



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE BIOLOGÍA**

**DIVERSIDAD DE MURCIÉLAGOS EN SELVA
MEDIANA SUBPERENNIFOLIA Y BOSQUE DE
ENCINO-PINO EN LA HUASTECA POTOSINA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

B I Ó L O G O

PRESENTA

MIRZA FUENTES GARCÍA

DIRECTOR

DR. FERNANDO ALFREDO CERVANTES REZA

ASESOR

BIOL. CRISTÓBAL GALINDO GALINDO



CIUDAD DE MÉXICO

20 DE ABRIL 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicado a:

Mis padres y mi hermana, que me han
brindado todo a su alcance.

Al equipo Zotz, que sin su colaboración este
trabajo no se hubiera logrado.

Y para la conservación de los murciélagos,
que son animales increíbles.

Tal vez la felicidad es esta: no sentir que deberías
estar en otro lado, hacer otra cosa o ser alguien más.

Isaac Asimov (1920-1992), escritor y bioquímico estadounidense de origen ruso.

Agradecimientos

Durante el desarrollo de este trabajo, conocí y aprendí de muchas personas, desde la planeación y ejecución hasta los resultados finales. Para iniciar quiero agradecer al Dr. Fernando Cervantes, por darme la oportunidad de colaborar en la Colección Nacional de Mamíferos en el Instituto de Biología, donde aprendí y crecí, tanto en lo académico, como persona, gracias infinitas. Y a todos los compañeros y profesores, en particular a la maestra Julieta Vargas, que me compartió tanto conocimiento.

A mi querido maestro y amigo, Biol. Cristóbal Galindo G. Por todas las prácticas de campo, en las que termine de confirmar mis aptitudes, gusto e interés en la Mastozoología, especialmente, para estudiar a los murciélagos, sin olvidar, todos los consejos y enseñanzas. Pero, además, los cursos y viajes que fueron cruciales en mi formación. A usted le debo el nacimiento del equipo Zotz. La confianza que me dio y la oportunidad de trabajar al lado de un excelente biólogo y persona como usted, no tiene precio, ¡gracias totales!

Gracias a mis sinodales: M. en C. Genaro Montaña Arias, M. en C. Guadalupe Bribiesca Escutia y Dr. Uri Omar García Vázquez, por todos sus comentarios que ayudaron a mejorar este trabajo.

A toda mi familia que siempre ha estado conmigo, gracias a su apoyo incondicional, además de soportarme con mis murciélagos.

Sin olvidar a mis amigos, el resto de los integrantes del equipo Zotz: Julio Cesar Moncayo, Joshua Miranda, Jazmín Trejo, Ramon Humberto, Javier Alvarado y Alexis; gracias por todas las risas y las noches de trabajo, por todas las aventuras juntos y las que faltan.

Para finalizar, le doy las gracias a todos los mexicanos que, por conducto de la UNAM, el CCH Oriente y la FES Zaragoza, tuve la oportunidad de aspirar, ingresar, desarrollar y concluir mi formación profesional.

ÍNDICE

Lista de Cuadros y Figuras	i
Cuadros	i
Figuras	ii
1. Resumen	1
2. Introducción	3
3. Marco Teórico	6
3.1 Índices de diversidad	6
3.2 Cambios de la diversidad	8
3.3 Gremios tróficos	9
3.4 Nicho ecológico y su análisis	10
3.5 Estudios previos para San Luis Potosí	11
4. Planteamiento del Problema	12
5. Hipótesis	14
6. Objetivos	15
6.1 Objetivo general	15
6.2 Objetivos particulares	15
7. Material y Método	16
7.1 Zona de estudio	16
7.2 Orografía	17
7.3 Geología	18
7.4 Hidrografía	18
7.5 Vegetación	19
7.6 Clima	20
7.7 Trabajo en Campo	20
7.8 Recopilación de Datos	22
7.9 Análisis de Datos	23
7.9.1 Esfuerzo de Captura	23
7.9.2 Descriptores Ecológicos para Medir la Diversidad	24
7.9.2.1 Especies acumuladas/tiempo	24
7.9.2.2 Diversidad α	24
7.9.3 Estructura Trófica	26
7.9.4 Matriz de nicho	26

