas con la zona de influencia.

La mayoría de los murciélagos capturados en las dos áreas fueron liberados y solamente se extrajeron algunos ejemplares como material de referencia, quedaron almacenados en frascos con Et-OH al 70% y depositados en la Colección Quiropterológica, FES-Zaragoza.

Esfuerzo de captura.

La curva de Acumulación de especies (Fig. 3), mostró un incremento significativo entre la noche 4 (cinco especies) y la noche 20 (15 especies), con un promedio de 2.5 especies en este intervalo.

En el intervalo de la noche 24 a la 36 el número de especies nuevas que se anexan es de 4 por lo que el número se incrementa a 19 especies, es claro que la curva presenta un crecimiento de poca magnitud obteniendo 1 especie en promedio en este intervalo.

A partir de la noche 36 y hasta la noche 48, el número de especies (19) se mantiene constante, por lo que la curva alcanzó la asintótica, indicando que la muestra contiene la mayoría de las especies de toda la zona de estudio. Sin embargo, podrían existir algunas especies que por su escasez o rareza aun no se han colectado.

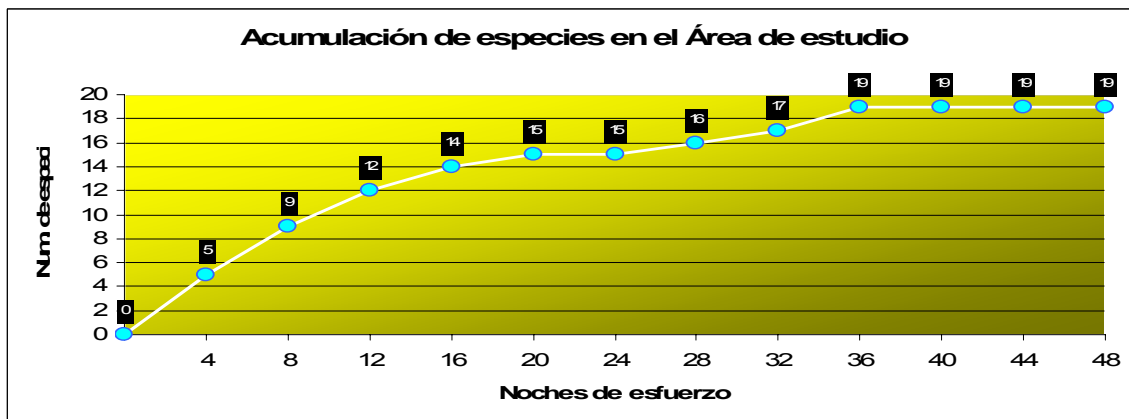


Figura 3. Curva de acumulación de especies para toda el área de estudio.



En la gráfica de acumulación de especies *versus* tiempo para la zona de influencia (Fig. 4), se observa un crecimiento acentuado a partir de la noche 2 en donde se colectaron tres especies hasta 12 especies registradas en la noche 10, con un promedio de 2.2 (intervalo de la noche 4 a la 10). Durante un breve intervalo (de la noche 10 a la 12), la curva se mantiene asintótica. Sin embargo, a partir de la noche 12 hasta la 18, la gráfica experimenta un crecimiento de poca magnitud, debido a la captura de cuatro especies, con un promedio de una especie en este intervalo. El número de especies entre la noche 18 y la noche 24, se mantiene en 16, pues no hubo aporte de especies nuevas por lo que la curva se mantiene asintótica, lo que permite inferir que la mayoría de ellas ya están representadas.

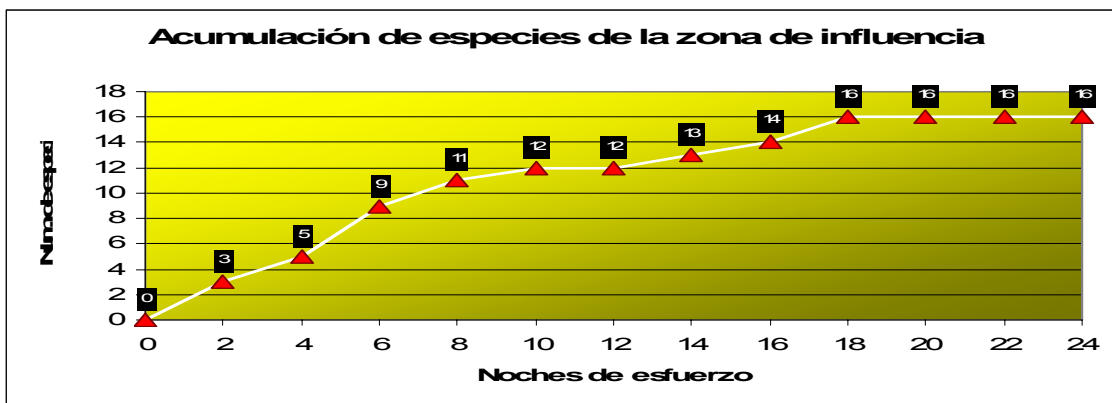


Figura 4. Acumulación de especies de murciélagos para el área de influencia del Parque Nacional.

En la curva del área natural protegida se observa un crecimiento de dos especies en la noche 2, a 5 especies en la noche 10 con un promedio de 0.75 especies (intervalo de la noche 4 a la 10). En la noche 12 la curva se modifica ligeramente con la colecta de una nueva especie (*Myotis volans*), y a partir de esta noche hasta el último muestreo (noche 24) la curva se hizo asintótica y no experimentó cambio alguno, por lo que se considera que se tienen representadas la mayoría de las especies que habitan el área protegida del parque (Fig. 5).

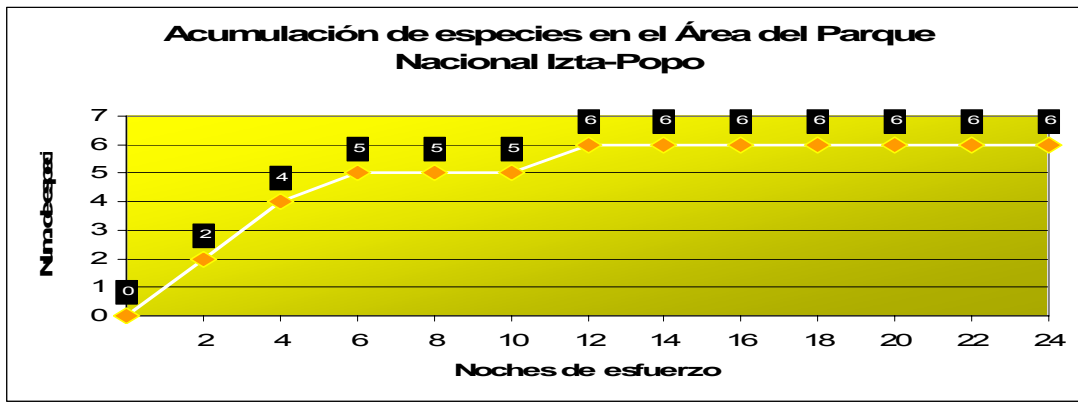


Figura 5. Acumulación de especies de murciélagos para el área protegida del Parque Nacional.



Riqueza.

Especifica el número total de especies registradas en toda el área de estudio (área de influencia y área natural protegida) fue de 19 especies de verificación actual, incluidas en 4 familias, que representan el 13.86% y el 43%, respectivamente de la quiróptero fauna total en el país.

La lista taxonómica de las especies se siguió la propuesta de Hall (1981) y Ramírez-Pulido *et al.* (1996), (Cuadro 2).

ORDEN CHIROPTERA
SUBORDEN MICROCHIROPTERA
FAMILIA MORMOOPIDAE
1.- <i>Pteronotus parnellii</i> (Gray, 1843) *
FAMILIA PHYLLOSTOMIDAE
2.- <i>Desmodus rotundus</i> (É. Geoffroy St.-Hilaire, 1810) *
3.- <i>Anoura geoffroyi</i> (Gray, 1838) *
4.- <i>Leptonycteris nivalis</i> (Saussure, 1860) *
5.- <i>Artibeus intermedius</i> (J. A. Allen, 1904) *
6.- <i>Artibeus jamaicensis</i> (Leach, 1821) *
7.- <i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818) *
8.- <i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758) *
9.- <i>Dermanura azteca</i> (Andersen, 1906) *
10.- <i>Sturnira lilium</i> (É. geoffroy St.-Hilaire, 1810) *
11.- <i>Sturnira ludovici</i> (Anthony, 1924) *
FAMILIA VESPERTILLIONIDAE
12.- <i>Corynorhinus mexicanus</i> (G. M. Allen, 1916) *
13.- <i>Eptesicus fuscus</i> (Palisot de Beauvois, 1796)
14.- <i>Lasiurus blossevillii</i> (Lesson y Garnot, 1826) *
15.- <i>Lasiurus cinereus</i> (Palisot de Beauvois, 1796)
16.- <i>Myotis californica</i> (Audubon y Bachean, 1842)
17.- <i>Myotis velifera</i> (J. A. Allen, 1890) *
18.- <i>Myotis volans</i> (H. Allen, 1866) *
FAMILIA MOLOSSIDAE
19.- <i>Tadarida brasiliensis</i> (I. Geoffroy St.-Hilaire, 1824) *

Cuadro 2. Número total de especies y de familias de murciélagos para toda el área.

*Especies de murciélagos de la zona de influencia.



Al analizar la riqueza de especies del total del área (3.68) se encontró que su distribución entre la zona de influencia y protegida es heterogénea. De esta manera el área de influencia contribuye con 13 especies exclusivas, representando el 68% de la riqueza específica (índice de 3.25). El área protegida aporta un total de 3 especies exclusivas las cuales representan el 15.8%, (índice de 1.42), así mismo las 3 especies compartidas en las dos áreas contribuyen con el 15.8% de este complejo quiropterofaunístico.

La riqueza de familias registradas en toda la zona de estudio fue de cuatro (Phyllostomidae, Vespertilionidae, Mormoopidae y Moloosidae). Al revisar la grafica (Fig. 6) que representa a la riqueza de especies por familia para toda el área, resulta evidente que la familia mejor representada es la Phyllostomidae que contribuye con un total de 10 especies (52.6%), la segunda familia en importancia correspondió a Vespertilionidae con 7 especies (36.8%) y las familias Mormoopidae y Moloosidae, cada una de ellas representadas por una especie (5.2%).

Al comparar los dos sitios de estudio (área de influencia y protegida) en cuanto a riqueza de familias, se observó que en la zona de influencia del parque convergen las cuatro familias, mientras que para el área protegida solo se registro a la familia Vespertilionidae.

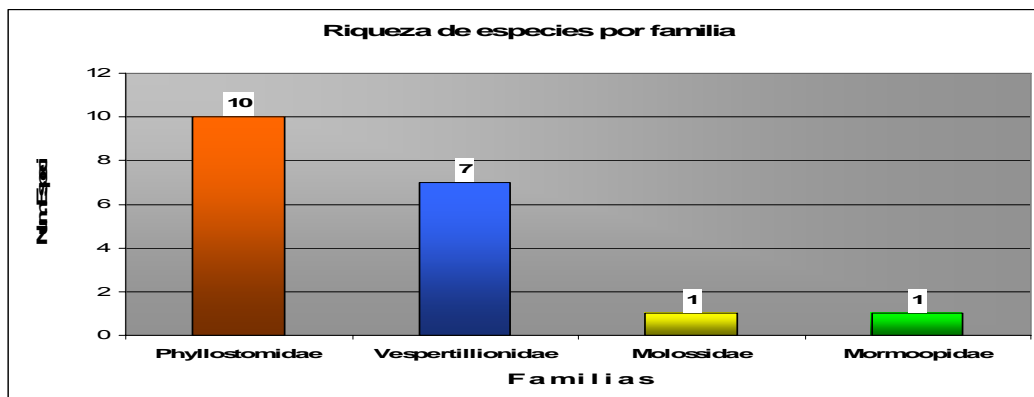


Figura 6. Riqueza de especies de murciélagos por familia para toda el área de estudio.

En cuanto a los géneros con mayor número de especies destacan *Artibeus* y *Myotis* con 3 especies cada uno, *Sturnira* y *Lasiurus* con 2 especies y los nueve géneros restantes están representados por una sola especie y son *Pteronotus*, *Desmodus*, *Anoura*, *Leptonycteris*, *Carollia*, *Dermanura*, *Corynorhinus*, *Eptesicus* y *Tadarida*.



Abundancia relativa.

En el cuadro 3, se resume la abundancia relativa para cada una de las especies de murciélagos que se encuentran en toda el área de estudio. Al analizar el histograma de abundancia relativa para toda el área (Fig. 7), las especies *D. rotundus*, *T. brasiliensis*, *L. nivalis*, *C. mexicanus* y *A. geoffroyi* se constituyen como los organismos dominantes de la comunidad, el cual se evidencia al sumar el número de organismos con que contribuyen estas cinco especies a la comunidad (77), que representan el 57% del total de los murciélagos colectados.

Con base en lo anterior, la abundancia relativa de estas especies registradas por metro por hora (m x h) fluctúa entre un mínimo de 0.0019 y un máximo de 0.0038, en las restantes, los valores fluctúan entre 0.00019 a 0.0015.

Especies	No. Org.	Abundancia relativa
<i>T. brasiliensis</i>	20	0.0038
<i>D. rotundus</i>	18	0.0034
<i>L. nivalis</i>	15	0.0028
<i>C. mexicanus</i>	14	0.0027
<i>A. geoffroyi</i>	10	0.0019
<i>A. jamaicensis</i>	8	0.0015
<i>D. azteca</i>	7	0.0013
<i>A. lituratus</i>	6	0.0011
<i>L. cinereus</i>	6	0.0011
<i>M. velifera</i>	6	0.0011
<i>E. fuscus</i>	5	0.00096
<i>M. volans</i>	5	0.00096
<i>S. liliium</i>	3	0.00050
<i>S. ludovici</i>	2	0.00038
<i>C. perspicillata</i>	2	0.00038
<i>M. californicus</i>	2	0.00038
<i>P. parnellii</i>	2	0.00038
<i>A. intermedius</i>	1	0.00019
<i>L. blossevillii</i>	1	0.00019

Cuadro 3. En donde se muestra la densidad relativa para cada una de las especies de murciélagos que confluyen dentro del Parque y su área de influencia.

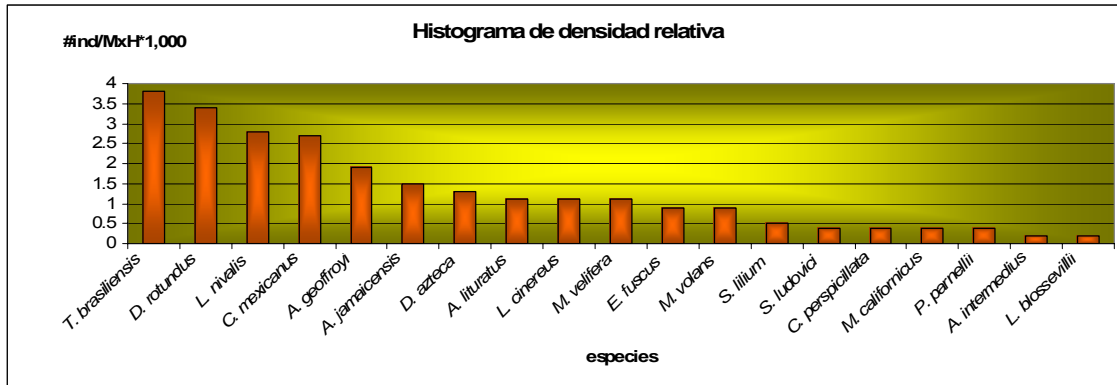


Figura 7. En donde se muestra la densidad relativa para cada una de las especies de murciélagos que confluyen dentro del Parque y su área de influencia.

Abundancia relativa por área.

Los resultados de abundancia relativa para la zona de influencia (Fig. 8) manifestaron que *T. brasiliensis*, *D. rotundus*, *C. mexicanus*, *L. nivalis* y *A. geoffroyi* conforman las especies dominantes dentro de la comunidad, al aportar un total de 63 organismos, los cuales representan al 63% del total de murciélagos capturados en este sitio. De esta manera la abundancia relativa de estas cuatro especies (M x H) fluctúa entre un mínimo de 0.004 y un máximo de 0.008. Mientras que en las especies restantes, el valor mínimo es de 0.0003 y el máximo de 0.0030 organismos por metro/hora.

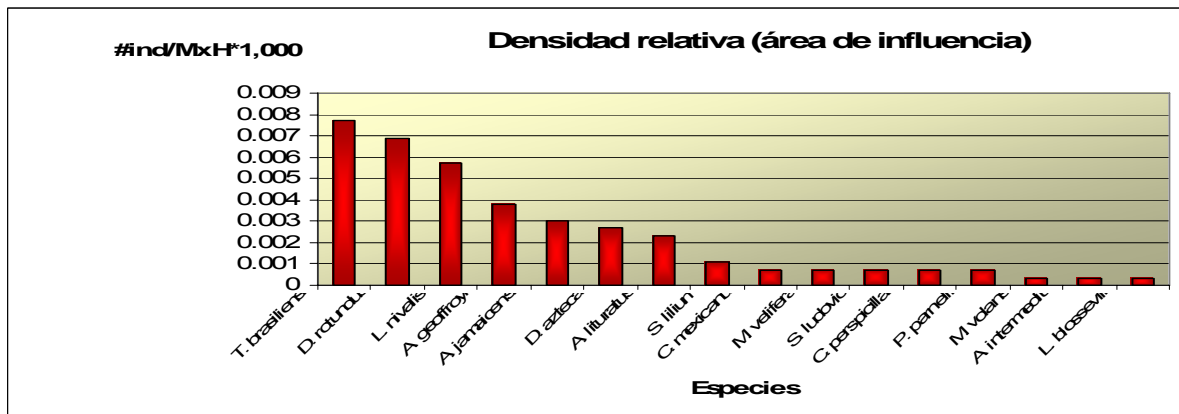


Figura 8. Histograma de densidad relativa para las 16 especies de murciélagos del Área de Influencia, expresado por metro de red por hora (MxH).

En lo que se refiere a la zona protegida destacan las especies de *C. mexicanus*, *L. cinereus* y *E. fuscus* con un total de 23 organismos, que representan el 70% del total de los organismos registrados en este sitio (33). Al analizar la abundancia relativa de estas tres especies (M x H), encontramos que los valores de



abundancia relativa se encuentran en un mínimo de 0.0019 y un máximo de 0.0046. En las restantes tres especies los valores anteriores tuvieron un mínimo de 0.0007 y un máximo de 0.0015 de organismos por metro x hora. (Fig. 9).



Figura 9. Histograma de densidad relativa para las 6 especies de murciélagos de la zona protegida del Parque Nacional Izta-Popo, expresado por metro de red por hora (MxH).

Diversidad

El resultado obtenido de la diversidad por el índice de Shannon-Wiener para el total del área fue de 2.61. Al aplicar el mismo índice para cada uno de los dos sitios de estudio (área de influencia y área protegida), los valores fueron 2.33 y 1.63, respectivamente.

En cuanto los valores de Hm para toda el área y de las dos zonas son: 2.94, 2.77 y 1.79 respectivamente. Los valores de equitatividad para las tres zonas fueron de 0.88, 0.84 y 0.91. (Fig. 10).

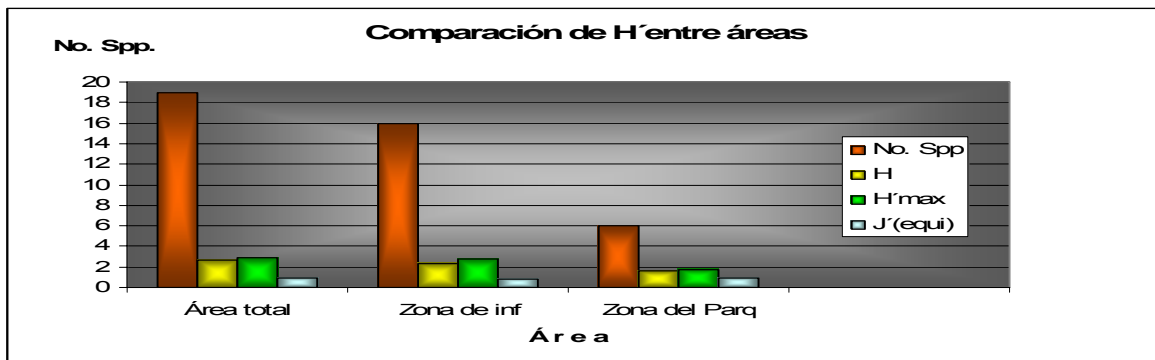


Figura 10. En donde se representa de manera comparativa el número de especies, índice de diversidad (H'), diversidad máxima (H'max) y Equitatividad (J') para el área total de estudio, zona de influencia y área protegida.



Recambio de especies (Diversidad beta).

De las 19 especies reportadas para toda el área de estudio, 13 son exclusivas del área de influencia, las cuales podrían considerarse como residentes ya que nunca se les capturó fuera de esta zona. Por otra parte en el área protegida del parque, la constante fue la presencia de 3 especies.

Las 3 especies de murciélagos restantes (*C. mexicanus*, *M. volans* y *M. velifera*) fueron comunes en los dos sitios (Cuadro 4), por lo que se consideran como especies compartidas por ambas comunidades. Con base en lo anterior y de acuerdo al coeficiente de Jaccard, el índice de similitud de la zona de influencia y de la zona protegida del Parque, arrojó un valor de 0.157. De acuerdo al intervalo de valores para este índice que va de 0, cuando no hay especies compartidas, hasta 1, cuando tienen la misma composición de especies, es claro que el valor que se obtuvo es bajo (0.157), lo que refleja que el recambio entre las dos áreas es escaso y que la quiropterofauna de los dos sitios es muy diferente.

Especie	Área de influencia	Área del Parque
<i>Pteronotus parnellii</i>	X	
<i>Desmodus rotundus</i>	X	
<i>Anoura geoffroyi</i>	X	
<i>Leptonycteris nivalis</i>	X	
<i>Artibeus intermedius</i>	X	
<i>Artibeus jamaicensis</i>	X	
<i>Artibeus lituratus</i>	X	
<i>Carollia perspicillata</i>	X	
<i>Dermanura azteca</i>	X	
<i>Sturnira lilium</i>	X	
<i>Sturnira ludovici</i>	X	
<i>Corynorhinus mexicanus</i>	X	X
<i>Eptesicus fuscus</i>		X
<i>Lasiurus blossevillii</i>	X	
<i>Lasiurus cinereus</i>		X
<i>Myotis californica</i>		X
<i>Myotis velifera</i>	X	X
<i>Myotis volans</i>	X	X
<i>Tadarida brasiliensis</i>	X	

Cuadro 4. En donde se muestra la presencia de las especies de murciélagos en el área de influencia y/o área del Parque.



Distribución.

Al observar la gráfica de los patrones de distribución de las 19 especies de murciélagos a lo largo del gradiente (2000-4150 m) de toda el área de estudio (Fig. 11), se encontró que 13 especies (68%) se encuentran en la parte baja (entre los 2000 y 2800 m), tres (16%) en la parte alta del gradiente (entre los 3600 y 4150 m) y otras 3 (16%) representan a las especies compartidas en la zona intermedia del gradiente (entre 2850 y 3700 m). Así mismo, los resultados manifiestan que la composición de especies en la parte baja del gradiente, esta conformada por murciélagos de distribución neotropical, mientras que las especies de murciélagos registrados en la cota de los 2850-4150 m, manifiestan una afinidad netamente neártica. De acuerdo con estos datos se infiere que la diversidad y distribución de las especies de murciélagos de toda el área de estudio está en función del incremento elevacional. Es claro que al incrementarse la altitud disminuyen la abundancia, distribución y la diversidad.