7.9.5 Importancia de las vegetaciones estudiadas	27
8. Resultados	28
8.1 Esfuerzo de Muestreo	28
8.2 Riqueza de familias y géneros en cada ecosistema	28
8.3 Abundancias de especies por tipo de vegetación	29
8.4 Diversidad de murciélagos por tipo de vegetación	31
8.4.1 Diversidad de Selva Mediana Subperennifolia	31
8.4.2 Diversidad en Bosque Encino Pino	31
8.4.3 Riqueza de especies en Selva Mediana Subperennifolia	33
8.4.4 Riqueza de especies en Bosque Encino Pino	33
8.4.5 Abundancia de murciélagos en Selva Mediana Subperennifolia	33
8.4.6 Abundancia de murciélagos en Bosque Encino Pino	34
8.5 Especies acumuladas/tiempo	37
8.6 Densidad relativa	39
8.7 Estructura Trófica	41
8.8 Matriz de nicho	44
8.9 Tasa de recambio de especies (Diversidad β)	46
9. Discusión	47
9.1 Riqueza y abundancia	47
9.2 Indicadores de Diversidad	57
9.3 Especies acumuladas/tiempo	60
9.4 Estructura trófica	60
9.5 Matriz de nicho	62
9.6 Tasa de recambio de especies (Diversidad β)	65
10. Conclusiones	66
11. Referencias	69

Lista de Cuadros y Figuras

Cuadros

1. Riqueza y abundancia de murciélagos por periodo de captura en Selva Mediana Subperennifolia, Xilitla y Tanlajás y Bosque Encino Pino, Xilitla, San Luis Potosí.
2. Índices de diversidad calculados para las especies de murciélagos en Selva Mediana Perennifolia y Bosque Encino Pino en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
3. Riqueza y abundancia de murciélagos por estación en Selva Mediana Subperennifolia y Bosque Encino Pino en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
4. Número de especies de murciélagos estimadas con dos modelos para Selva Mediana Perennifolia y Bosque Encino Pino en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
5. Densidad relativa de las especies de murciélagos en Selva Mediana Perennifolia y Bosque Encino Pino en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
6. Gremios tróficos mayores registrados para las especies de murciélagos en Selva Mediana Perennifolia y Bosque Encino Pino en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
7. Matriz de nicho que relaciona el gremio trófico y longitud del antebrazo de acuerdo con Fleming *et al.* (1972) y Medellín *et al.* (1993), para los murciélagos de la Selva Mediana Subperennifolia en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
8. Matriz de nicho que relaciona el gremio trófico y longitud del antebrazo de acuerdo con Fleming *et al.* (1972) y Medellín *et al.* (1993), para los murciélagos del Bosque Encino Pino en Xilitla, San Luis Potosí.
9. Literatura consultada sobre el estudio en ambientes tropicales.
10. Literatura consultada sobre el estudio en ambientes templados.

Figuras

1. Estado de San Luis Potosí dividido en regiones biogeográficas.
2. Ubicación de los puntos de muestreo en los tipos de vegetación estudiados y extensión territorial de los municipios de Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
3. Comparación del Índice de Shannon-Weiner de murciélagos; comparación de diversidad verdadera cuando $q=0$; comparación de diversidad verdadera cuando $q=1$; y comparación de diversidad verdadera cuando $q=2$ para Selva Mediana Subperennifolia y Bosque Encino Pino de Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
4. (A) Riqueza de especies de murciélagos total y por temporada Húmeda y Seca para Selva Mediana Subperennifolia y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
(B) Abundancia de organismos total y por temporada Húmeda y Seca para Selva Mediana Subperennifolia y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
5. (A) Riqueza de especies. (B) Comparación de Abundancia de murciélagos en la Selva Mediana Subperennifolia (SMS) y Bosque de Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
6. Curva de acumulación de especies de murciélagos según los estimadores Jackknife 2 (A) y Bootstrap (B) en las comunidades de Selva Mediana Subperennifolia (SMS) y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
7. Abundancia relativa multiplicada por la constante 100 de murciélagos en Selva Mediana Subperennifolia por temporalidad (lluvias y seca) y total; en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
8. Abundancia relativa multiplicada por la constante 100 de murciélagos en Bosque Encino Pino por temporalidad (lluvias y seca) y total en Xilitla, San Luis Potosí.

9. Número de especies de murciélagos registrado para cada gremio trófico mayor en los muestreos dentro de la Selva Mediana Subperennifolia; Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.
10. Número de especies de murciélagos registrado para el gremio trófico mayor en los muestreos dentro del Bosque Encino Pino; Xilitla, San Luis Potosí.
11. (A) Dendrograma de similitud y (B) Gráfica de tendencias, en base a valores de índices de Shannon-Weiner y número de especies de murciélagos en ambientes tropicales mexicanos
12. (A) Dendrograma de similitud y (B) gráfica de tendencias, en base a valores de índices de Shannon-Weiner y número de especies de murciélagos en ambientes templados mexicanos.