Con base en lo anterior, resulta evidente que existe segregación altitudinal de las cuatro familias reportadas para toda el área. De esta manera las especies que integran a las familias Phyllostomidae, Moolosidae y Mormopidae seleccionan de manera permanente el gradiente elevacional que corresponde al área de influencia (2000-3500 m), mientras que las especies que conforman a la familia Vespertillionidae son más frecuentes en la cota protegida del parque (3600 a 4200 m).

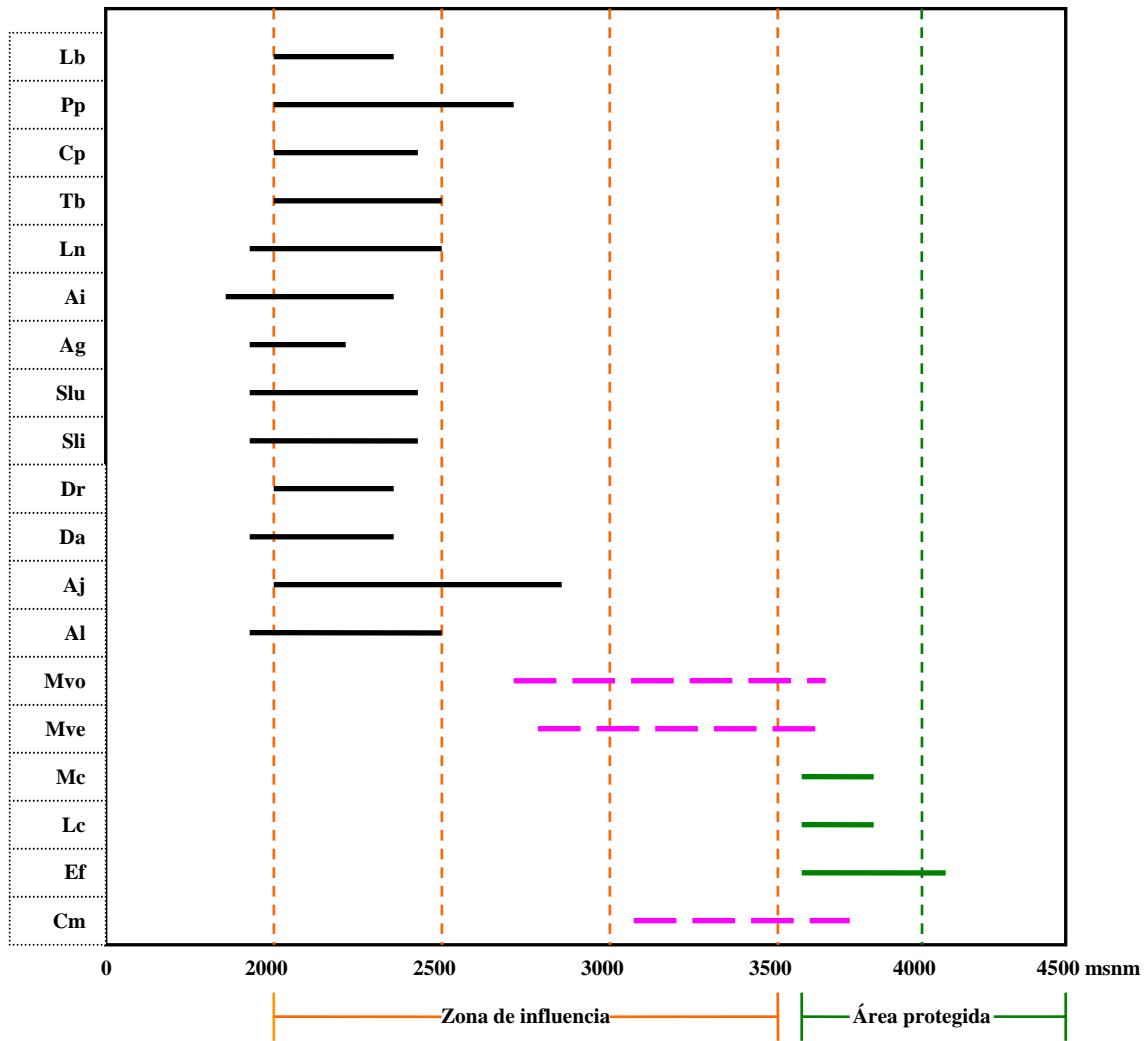


Figura 11. Distribución altitudinal de los murciélagos colectados en el área de influencia y en el área natural protegida del Parque Nacional Izta-Popo. Las abreviaturas corresponden a las especies capturadas: Cm=*Corynorhinus mexicanus*, Ef=*Eptesicus fuscus*, Lc=*Lasiurus cinereus*, Mc=*Myotis californicus*, Mve=*Myotis velifera*, Mvo=*Myotis volans*, Al=*Artibeus lituratus*, Aj=*Artibeus jamaicensis*, Da=*Dermanura azteca*, Dr=*Desmodus rotundus*, Sli=*Sturnira lilium*, Slu=*Sturnira Ludovici*, Ag=*Anoura geoffroyii*, Ai=*Artibeus intermedius*, Ln=*Leptonycteris nivalis*, Tb=*Tadarida brasiliensis*, Cp=*Carollia perspicillata*, Pp=*Pteronotus parnellii*, Lb=*Lasiurus blossevillii*.



Estructura de la comunidad.

La estructura de la comunidad analizada por grupos tróficos y por tamaño (antebrazo) permitió construir una matriz para ambas variables, basada en el índice de Hutchinson (1959). El total de celdas fue de 25 (5 grupos y 5 tamaños). (Cuadro 5).

	Tamaño (mm)						
	Gremio trófico	A 30-34	B 35-43	C 44-54	D 55-68	E 69-86	TOTAL
IAA			2	1			3
IAB	1		3	1	1		6
FRU			3	1	2	1	7
POL			1	1			2
Hematófago					1		1
TOTAL		1	9	4	4	1	19

Cuadro 5. Estructura por gremios tróficos y por tamaño de antebrazo de la comunidad de murciélagos del Parque Nacional Izta-Popo y área de influencia. Con base en el cociente de Hutchinson. IAA (insectívoro aéreo abierto), IAB (insectívoros aéreos de bosque), FRU (frugívoro), POL (polinectarívoro) y HEM (hematófago).

Al revisar el cuadro, resulta evidente que solo se ocuparon 13 celdas, en donde hay de 1 a 3 especies. Los insectívoros aéreos ocupan 2 celdas, cada celda esta ocupada por 2 y 1 especie y el tamaño de antebrazo corresponde a los grupos B y C. Hay 4 celdas ocupadas por murciélagos Insectívoros de Bosque, 3 celdas están ocupadas por 1 especie y los murciélagos tienen tamaño de antebrazo de los grupos A, B, C y D y 1 celda ocupada con 3 especies, de tamaño de antebrazo del grupo B.

En cuanto a las especies que basan su dieta en el consumo de frutos estas ocuparon 4 celdas, 2 celdas con 1 especie de tamaño de antebrazo C y E, 3 especies ocupan 1 celda, de tamaño de antebrazo B y dos especies 1 celda de tamaño de antebrazo D.

Los polinectarívoros ocuparon 2 celdas, cada una de ellas con 1 especie de tamaño de antebrazo B y C.

Una celda estuvo ocupada por 1 especie hematófaga, con tamaño de antebrazo del grupo D.

El 42% de las especies (8) tienen un tamaño de antebrazo del grupo B, el 21% están representados por especies (4) de tamaño de antebrazo C, otro 21% están representados por especies (4) de tamaño de antebrazo D, el 10.5% son especies (2) de tamaño de antebrazo A y solo una especie presento un tamaño de antebrazo E que representa el 5.2%.

Los gremios alimentarios mejor representados correspondieron a los murciélagos que basan su dieta en el consumo de insectos (47.3%), los que se dividieron en insectívoros de bosque (*e.g. P. parnellii*) e insectívoros aéreos (*e.g. L. blosevilli*) los cuales representaron el 31.5% y 15.7% respectivamente.

El segundo grupo con mayor número de especies son los murciélagos frugívoros que representan el 36.8%. Para el caso no fue posible separarlos en subgrupos



(e.g. especialistas de *Ficus*) ya que estas especies vegetales no se presentan en el sitio de estudio y su dieta la basan en el consumo de fruta presente dentro del área de estudio.

Los murciélagos polinectarívoros que representan el 10.5% de todas las especies y los murciélagos hematófagos que contribuyen con el 5.3%.

Al comparar los gremios tróficos de los sitios de estudio (zona de influencia y protegida), en la zona protegida las tres especies exclusivas, registradas en este sitio son insectívoros de bosque con 15.7%. (Cuadro 6).

Con respecto al área de influencia se encontraron los 4 gremios tróficos frugívoros, insectívoros, polinectarívoros y hematófagos con una representatividad del 36.8%, 15.7%, 10.5% y el 5.3%. El restante 15.7% esta representado por murciélagos insectívoros compartidos por las dos áreas de trabajo.

GREMIO ALIMENTARIO, TAMAÑO DE MUESTRA, LONGITUD DEL ANTEBRAZO DE LAS ESPECIES DE MURCIÉLAGOS DEL PARQUE NACIONAL IZTA-POPO.

(*) zona protegida, (+) zona de influencia.

Especie	N	L. Ant.	Grupo	G. Trófico
<i>M. californica</i> *	2	32.8	A	Insc. de Bosque
<i>L. blossevillii</i> +	1	38	B	Insc. Aéreo
<i>A. geoffroyi</i> +	10	40	B	Polinectarívoro
<i>C. perspicillata</i> +	2	39.8	B	Frugívoro
<i>S. liliium</i> +	3	40	B	Frugívoro
<i>S. ludovici</i> +	2	43	B	Frugívoro
<i>C. mexicanus</i> +*	14	42	B	Insectívoro bosque
<i>M. velifera</i> +*	6	37.8	B	Insc. de Bosque
<i>M. volans</i> +*	5	38	B	Insc. de Bosque
<i>T. brasiliensis</i> +	20	37.4	B	Insc. Aéreo
<i>L. nivalis</i> +	15	53	C	Polinectarívoro
<i>D. azteca</i> +	7	44.5	C	Frugívoro
<i>E. fuscus</i> *	5	48	C	Insc. de Bosque
<i>L. cinereus</i> +	6	51	C	Insc. Aéreo
<i>P. parnellii</i> +	2	57.4	D	Insc. de Bosque
<i>D. rotundus</i> +	18	61.3	D	Hematófago
<i>A. intermedius</i> +	1	66.8	D	Frugívoro
<i>A. jamaicensis</i> +	8	57.7	D	Frugívoro
<i>A. lituratus</i> +	6	74	E	Frugívoro

Cuadro 6. Gremio alimentario, tamaño de muestra y longitud del antebrazo (mm), de las especies de murciélagos del Parque Nacional Izta-Popo. (*) zona protegida y (+) zona de influencia.



Relaciones Zoogeográficas.

De las 19 especies registradas en el Parque Nacional Izta-Popo y área de influencia (Cuadro7) 11 de ellas que representan el 58% son de distribución Neotropical, 5 (26.3%), son de distribución Neártica, solamente 3 especies resultaron compartidas para ambas regiones. Algunas de las especies constituyen registros interesantes. *Corynorhinus mexicanus*, *Eptesicus fuscus* se capturaron en los 3740 y 4050 m, respectivamente, constituyéndose como el reporte de mayor altitud de estas especies en Norteamérica. Por otro lado, la presencia de *Lasiurus cinereus* en meses de mayo junio y agosto en nuestra área de estudio. Cryan (2003) ha propuesto migraciones latitudinales de este murciélago a finales de invierno hacia la región más meridional de su distribución (región sureña de Estados Unidos), por lo que su presencia en nuestro país en los meses señalados requiere de mayores estudios. En general, la presencia de murciélagos filostómidos en bosques templados entre los 2000 y 2850 m hace importante reconocer los factores bióticos y abióticos que hacen posible que ocupen hábitats que en condiciones normales no ocupan.

Especie	Afinidad
1.- <i>Pteronotus parnellii</i>	Nt
2.- <i>Desmodus rotundus</i>	Nt
3.- <i>Anoura geoffroyi</i>	Nt
4.- <i>Leptonycteris nivalis</i>	Nt
5.- <i>Artibeus intermedius</i>	Nt
6.- <i>Artibeus jamaicensis</i>	Nt
7.- <i>Artibeus lituratus</i>	Nt
8.- <i>Carollia perspicillata</i>	Nt
9.- <i>Dermanura azteca</i>	Nt
10.- <i>Sturnira lilium</i>	Nt
11.- <i>Sturnira ludovici</i>	Nt
12.- <i>Corynorhinus mexicanus</i>	Na
13.- <i>Eptesicus fuscus</i>	Na
14.- <i>Lasiurus blossevillii</i>	C
15.- <i>Lasiurus cinereus</i>	C
16.- <i>Myotis californica</i>	Na
17.- <i>Myotis velifera</i>	Na
18.- <i>Myotis volans</i>	Na
19.- <i>Tadarida brasiliensis mexicana</i>	C

Cuadro 7. En donde se representa la afinidad zoogeográfica de los murciélagos registrados en la zona de influencia y área natural protegida del Parque Nacional Izta-Popo.
Nt= neotropical, Na= neártica y C= compartida.



Proporción de sexos.

Para evaluar la proporción de sexos únicamente se tomaron en cuenta especies que tuvieran un mínimo de 10 organismos colectados, por debajo de este número los datos serían poco representativos (Fig. 12). En este sentido solamente se analizó la proporción en *C. mexicanus* (1:2.5), *T. brasiliensis* (1:1.5), *D. rotundus* (1:0.63), *L. nivalis* (1:0.66) y *A. geoffroyi* (1:1.5), (machos:hembras).

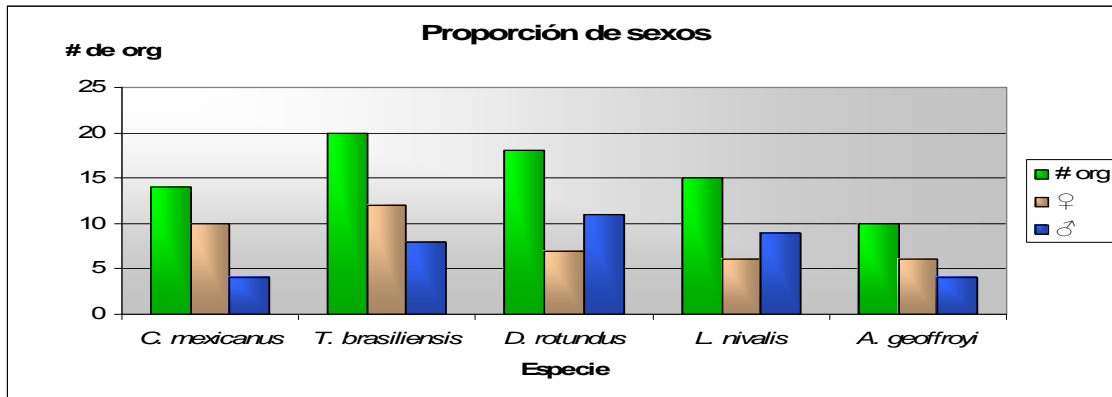


Figura 12. Proporción sexual de cinco especies colectadas en la zona de estudio.

Reproducción.

Del total de las 19 especies registradas para el área de influencia y área protegida solamente en cinco (*Tadarida brasiliensis*, *Desmodus rotundus*, *Leptonycteris nivalis*, *Anoura geoffroyi* y *Corinorhynchus mexicanus*) fue posible hacer las siguientes inferencias de los periodos reproductivos.

Al analizar la gráfica (Fig. 13) de *T. brasiliensis* se observó que los eventos de gestación ocurren en primavera (marzo) lo que se corrobora porque las 4 hembras revisadas (100%) estaban preñadas. Probablemente la terminación de este periodo ocurra en mayo, la presencia de una hembra lactante permite sugerir lo anterior. Es probable que la lactancia concluya en julio ya que de las dos hembras colectadas una había concluido y la otra tenía la glándula mamaria muy reducida. En las hembras colectadas en septiembre (dos) ninguna evidenciaba actividad reproductiva. Estos resultados permiten suponer que la especie presenta una monoestría estacional.

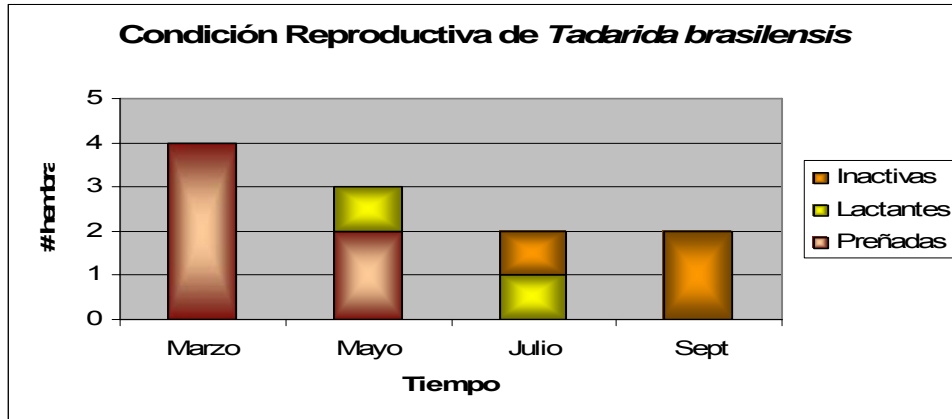


Figura 13. Eventos reproductivos en hembras de *Tadarida brasiliensis* colectadas en la zona de estudio.

Para *D. rotundus*, es claro que la presencia de hembras gestantes, lactantes e inactivas durante todo el año manifiesta un patrón poliéstrico continuo, en donde no hay una estación que manifieste picos en alguno de estos eventos (Fig. 14).

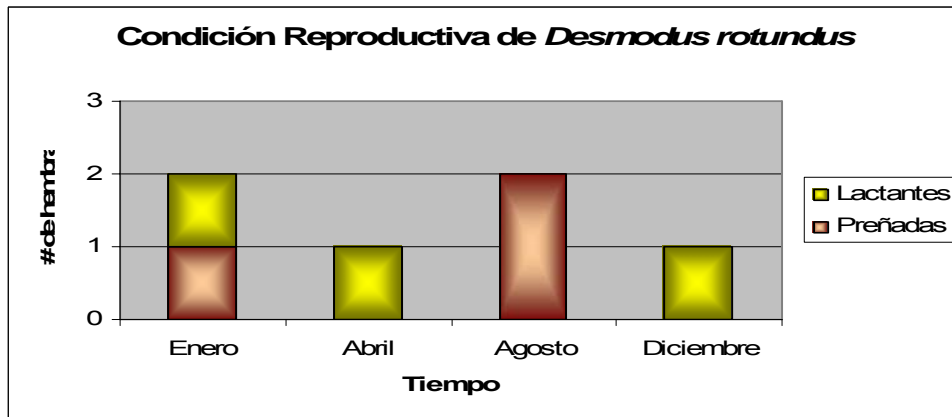


Figura 14. Eventos reproductivos de las hembras de *Desmodus rotundus* colectadas en la zona de estudio.

De *L. nivalis* durante noviembre las dos hembras examinadas estaban preñadas, en enero una se encontraba lactante y la otra, por lo abultado del vientre no tardaría mucho tiempo en hacerlo. Los pocos datos no nos permiten hacer una propuesta del posible patrón reproductivo, sin embargo, es probable que las preñeces se inicien en el otoño y concluyan en primavera (Fig. 15).

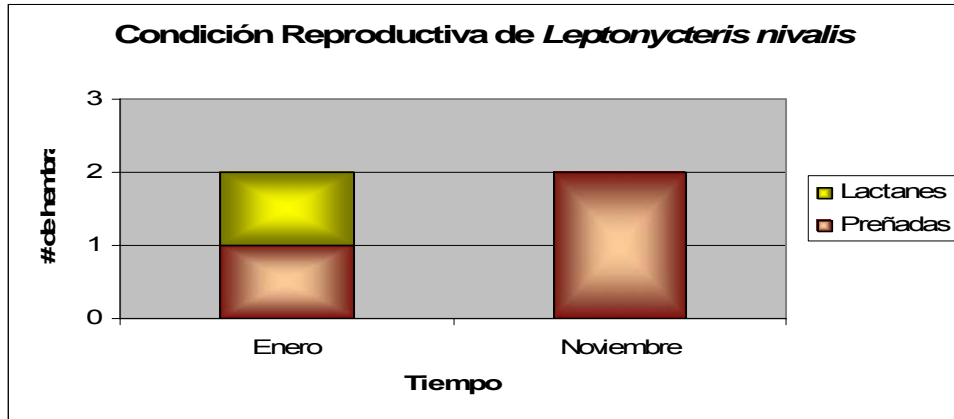


Figura 15. Condición reproductiva de las hembras de *Leptonycteris nivalis* colectadas en la zona de estudio.

Para *C. mexicanus*, el período de gestación se inicia en enero y concluye en el mes de abril; En estos meses de un total de siete hembras colectadas, cinco, mostraron estar preñadas. En abril de las dos hembras revisadas una se encontraba lactante. De acuerdo con estos datos, al parecer la gestación en esta especie es de aproximadamente 3 meses y se desconoce la duración de las lactancias. Sin embargo, la carencia de datos para otros meses no nos permite inferir si la especie presenta una monoestría estacional (Fig. 16).

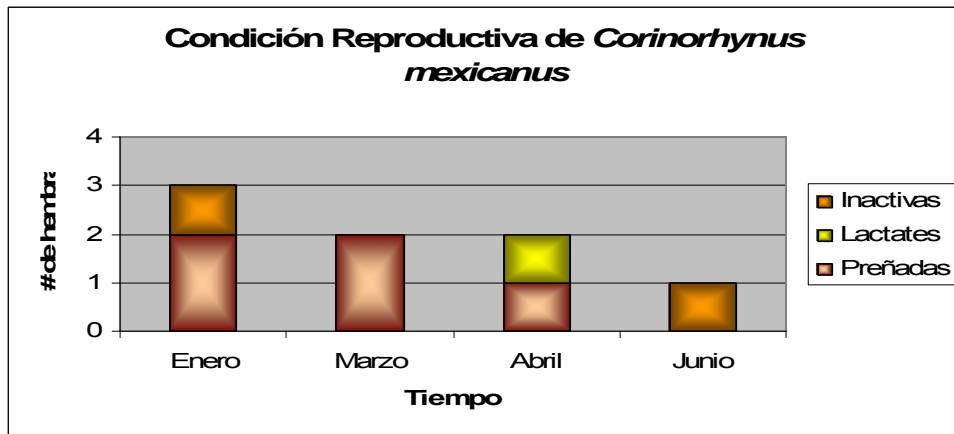


Figura 16. Condición reproductiva de las hembras de *Corinorhynchus mexicanus* colectadas en la zona de estudio.

En las dos hembras de *A. geoffroyi* colectadas durante febrero-abril no mostraron actividad reproductiva. En el mes de junio se examinaron a tres hembras, todas ellas con señales inequívocas de preñez, en octubre se capturaron dos hembras, una de ellas lactante y la otra continuaba preñada. Los datos anteriores permiten



sugerir que la gestación se da durante todo el verano y las lactancias al parecer se inician al principio de octubre. La escasez de datos no permiten inferir el posible patrón reproductivo que manifiesta *A. geoffroyi*.

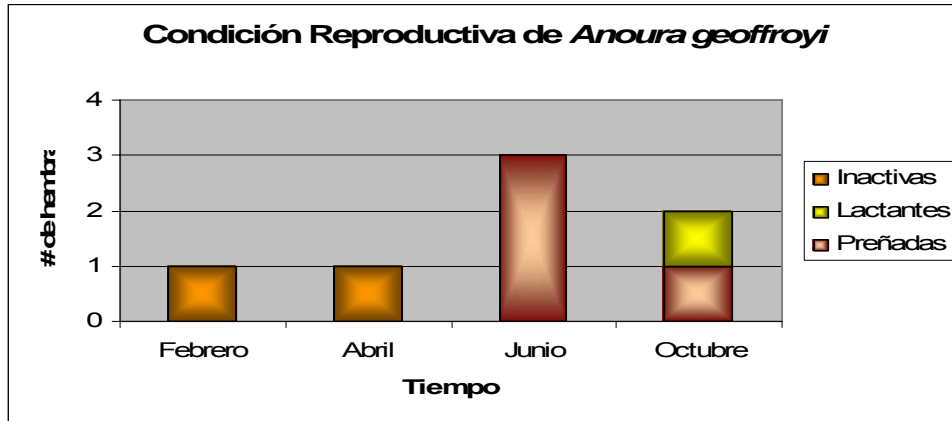


Figura 17. Condición reproductiva de las hembras de *Anoura geoffroyi* colectadas en la zona de estudio.



DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Riqueza específica.

Al comparar la riqueza de especies de murciélagos del Parque Nacional Izta-Popo y su área de influencia con otras áreas geográficamente ubicadas en el Eje Volcánico Transversal se encontró que la riqueza de estas últimas comunidades templadas reflejan un número bajo y poco variable en especies. En las localidades del Ajusco, Zoquiapan y Morelos, la quiróptero fauna esta conformada por 4, 7 y 20 especies respectivamente (Davis y Rusell, 1954 y Blanco *et al*, 1981). Las características ambientales (templado-frio) de las comunidades del Ajusco y Zoquiapan, son muy similares a las de la zona de estudio, por lo que resultaría lógico suponer una riqueza específica equivalente. Sin embargo esto no es así. El registro de especies del área de estudio es mayor que el reportado para las comunidades del Ajusco y Zoquiapan. La explicación de este hecho radica en el número de familias presentes en el Ajusco, Zoquiapan y El Parque Nacional. En las dos primeras comunidades la única familia presente es la Vespertilionidae, mientras que en la tercera se presentan cuatro familias, Phyllostomidae, Vespertilionidae, Mormoopidae y Molossidae. De esta manera, la mayor riqueza de especies del Parque se explicaría por el componente de murciélagos de afinidad tropical, (Filostómidos), los cuales contribuyen con el 52.6% de esta riqueza. Los murciélagos filostómidos tienen una afinidad tropical (McNab, 1971), por lo que su contribución tan alta en nuestra zona de estudio requiere de una explicación.

En áreas circundantes al parque (zona de influencia), en la cota de los 2000 a 2900 m., que comprende parte de los Estados de Puebla y Morelos, grandes extensiones de tierra son utilizadas para fines agrícolas, principalmente al cultivo de una gran variedad especies frutales y de verduras (pera, manzana, membrillo, capulín, tejocote, durazno, ciruelas y aguacate) tanto criollas como de injerto, condiciones que propician la presencia y diversidad de murciélagos filostómidos en el área de estudio. Lo anterior se corrobora porque todas estas especies fueron colectadas en este gradiente, que representa a la frontera agrícola de la región.

Por otra parte es conveniente mencionar que a lo largo del gradiente elevacional (2000-4150m) se suceden diferentes pisos vegetacionales en donde se mezclan especies de las cuatro familias contribuyendo a incrementar la riqueza. En este sentido, la heterogeneidad de los hábitats y la alta disponibilidad de recursos alimentarios durante todo el año, explican la riqueza específica del Parque (Fleming *et al.*, 1972; Humphrey y Bonaccorso, 1979 y Bonaccorso y Humphrey, 1984). Es claro que la semejanza entre la comunidad de Morelos y la del Parque Nacional Izta-Popo se explicaría por lo señalado anteriormente.

Las familias mejor representadas son Phyllostomidae y Vespertilionidae, con el 52.6 % y 37 %, respectivamente. El aporte de las familias Molossidae y Mormoopidae es de 5.2% cada una.

La presencia de murciélagos Vespertilionidos en el Parque (zona protegida) se explica, por su origen Neártico, y en el caso de las otras dos familias, su presencia en esta área templada esta dada por la introducción de especies vegetales que utilizan como recurso alimentario.



Riqueza específica por área.

Al comparar la riqueza específica de los dos sitios, resulta claro que la zona de influencia presenta el valor más alto (3.25), lo cual es el resultado del mantenimiento artificial de una mayor humedad, propiciado por la introducción de especies de plantas cultivadas sobre todo frutales y al incremento de la diversidad vegetal, que se suceden a lo largo del gradiente (2000-3500 m) de la zona de influencia.

La disminución del número de especies en la zona protegida del Parque (3600-4150 m) se manifiesta por un valor bajo en la riqueza (1.42) probablemente como resultado del cambio de los factores abióticos (temperatura, altitud y humedad) o bióticos (complejidad y productividad de los habitats). Vargas-Contreras y Hernández-Huerta (2001) señalan que la diversidad de murciélagos cavernícolas disminuye conforme se incrementa la altitud, causado probablemente por los factores antes mencionados, hecho que coincide con los resultados de este trabajo.

Abundancia relativa.

En comunidades tropicales es común que la dominancia este dada por un número relativamente bajo de especies (4 o 5), las cuales llegan a representar en ocasiones más del 50% del número total de murciélagos presentes en la comunidad. Esto podría ser interpretado como que estas especies son relativamente fáciles de detectar o más comunes (Fleming, 1973; Ramírez-Pulido y Müdespacher, 1987; Medellín, 1993; Iñiguez, 1993 y Téllez-Girón, 2003). Estos autores destacan que el número de especies consideradas como raras o difíciles de detectar (por el número relativamente bajo con el que contribuyen), son generalmente las más numerosas.

Este comportamiento es típico de comunidades de murciélagos tropicales, en donde las especies “raras” son las que más contribuyen a la diversidad “alfa” (Whittaker, 1970 y Fleming, 1973). La abundancia relativa del Parque Izta-Popo y áreas de influencia, tiene un comportamiento muy similar al descrito anteriormente, a pesar de corresponder a una área con características climáticas diferentes. De esta manera es posible detectar a cinco especies dominantes o comunes (*T. brasiliensis*, *D. rotundus*, *L. nivalis*, *C. mexicanus* y *A. geoffroyi*) y 14 especies consideradas como escasas.

Esto sugiere que en las comunidades templadas también es posible encontrar patrones de dominancia semejantes a los de sitios tropicales.

Al comparar los dos sitios de estudio, resulta evidente que al disminuir la diversidad específica de las comunidades, el número de especies dominantes se reduce. De esta manera en la zona de influencia las más abundantes son *D. rotundus* (13.5%), *L. nivalis* (11.2%) y *T. brasiliensis* (15%).

Para el caso del área protegida de las seis especies, cinco podrían considerarse como raras y solo *C. mexicanus*, se constituye como la especie más representativa (36.9%).



Diversidad.

Al comparar la diversidad del total del área de estudio, es decir de la zona de influencia y la del Parque (2.61), con las citadas de La Costa Chica (2.32), Tellez-Girón, 2003; Costa Grande (1.50), Ramírez-Pulido y Armella, 1987; Los Tuxtlas (2.97), Navarro, 1982 y Selva Lacandona (2.82), Medellín, 1993; se puede inferir lo siguiente. Fleming (1973) y Magurran (1988) mencionan que las comunidades tropicales tienen condiciones que favorecen una alta diversidad, debido a que son hábitats más productivos con una alta estabilidad climática mayores que los biomas templados.

La zona de estudio corresponde a un bosque templado frío, por lo que se esperaría que la diversidad fuera menor a la encontrada en los biomas tropicales señalados. Sin embargo, el índice obtenido es mayor al registrado en la Costa Chica y La Costa Grande, regiones consideradas como tropicales. Una explicación como lo señalan Fleming *et al.* (1972) es que en los lugares con cierto grado de perturbación (Costa Rica, La Pacífica) los valores de diversidad tienden a ser altos. En este sentido, la zona de influencia del parque es un área modificada para fines agrícolas, lo cual probablemente ha propiciado que especies de murciélagos poco comunes (filostómidos), encuentren las condiciones bióticas y abióticas adecuadas para su colonización. Chávez y Trigo (1996) documentaron la presencia de diez especies, ocho de las cuales pertenecen a la familia Vespertilionidae y dos de la familia Molossidae, murciélagos de afinidad Neártica. En ningún momento se señala la presencia de murciélagos de afinidad Neotropical (filostómidos y mormoopidos), lo que nos permite sugerir que la presencia de estos murciélagos en el área de estudio ha coincidido con el incremento de la región agrícola y con la introducción de variedades frutales nuevas (injerto). El incremento actual de especies de murciélagos Neotropicales en la zona de estudio, coincide con la alteración del hábitat, tal y como ha sido documentado por Fleming *et al.* (1972).

Comparación de diversidad entre las dos áreas.

Al comparar los valores del índice de diversidad de la zona de influencia ($H=2.33$) y la protegida ($H=1.63$) resulta evidente que la zona de influencia es el hábitat más diverso, pues el mayor número de especies es resultado de la alteración del hábitat para fines agrícolas, lo que ha propiciado una gran abundancia y disponibilidad de recursos alimentarios que son aprovechados por los murciélagos.

Por otra parte los factores abióticos más extremos de la zona protegida (temperatura, humedad y altitud), así como factores bióticos (homogeneidad de las comunidades vegetales, escasa disponibilidad y abundancia de alimento) son importantes, puesto que restringen la presencia de más especies en el área protegida del parque, lo cual coincide con lo señalado por Fleming *et al.* (1972); Graham, (1983, 1990) y Bonaccorso y Humphrey, (1984).

En cuanto a la equidad, este fue mayor en la zona protegida (0.91) que en la zona de influencia (0.84). Lo anterior manifiesta que las especies (seis) que confluyen en la región protegida del parque, no difieren grandemente en el número de

Diversidad Quiropterofaunística del Parque Nacional Izta-Popo y sus áreas de influencia



organismos capturados para cada una de las especies. Probablemente el valor tan alto de equidad en la zona protegida del parque, sea un reflejo de la homogeneidad del hábitat de esta área el cual está conformado exclusivamente por *Pinus hartwegii*.

Los valores de Equidad registrados en el área de estudio (0.880) y los reportados para La Costa chica, Costa grande, Los Tuxtlas y Selva Lacandona (0.538, 0.336, 0.868 y 0.720 respectivamente), muestran claramente que la equidad más alta corresponde a la zona de estudio y solo se equipara con la de la Selva Lacandona; esta mayor equidad podría ser el resultado de que el área de estudio, a pesar de ser más pequeña tiene una mayor abundancia y disponibilidad alimentaria.

Recambio de especies (diversidad beta).

Hernández, (2002) señala que la tasa de recambio en tres localidades de la Cuenca del Río Zimapán, tiene valores cercanos a cero y argumenta que probablemente se deba a que se muestreó una misma localidad por sus cercanía. Por otra parte, Moreno y Halfthor (2001) y Briones *et al* (en prensa) aluden que se espera encontrar valores de diversidad beta más altos en taxa cuya capacidad de dispersión es menor como los roedores. Sosa (1997) y Calderón (2000) sugieren que los patrones de recambio de especies están asociados a cambios en las comunidades vegetales (causados por factores de gradientes altitudinales), o bien a una orientación Norte-Sur. A pesar que el valor reportado en este trabajo es relativamente bajo (0.157), coincide con lo señalado por estos autores. El valor obtenido en este estudio es el resultado de la afinidad de los murciélagos que habitan en la zona de influencia (neotropical) y los del área natural protegida (Neártico), lo cual hace evidente una aparente segregación vertical inducida por los requerimientos bióticos y abióticos específicos para cada una de las especies. Es importante señalar que son pocos los trabajos ecológicos de comunidades en donde se han realizado análisis de recambio de especies, a pesar de su importancia si se considera la alta tasa de deforestación y transformación de regiones causadas por diferentes factores.

Distribución.

Tuttle (1970), Wilson (1974), McCoy y Connor (1980) y Graham (1983) sugieren que las comunidades de murciélagos presentan cambios en su composición taxonómica y ecológica a lo largo de gradientes altitudinales y latitudinales. Indican que la mayor complejidad, diversidad y abundancia se dan en bajas altitudes y latitudes tropicales. La anterior aseveración coincide con lo encontrado en este trabajo. En la parte baja del gradiente altitudinal (2000-2850), las trece especies de murciélagos representan al 68%, mientras, que las tres que confluyen en la parte alta (3000-4150) representan el 15.7%; las tres especies restantes tienen una distribución intermedia (2750-3670), representando el 15.7% de todo el complejo quiropterofaunístico. Además como ha sido manifestado por diversos autores (Patterson *et al*, 1989; Heaney *et al.*, 1989; Heaney y Rickart, 1990 y Navarro y León-Paniagua, 1995) los cambios en la diversidad y distribución pueden ser explicados y correlacionados con factores bióticos y abióticos. Los resultados, obtenidos en este trabajo permiten sugerir que los patrones de distribución de los murciélagos están en relación



principalmente con factores bióticos, tales como la abundancia y disponibilidad de recursos alimentarios. En la mayoría de las comunidades, los recursos vegetales como primer nivel dentro de una estructura trófica se ven afectados en sus patrones fenológicos por las variaciones anuales de las condiciones climáticas estacionales. Es claro entonces que los murciélagos frugívoros se verán más afectados que los murciélagos insectívoros. Sin embargo, como ya se ha comentado, en la zona de influencia del Parque Nacional, la región agrícola mantiene a lo largo del año un aporte abundante de recursos vegetales, lo que permite sostener la presencia de los murciélagos predominantemente frugívoros en la cota baja del gradiente.

Iñiguez-Dávalos y Santana (1993) mencionan que en zonas de transición es común que confluyan especies taxonómica y ecológicamente diversas de afinidad zoogeográfica tanto Neártica como Neotropical, cuya distribución latitudinal se puede traslapar, pero están separadas altitudinalmente. En el Parque Nacional esta segregación altitudinal es evidente ya que trece especies de afinidad Neotropical están ocupando habitats templados. La presencia de grandes extensiones agrícolas y el complejo mosaico vegetacional, explican la utilización de habitats que normalmente no ocupan. Las otras seis especies manifiestan una afinidad netamente Neártica, por lo que se esperaría su presencia en las partes más altas.

Estructura trófica.

En el Parque Nacional Izta-Popo y su área de influencia se registró el 45.5% de los gremios tróficos reportados para las zonas de Selva Alta Perennifolia (Medellín, 1993), con ausencia de omnívoros, piscívoros, carnívoros, y frugívoros especialistas en *Ficus*, *Piper* y desechos. En este trabajo es claro que existe un solapamiento de especies cuando menos en dos gremios tróficos (Insectívoros de Bosque y Frugívoros). En el caso de los murciélagos insectívoros de bosque (seis especies), tres especies se incluyen en el grupo de tamaño de antebrazo B, por lo que se esperaría una fuerte competencia por los recursos. Las observaciones realizadas en campo sugieren que la competencia tiende a reducirse ya que dos de estas especies se mueven a lo largo de todo el gradiente, por lo que utilizan recursos tanto del área de influencia como de la zona protegida. Las tres especies restantes se ubican en grupos de tamaño de antebrazo diferentes (A, C y D), lo cual probablemente disminuya esta competencia. De las siete especies de murciélagos frugívoros, tres pertenecen al grupo de tamaño de antebrazo B y las restantes cuatro especies se reparten en los grupos de antebrazo D (dos especies), con una en los grupos (C y E). Este solapamiento de especies probablemente sea un reflejo de abundancia y disponibilidad de alimento que estos murciélagos encuentran durante todo el año.

Es claro que los comentarios anteriores dan una explicación muy escueta de la repartición de recursos, sin embargo, muchas especies son morfológicamente semejantes, lo que induciría a pensar en una intensa competencia, la cual resulta de difícil explicación. Por lo anterior se hace necesario un mayor número de estudios, los cuales deberán estar enfocados en comparaciones de abundancia, dieta y competencia intraespecífica de un mismo grupo trófico para evaluar



cuantitativamente el uso de los recursos, lo que ayudará a reconocer los mecanismos que permiten la coexistencia de estas especies (Medellín, 1993; Sosa, 1997 y López, 1998).

Por otra parte, los murciélagos de tamaño de antebrazo B (30.1-37.6 mm.), son desde el punto de vista trófico los de mayor importancia en la comunidad ya que explotan recursos de cuatro formas diferentes (insectívoros de bosque, insectívoros aéreos, frugívoros y polínectarívoros) y en conjunto representan el 42.1% de las especies de toda nuestra área de estudio. En este grupo se incluye a la especie con mayor abundancia *T. brasilensis* (20 organismos) y a la tercera mejor representada, *C. mexicanus* (14 individuos).

Relaciones zoogeográficas.

El Parque Nacional Izta-Popo se ubica en el Eje Volcánico Transverso exactamente en la zona transicional de la Región Neártica y Neotropical (Chávez y Trigo, 1996); por ello en el Parque confluyen especies taxonómica y ecológicamente de afinidad Neártica y Neotropical. Es claro que en el parque, se da un solapamiento latitudinal de especies, sin embargo su distribución altitudinal las separa. De esta manera todas las especies (11), de murciélagos neotropicales se encuentran en la parte baja del gradiente altitudinal (2000-2850 m.), mientras que otras seis especies presentan una afinidad netamente Neártica. Solo dos de las especies (*Lasiurus blossevillii* y *Tadarida brasilensis*) presentaron un porcentaje de distribución compartida.

Proporción de sexos.

Los pocos datos obtenidos permiten sugerir que en *C. mexicanus*, *T. brasilensis* y *A. geoffroyi* se observa una predominancia en favor de las hembras. La única explicación probable que se puede dar ante este hecho es que la mayoría de las hembras colectadas manifestaban evidencias de estar gestantes o lactantes. Esto al parecer coincide con lo encontrado por otros autores, tales como Bateman y Vaughan (1974), Galindo-Galindo (1995) y Sánchez-Quiroz (2000) quienes encontraron que la proporción sexual durante los eventos de gestación o lactancia siempre tiende a favorecer a las hembras. La explicación que se argumenta es que las hembras establecen colonias maternas y los machos son excluidos de los refugios, abandonando los sitios de crianza. En el caso de *D. rotundus* no hay formación de colonias maternas y con respecto a *L. nivalis* se ha reportado que es una especie migratoria altitudinal y latitudinal, (Rojas-Martínez y Valiente-Banuet, 1996), por lo que los datos no permiten establecer un predominio evidente por parte de algún sexo y dar una explicación al respecto.

Reproducción.

Para reproducirse los murciélagos al igual que los demás mamíferos han desarrollado estrategias que les permiten adaptarse a los cambios de su entorno: el fotoperíodo que incide sobre el sistema endocrino y controla la reproducción, la temperatura y precipitación que inciden de manera directa en la abundancia y, la disponibilidad de recursos alimentarios en sus habitats, que es el principal factor ambiental que controla la reproducción (Kunz, 1982).



Medellín (1993), menciona que las especies insectívoras están gestantes durante la época seca y la lactancia parece iniciarse a fines de este periodo. Así mismo Sánchez-Quiroz (2000), indica que en las especies insectívoras *M. megalophylla* y *P. personatus* gestan durante la época larga de sequía y dan a luz a finales de ésta, por otra parte López-Wilchis (1989), encuentra que en hembras de *C. mexicanus* la gestación transcurre durante la estación de secas y señala que el evento más crítico en la reproducción es la lactancia. De esta manera, al iniciarse la lactancia hay un incremento en la biomasa de insectos, lo cual es importante ya que las hembras encuentran un buen aporte para nutrirse así mismas y a sus críos, que al ser destetados aun encuentran una buena proporción de alimento.

Estos patrones parecen coincidir con el que presentan las dos especies insectívoras (*C. mexicanus* y *T. brasiliensis*) encontradas en nuestra zona de estudio, en donde es claro que la gestación se da en el periodo seco y los nacimientos coinciden con el final de la época de secas e inicio del periodo de lluvias.

Las especies polinectarívoras (*A. geoffroyi* y *L. nivalis*) tienen periodos reproductivos diferentes. Galindo-Galindo (1995) encontró que en un bosque templado *A. geoffroyi* gesta durante el verano y las lactancias se inician en octubre y finalizan en diciembre, época que coincide con la floración de agaves de la zona. En el área de estudio, también presenta este comportamiento, por lo que *A. geoffroyi* es una especie monoéstrica estacional, como menciona este autor.

En el caso de *L. nivalis* el periodo de gestación se inicia a mitad del otoño y concluye en el primera mitad del invierno, lo cual se correlaciona con los eventos de floración de cactáceas, agaváceas y leguminosas, de esta manera las lactancias transcurren de finales de invierno y parte de primavera. Sin embargo, los datos insuficientes no permiten argumentar la posible estrategia reproductiva de esta especie.

Las especies de murciélagos consideradas como poliéstricas continuas han sido referidas para aquellos habitats en los que los recursos alimentarios siempre están disponibles (Wilson, 1979).

Esto hace posible que en sus colonias se encuentren hembras grávidas, lactantes e inactivas, tal es el caso de *D. rotundus*. Resulta evidente que *D. rotundus* manifiesta una reproducción continua a lo largo del tiempo, puesto que en las hembras examinadas en este estudio presentaron este comportamiento reproductivo.



CONCLUSIONES.

- En toda el área se registraron 19 especies en el gradiente de los 2000 a los 4150 m., 13 en la zona de influencia y 6 en el área protegida.
- El número de familias en el área es de cuatro (Phyllostomidae, Vespertilionidae, Mormoopidae y Moloosidae), los Vespertilionidos fue la única familia presente en la zona protegida.
- De acuerdo al Índice de Shannon-Wiener, el valor obtenido es alto para toda el área ($H=2.61$), semejante al de los Tuxtlas y Selva Lacandona ($H=2.8$ y 2.9 , respectivamente).
- Al comparar este mismo índice para la zona de influencia ($H= 2.3$) es mayor que el registrado en el área protegida ($H= 1.6$).
- La distribución de las 19 especies manifiestan una clara segregación altitudinal, los murciélagos de afinidad tropical se ubicaron en la parte baja del gradiente (2000 a 2800 m.), mientras que los de afinidad neártica por encima de la cota de los 3000 m.
- El traslape latitudinal de especies de murciélagos de afinidad neártica y neotropical es notorio en toda nuestra área de estudio, sin embargo existe una evidente segregación vertical, lo que sugiere que los requerimientos bióticos y abióticos sean diferentes, de ahí que el valor de recambio de especies entre el área natural y protegida sea relativamente bajo (0.157).
- En cuanto a la estructura de la comunidad, el número de gremios tróficos es de cinco, que representan el 45.5 % de todos los gremios descritos. Con base a la longitud del antebrazo, registrada en cada una de las especies, y de acuerdo a la bibliografía consultada, no se detecto competencia interespecífica por recursos alimentarios.
- Sugerimos estudios más específicos para cada una de las especies, con la finalidad de analizar de la manera más precisa el tipo de recursos que utilicen con más frecuencia.
- Once de las especies del Parque tienen afinidad neotropical, cinco de afinidad neártica y tres son comunes en ambas regiones.
- Respecto al patrón reproductivo, cuatro de las cinco especies examinadas presentan una monoestría estacional, sin embargo en dos de ellas la gestación se da durante la sequía y la lactancia en época de lluvias. En las otras dos especies, los mismos eventos suceden en verano y otoño principalmente, solamente se reporta una especie poliéstrica (*Desmodus rotundus*).
- Se incrementa en 147 m. la distribución de *Corinorhynchus mexicanus* (3600 a 3747 m.), además se reporta por primera vez la presencia de *Eptesicus fuscus* en la cota altitudinal de los 4150 m. (Tlamacas).



BIBLIOGRAFÍA.

1. **Aceves, G. R. M.** 1967. Introducción al estudio de suelos derivados de cenizas volcánicas y de Ando en el Popocatepetl. Tesis. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía, UNAM.
2. **Aguilar, J.** 1977. Distribución altitudinal de tuzas en el Iztaccíhuatl. Tesis de licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Morelos, México. 60 pp.
3. **Álvarez, T., S. T. Álvarez-Castañeda y J. C. López Vidal.** 1994. Claves para murciélagos mexicanos. CIBNOR-ENCB, I.P.N. México. 64 pp.
4. **Alvarez, Y. y F. La Chica.** 1974. Zoogeografía de los vertebrados de México. En: T. Alvarez y F. La Chica (Eds.) *El escenario Geográfico*. INAH, México. Pp. 221-275.
5. **Baker, R. J., J. K. Jones, Jr. y D. C. Carter, (eds).** 1976. Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae, part I. *Special Publications, The Museum, Texas Tech University*, 10:1-218.
6. -----, 1977. Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae, part II. *Special Publications, The Museum, Texas Tech University*, 13: 1-364.
7. -----, 1979. Biology of Bats of the New World Family Phyllostomidae, part III. *Special Publications, The Museum, Texas Tech University*, 16:1-441.
8. **Barrera, A.** 1968. Distribución cliceral de los Shiphonaptera del volcán Popocatepetl. Su interpretación Biogeográfica *An. Serie Zool. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México*. 39:35-100 pp.
9. **Bateman, G. C. y T. A. Vahughan.** 1974. Nightly activities of mormoopid bats. *J. Mamm.*, 55:45-65.
10. **Blanco S., G. Ceballos, C. Galindo, M. Maas, R. Patron, A. Pescador y A. Suárez.** 1981. Ecología de la estación experimental Zoquiapan. Cuadernos Universitarios No. 2, Universidad Autónoma de Chapingo, México; 114 pp.
11. **Bonaccorso, F. J.** 1979. Foraging and reproductive ecology in a Panamanian bat community. *Bulletin of the Florida State Museum, Biological Sciences*, vol. 24:359-408.



12. **Bonnaccorso, F. J. y S. R. Humphrey.** 1984. Fruit bat niche dynamics: their role in maintaining tropical forest diversity. *Tropical Rain-Forests: The Leeds Symposium*, pp. 169-183.
13. **Briones, S. M. A., Sánchez-Cordero y J. A. Santos-Moreno.** En prensa. Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México.
14. **Brown, J. y P. Nicolleto.** 1991. Spatial scaling of species composition: body masses of North America land mammals. *Amer. Natur.* 138 (6): 1478-1512.
15. **Calderón, J. M.** 2000. Diversidad y Estructura de Comunidades de Quirópteros de Ixtlán. Sierra Norte de Oaxaca. *Tesis de Licenciatura.* Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. 79 pp.
16. **Ceballos G. y C. Galindo.** 1984. Mamíferos silvestres de la cuenca de México. Limusa, México, 300 pp.
17. **Corbet, G. B. y J. E. Hill.** 1991. A World list of mammalian species. Third edition. *Natural History Museum Publications.* Oxford University Press. VIII+ 243.
18. **Cryan, P. M.** 2003. Seasonal distribution of migratory tree bats (*Lasiurus* and *Lasionycteris*) in North America. *Journal of Mammalogy.* 84:579-593.
19. **Chávez C. J. y N. B. Trigo.** 1996. Programa de manejo para el Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl. *Colección Ecología y Planeación.* UAM Xochimilco. México. 315 pp.
20. **Davis, W. B. y R. J. Russell.** 1954. Mammals of the Mexican state of Morelos. *J. Mamm.* 35:63-80.
21. **Findley, J. S.** 1976. The structure of bat communities. *American Naturalist*, 110:129-139.
22. **Fleming T. H., E. T. Hooper y D. E. Wilson.** 1972. Three Central American bat communities: structure, reproductive cycles, and movement patterns. *Ecology*, 53:555-569.
23. **Fleming, T. H.** 1973. Number of Mammals species in North and Central American forest communities. *Ecology*, 54: 555-563.
24. **Fleming, T. H.** 1988. The short-tailed fruit bat. *University of Chicago Press*, Chicago, III, 365 pp.



25. **Galindo-Galindo, C.** 1995. Algunos aspectos biológicos del murciélago *Anoura geoffroyi* (Chiroptera:Phyllostomidae), en el Estado de México. Tesis de Licenciatura. Univ. Nal. Autón. México. 58 pp.
26. **García, E.** 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. *Instituto de Geografía*. UNAM, México.
27. **Graham, G. L.** 1983. Changes in Bat species Diversity along an Elevational gradient up the Peruvian Andes. *J. Mamm.*, 64: 559-571.
28. ----- . 1990. Bats vs. bird: comparisoss among Peruvian vertebrate faunas along an elevational gradient. *Journal of Biogeography*, 17: 657-668.
29. **Hall, E. R.** 1981. The Mammals of North America. Second ed. John Wiley & Sons, New York, 1:1-600+90.
30. **Handley, C. O.** 1976. Mammals of the Smithsonian Venezuelan Project. Brigham Young University Science Bulletin, *Biological Series*, Vol. 20, 5:1-89.
31. **Heaney, L., P. Heideman, E. Rickart, R. Utzurrum y J. Klompen.** 1989. Elevational Zonation of Mammals in the Central Philippines. *J. Of Trop. Ecology*, 51: 259-280.
32. **Heaney, L. R. y E. R. Rickart.** 1990. Correlation of clades and clines: geographic, elevational and phylogenetic distribution patters among *Phillipine mammals*. Pp. 321-332.
33. **Heideman, P. y L. Heaney.** 1989. Population Biology and estimates of Abundance of fruit Bat (Pterodidae) in Philippine Submontane Rainforest. *J. Zool Lond.*, 218: 565-586.
34. **Hernández, H. C.** 2002. Mamíferos medianos del Parque Nacional Huatulco, Oaxaca. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores-Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 101 pp.
35. **Hill, J. E. y J.D. Smith.** 1984. Bats a Natural History. *British Museum* (Natural History), London, 243 pp.
36. **Humphrey, S. R. y F. J. Bonnacorso.** 1979. Population and community ecology pp. 409-441 in *Biology of bats of The New World family Phyllostomatidae*, part III (R.J. Baker, J.K. Jones y D. C. Carter, Eds.) *Spec. Pbl. Mus. Texas*. Tech Univ. 1-441.



37. **Humphrey, S.R., F. J. Bonaccorso y T. L. Zinn.** 1983. Guid structure of surface-gleaning bats in Panamá. *Ecology*, 64:284-294.
38. **Hutchison, G. E.** 1959. Homage to Santa Rosalía, or why are there so many kinds of animals? *The American Naturalist*. 93:145-159.
39. **Íñiguez, I.** 1993. Patrones Ecológicos en la Comunidad de Murciélagos de la Sierra de Manantlán. *En: Avances en el estudio de los mamíferos de México* (R. Medellín y G. Ceballos eds.). *Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicaciones Especiales*. 1: 355-370.
40. **Íñiguez-Dávalos L. I. y E. Santana C.** 1993. Patrones de distribución de los mamíferos en el occidente de México. Pp 65-86, *in Avances en el estudio de los mamíferos de México* (R. Medellín y G. Ceballos, eds.). *Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicaciones Especiales*. 1: 464 pp.
41. **Jardel, E. (coordinador).** 1990. Estrategia para la conservación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Laboratorio Natural Las Joyas, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.
42. **Koopman, K. F.** 1978. Zoogeography of peruvian bats with special emphasis on the role of the Andes. *American Museum Novitates*, 2651:1-33.
43. **Krebs, C. J.** 1978. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Second Ed. Harper & Row, New York, 678 pp.
44. ----- . 1986. *Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row, Publishers, Inc. New York, USA. 753 pp.
45. **Kunz, T. H. (ed.).** 1982. *Ecology of bats*. Plenum Press, New Cork, New Cork, 425 pp.
46. ----- . 1988. *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats*. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C., 533 pp.
47. **La Val, R. K. y H. S. Fitch.** 1977. Structure, movement, and reproduction in three Costa Rica bat communities. *Occasional Papers, Museum of Natural History, University of Kansas*, 69:1-28.
48. **Lewin, R.** 1983. Predators and hurricanes change ecology. *Science*, 221:737-740.



49. **López, T. M. C.** 1998. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos de la Selva Lacandona, Chiapas. Tesis de *Licenciatura*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 89 pp.
50. **López-Wilchis, R.** 1989. Biología de *Plecotus mexicanus* (Chiroptera:Vespertilionidae) en el estado de Tlaxcala, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. 227 pp.
51. **Ludwing, J. A. y J. F. Reynolds.** 1988. *Statistical Ecology. A primer on methods and computing.* John Wiley & Sons, Inc. New York, U.S.A. 337 pp.
52. **Magurran, A.** 1988. *Ecological Diversity and its measurement.* Princenton University Press. Princenton, New Jersey, 179 pp.
53. **McCoy, E. D. y E. F. Connor.** 1980. Latitudinal gradients in the species diversity of North American mammals. *Evolution*, 34:193-203.
54. **McNab, B.** 1971. The structure of tropical bat faunas. *Ecology*. 52(2):352-358.
55. **Medellín, R. A.** 1986. La comunidad de murciélagos de Chapul, Chiapas, México. Tesis de Licenciatura no publicada. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 153 pp.
56. **Medellín, R. A., G. Urbano V., O. Sánchez-H., G. Téllez-Girón y H. Arita.** 1986. Notas sobre murciélagos del este de Chiapas. *Southwestern Naturalist*, 31:532-535.
57. **Medellín, R.** 1993. Estructura y diversidad de una comunidad de murciélagos en trópico mexicano. Pp. 333-354, *En: Avances en el estudio de los mamíferos de México* (Medellín R. y G. Ceballos, eds.). *Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicaciones Especiales*. 1:1-464.
58. **Medellín, R. A., H. T. Arita y O. Sánchez H.** 1997. Identificación de los murciélagos de México, *Clave de Campo*. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicaciones Esp. Núm. 2. Pp 83.
59. **Mittermeier, R. A. y C. Goettsch de Mittermeier.** 1992. La importancia de la biodiversidad biológica de México, *in: México ante los retos de la biodiversidad.* (J. Sarukhán y R. Dirzo comp.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. pp. 63-73.



60. **Moreno, E. C. y G. Halffter.** 2001. Spatial and temporal analysis of α , β and γ diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*. 10 (3): 367-382.
61. **Navarro, L. D.** 1982. Mamíferos de la Estación “Los Tuxtla”, Veracruz. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 128 pp.
62. **Navarro, D. y León-Paniagua.** 1995. Community structure of bats along an altitudinal gradient in tropical eastern México. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 1:9-21.
63. **Nowak, R. M.** 1994. Bats of the World. The Johns Hopkins University Press. Baltimore and London. 255 pp.
64. **Ornelas R. M. C.** 2002. Diversidad Mastofaunística del Parque Nacional Izta-Popo-Zoquiapan. *Informe de Servicio Social*. FES Zaragoza, UNAM.
65. **Pagel, M. D., R. May and A. R. Collie.** 1991. Ecological aspect of the geographical distribution and diversity of mammalian species. *The American Naturalist* 137: 791-815.
66. **Patterson, B. D., P. L. Merserve y B. K. Lang.** 1989. Distribution and abundance of small mammals along an elevational transect in temperate rainforest of Chile. *J. Mamma.* 70(1): 67-78.
67. **Pielou, E. R.** 1975. Ecological diversity. John Wiley and Sons. 165 pp.
68. **Racey, P. A.** 1988. Reproductive assessment in bats. Pp. 31-45, in *Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats* (T.H. Kunz, ed.). Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. 533 pp.
69. **Ramírez-Pulido, J. y M. Armella.** 1987. Activity patterns of neotropical bats (Chiroptera: Phyllostomidae) in Guerrero, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 32:363-370.
70. **Ramírez-Pulido, J. y C. Müdspacher.** 1987. Estado actual y perspectivas del conocimiento de los mamíferos de México. *Ciencia*. 38, 49-67.
71. **Ramírez-Pulido, J., A. Castro-Campillo, J. Arroyo-Cabrales y F. A. Cervantes-Reza.** 1996. Lista Taxonómica de los Mamíferos Terrestres de México. *Occas Papers Mus.*, Texas Tech Univ., 158:1-62.



72. **Reis, N. R.** 1984. Estructura de comunidade de morcegos na regioa de Manaus, Amazonas. *Revista Brasileira de Biología*, 44:247-254.
73. **Rojas-Martínez, A. & Valiente-Banuet, A.** 1996. Análisis comparativo de la quiropterofauna del valle de Tehuacan-Cuicatlán, Puebla-Oaxaca. *Acta Zool. Méx.* (N.S.). 67, 1-22.
74. **Rzendowski, J.** 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. Pp. 223-224.
75. **Sánchez-Quiroz, A.** 2000. Características del ambiente y patrón reproductivo de una colonia de *Leptonycteris curasoae* (Chiroptera:Phyllostomidae) en el estado de Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Univ. Nac. Autón. México. 56 pp.
76. **Santillán, A. S.** 1978. Distribución altitudinal de roedores en el campo experimental forestal "San Juan Tetla" Estado de Puebla, México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Biológicas. Univ. Antón. Est. Morelos 178 pp.
77. **Schoener, T. W.** 1982. The controversy over interspecific competition. *American Scientist*, 70:586-595.
78. -----, 1984. Size differences among sympatric, bird-eating hawks: a worldwide survey. Pp. 254-281 in *Ecological communities, Conceptual Issues and the Evidence* (R. J. Baker, J. K. Jones y D. C. Carter, eds.). Special Publications, *The Museum, Texas Tech University*, 16:409-441.
79. **Simberloff, D.** 1983. Competition theory, hypothesis testing, and other community-ecological buzzwords. *American Naturalist*, 122:626-635.
80. **Smith, R. L.** 1980. Ecology and field biology. Thirded. Harper and Row, New Cork, 835 pp.
81. **Sosa, E. J.** 1997. Ecología de la Comunidad de Mamíferos Terrestres del Noreste de la Península de Yucatán: Distribución y Estructura. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 155 pp.
82. **Tellez-Giron, S. G.** 2003. Murciélagos de la Costa Chica de Guerrero. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 80 pp
83. **Tuttle, M. D.** 1970. Distribution and zoogeography of Peruvian bats, with comments on natural history. *University of Kansas Sciences Bulletin*, 49:45-86.



84. **Vargas, M. F.** 1984. Parques Nacionales de México y Reservas Equivalentes, Pasado, Presente y Futuro. *Grandes Problemas Nacionales*. Serie Los Bosques de México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM. México. D.F. 266 pp.
85. **Vargas-Contreras J. A. y A. Hernández-Huerta.** 2001. Distribución altitudinal de la mastofauna en la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *Acta. Zool. Mex.* (n.s.) 82: 83-109.
86. **Villa, R. B.** 1967. Los Murciélagos de México. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. xvi + 4491 pp.
87. **Whittaker, R. H.** 1970. *Communities and Ecosystems*. MacMillan, London, 162 pp.
88. **Willig, M. R.** 1983. Composition, microgeographic variation, and sexual dimorphism in Caatingas and Cerrado biomes of Northeastern Brazil. *Bulletin of the Carnegie Museum of Natural History*, 23:1-131.
89. ----- . 1985. Reproductive patters of bats from Caatingas and Cerrado biomes in Northeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 66:668-681.
90. ----- . 1986. Bat community in South America: a tenacious chimera. *Revista Chilena de Historia Natural*, 59:151-168.
91. **Willig, M. R. y M. A. Mares.** 1989. A comparison of bat assemblages from phytogeographic zones of Venezuela. Pp. 59-67, in *Patterns in the Structure of Mammalian Communities* (D. W. Morris, Z. Abramsky, B.J. Fox, y M. R. Willig, eds). Special Publications, The Museum, Texas Tech University Press, Lubbock, 266 pp.
92. **Willig, M. R. y M. P. Moulton.** 1989. The role of stochastic and deterministic processes in structuring Neotropical bat communities. *Journal of Mammalogy*, 70:323-329.
93. **Wilson, D. E.** 1971. Ecology of *Myotis nigricans* (Mammalia: Chiroptera) on Barro Colorado Island, Panamá, Canal Zone. *Journal of Zoology*, 163:1-13.
94. ----- . 1973. Bat faunas: a trophic comparison. *Systematic Zoology*, 22: 14-29.
95. ----- . 1979. Reproductive patterns. Pp 317-378, in *Biology of bats of the New World family Phyllostomidae*. Part. III (R.J. Baker,



- J. K. Jones, Jr., and D. C. Carter, eds.) Spec. Publ., Mus. Texas Tech. Univ., 16:1-441.
96. **Wilson, D. E. y D. A. M. Reeder (eds.)**. 1993. *Mammal Species of the World. A taxonomic and geographic reference*. Second ed. Smithsonian Institution Press, Washington and London in assoc. American Soc. Mammalogists, XVIII + 1-30.
97. **Wilson, J. W.** 1974. Analytical zoogeography of North American mammals. *Evolution*, 28:124-140.
98. **Wimsatt, W. A. (ed.)**. 1970a. *Biology of Bats*, Vol. 1. Academic Press, New York, 406 pp.
99. ----- . 1970b. *Biology of Bats*, Vol. 2. Academic Press, New York, 477 pp.
100. ----- . 1977. *Biology of Bats*, Vol.3. Academic Press, New York.
101. **White, S. E.** 1962. El Iztaccihuatl. Acontecimientos volcánicos y geomorfológicos en el lado oeste durante el Pleistoceno Superior. INAH, México, Serie Investigaciones núm. 6; 74 pp.



APÉNDICE

Bosque de Pino.

Se distribuyen en la cota del Parque así como en sus áreas de influencia (2,500 a 4,000 m.). Crecen varias especies de pinos, se presentan básicamente dos estratos; uno superior, arbóreo y otro inferior con pastos amacollados, escasos arbustos y hierbas. En general, de los 2,500 m a los 4,000 m se encuentran bosques perennifolios del género *Pinus*, en la franja más alta predominan el *Pinus hartwegii*, seguido de *Pinus montezumae*, *Pinus pseudostrobus* y *Pinus rudis*; acompañados en ocasiones por *Pinus leiophylla* y *Pinus teocote*. A veces se presentan conviviendo con *Quercus*, *Juniperus* o *Agnus*, en suelos Andosol o Litosol.

Bosque de Oyamel.

Por la altitud en la que se distribuyen estos bosques (2500 a 3500 m.), es fácil reconocer que también se encuentran fuera de lo que son los límites altitudinales del Parque. Es por esto que se consideran ubicados en lo que se reconoce como las áreas de influencia. Los suelos en donde se establecen son del tipo andosol ricos en materia orgánica, profundos, bien drenados y húmedos durante todo el año. Las comunidades ecológicas corresponden a un Bosque de *Abies religiosa* (Oyamel); asociado en ocasiones por *Pinus ayacahuite*, *Agnus jorullensis*, *Quercus laurina*, *Salix oxylepis*, *Prunus serotina*, *P. capuli* y *Cupressus lindleyi*.

Bosques mixtos.

Al igual que en caso anterior los límites altitudinales de estos bosques (2,500 a 3,500 m.) se encuentran en las zonas consideradas como de influencia. En estos sitios se pueden dar combinaciones de Bosques Mixtos como los de pino-aile y aile-pino o bien el de pino-encino; donde las combinaciones pueden ser de varias especies de pinos y *Agnus jorullensis*, o bien asociaciones de *Pinus* mezclados con diversas especies del género *Quercus*.

Páramo de altura.

Representa el estrato vegetal inferior, el cual se ubica por arriba de la cota de los 4,000 m. La vegetación está representada por pastizal alpino de gramíneas amacolladas tales como *Muhlenbergia macroura*, *M. quadridentata*, *Festuca toluecensis*, *F. amplissima* y *Calamagrostis toluensis*. En el nivel rasante algunas especies de musgos representan los grupos dominantes.

Bosque Mesófilo de Montaña.

Ubicado en las áreas de influencia, progresa en las innumerables cañadas que aparecen entre las cotas de los 2,500 a los 2,800 m, se presenta en manchones discontinuos protegido de la fuerte insolación y vientos y en suelos profundos, ricos y húmedos durante todo el año son perennifolios aunque con algunos elementos caducifolios.



Pastizales subalpinos o zacatonales.

Estos pastizales se entremezclan entre las áreas de influencia y el área real del Parque (2700 a 4300 m.). Se caracterizan por la presencia de gramíneas amacolladas que oscilan entre 60 y 120 cm. de altura. Frecuentemente se trata de comunidades secundarias inducidas llamadas también pastizal inducido (Rzendowski, 1978).

Geología y geomorfología.

Los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl son los principales elementos que constituyen un alineamiento continuo con una orientación norte-sur al occidente del valle de México. Pertenecen a la Sierra Nevada y ésta, a su vez, al Sistema Volcánico Transversal. El Popocatepetl se sitúa a casi 45° sureste de la ciudad de México. Su cima limita a los estados de México, Morelos y Puebla y se localiza a 19°01'17" de latitud norte y a 98° 37'30" de longitud oeste (Aceves, 1967).

El Popocatepetl es un cono formado por la sobreposición de una gran serie de corrientes de lavas coronadas por materiales dendríticos, brechas, arenas, cenizas, etc., lo cual corresponde al tipo de volcanes denominados "volcanes estratificados" (Aceves, 1967).

El volcán Iztaccíhuatl está situado a 64 km al sureste de la ciudad de México, cerca del extremo sur de la Sierra Nevada, es la tercera montaña de México por su altitud pero de morfología diferente. Es un volcán originado por varias etapas de erupción, alargado de norte a sur, presenta tres cimas principales: Cabeza (5,140 m.), Pecho (5,280 m.) y Rodillas (5,000 m.). en sus laderas escarpadas se llevan a cabo intensos procesos de erosión, probablemente estuvo activo sólo hasta el Preistoceno Superior y se le atribuye una edad Cuartenaria (White, 1962).

Suelos.

En la región ocupada por los cuatro volcanes altos (Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Telapón y Tlalóc), el material parental de los suelos está formado por cenizas volcánicas y pómez (tefras) de diferentes edades, lo que ejerce un efecto sobre el desarrollo de los andosoles que ocupan grandes superficies. Las tefras en la Sierra Nevada tienen una edad entre 400 y 25,000 años y se componen de una capa de cenizas y una de pómez respectivamente; la formación de los suelos depende de la edad y de las propiedades de las tefras como también del clima, mientras que la presencia de los andosoles se divide en vítricos, húminicos, mólicos y ócricos.

Fauna.

En la Sierra Nevada existe un 100% de las familias de mamíferos no voladores y el 89.5% del total de familias registradas para todo el Valle de México. El orden de los roedores es el mejor representado con cinco familias y 21 especies, constituyendo el 40.4% de los mamíferos de la Sierra Nevada. Le siguen en orden decreciente los carnívoros con cuatro familias y 11 especies (21.2%), los quirópteros con dos familias y 10 especies (19.2%), los insectívoros con una familia y 4 especies (7.7%), los lagomorfos con una familia y 3 especies (5.8%), y los órdenes Marsupialia, Xenarthra y Artiodactyla con una familia y una especie



(1.52%). Existen 10 especies endémicas que representan una quinta parte (19.2%) de las registradas para la Sierra Nevada. Estos altos endemismos en la región han sido atribuidos a su origen geológico y sus características fisiográficas.