1. Resumen

La riqueza de taxones de murciélagos para San Luis Potosí, ha sido descrita a partir de revisiones bibliográficas de datos de ejemplares depositados en colecciones norteamericanas. La información de la diversidad de murciélagos para dos comunidades vegetales de la Región Huasteca, Selva Mediana Subperennifolia (municipios de Xilitla y Tanlajás) y Bosque de Encino Pino (Xilitla), que se presenta, es resultado del trabajo de campo realizado en dos años, agosto 2016 a mayo 2018. La captura de murciélagos en cada comunidad vegetal se realizó con tres redes de neblina (12x3 metros) que estuvieron activas un promedio de 7 horas (1800 a 0100 horas). Los murciélagos se contaron e identificaron hasta especie y bibliográficamente se determinó su alimentación. Con la información generada se obtuvieron los datos de los siguientes parámetros: el esfuerzo del muestreo por comunidad ecológica fue de 24,192 m^2 red/h, en 32 noches. En este tiempo se capturaron a 1,076 murciélagos, de los cuales 1,012 presentes en selva incluidos en 17 especies, 13 géneros y cinco familias. En el bosque se capturaron a 64 organismos de 5 especies, 2 géneros y una familia. La diversidad de acuerdo al indicador de Shannon-Weiner fue de 2.63 y 1.51 para la selva y el bosque, respectivamente, una modificación del estadístico t-student, mostró diferencias significativas entre estos valores ($t= 22.14$). El índice de diversidad verdadera que muestra el número de especies efectivas presentes en cada comunidad, indicó que la selva contiene 14.5 especies, y el bosque 4.5, estos valores indican que este último contiene el 31% de la diversidad en la selva. El número de especies teóricas obtenidas con el índice de Jackknife 2, es idéntico al número de especies que registramos en cada comunidad vegetal, lo que indica que el inventario está completo para ambos tipos de vegetación. Sin embargo, el indicador Bootstrap reveló que falta una especie por capturar en cada ecosistema. Al comparar la riqueza de especies entre la temporada seca y

húmeda en ambas comunidades encontramos que no hay diferencias ($P=0.096$ selva; $P=0.8567$ bosque). En cuanto a la abundancia calculada y comparada entre lluvia y seca en ambas comunidades favoreció a la época húmeda con un 50% más que los animales contados en secas ($P=0.0024$ selva; $P=0.042$ bosque). La efectividad del esfuerzo de captura fue evaluada en una curva de especies acumuladas contra el tiempo, la cual mostró que durante las primeras 12 noches de trabajo, se registró al 93 y 80% de las especies en selva y bosque, respectivamente. Los gremios tróficos reconocidos en los murciélagos de la selva fueron: insectívoro con 41% de la muestra, frugívoro 35%, polinectarívoro 18% y hemátofago 6%, mientras que en el bosque solo registramos especies insectívoras. En San Luis Potosí, se registran 14 tipos de vegetación (INEGI 2002), 71% de estas comunidades se reconocen en la Huasteca. Este dato nos permite suponer, que cuando se realice el trabajo de campo en los 8 ecosistemas restantes de esta región, los taxones de murciélagos se incrementarán notablemente. Además, son necesarios trabajos sobre aspectos ecológicos particulares de cada especie.

2. Introducción

Por su diversidad los mamíferos constituyen uno de los grupos más diversos e influyentes en los procesos ecológicos, con 6,399 especies agrupadas en 27 órdenes en el mundo (Burgin *et al.* 2018). Entre los cuales, el segundo orden más diverso es el de los murciélagos con 1,386 especies, que representan la quinta parte de todos los mamíferos descritos (Burgin *et al.* 2018). Su distribución incluye todo el planeta con excepción de los casquetes polares y algunas islas oceánicas remotas (Mancina 2011). Sin embargo, en las comunidades tropicales es donde los quirópteros alcanzan los valores más altos en especies de mamíferos, llegan a representar entre el 40 y el 60 % de la riqueza total de la mastofauna que habita en estas latitudes (Wilson y Reeder 2005). Es importante señalar que esta riqueza y diversidad se refleja también en otros aspectos como su biología, morfología, alimentación y comportamiento (Altringham 2001). Gran parte del éxito de estos animales se explica en el vuelo verdadero que realizan, sus hábitos nocturnos y por su habilidad de orientación al buscar alimento (Kunz y Fenton 2003).

De esta diversidad, México cuenta con 138 especies descritas, que lo ubica en el quinto lugar a nivel mundial en lo que a quiróptero-fauna se refiere, superado solamente por países como Indonesia (209 especies), Venezuela (154), Perú (152) y Brasil (146; Aguilar-Setién y Aréchiga-Ceballos 2011). En la escala mundial, los murciélagos son uno de los grupos de mamíferos más amenazados, las causas que ponen en riesgo su permanencia en el planeta son múltiples y propios de cada país (Mickleburgh *et al.* 2002). En México, se ha documentado que los factores que más influyen son el crecimiento de la frontera agrícola-ganadera, la actividad forestal, minería, narcotráfico, urbanización, megaproyectos industriales entre otros (Briones-Salas *et al.* 2016). A consecuencia de estos factores, la pérdida de áreas naturales altera los elementos claves del paisaje que permiten a los murciélagos orientarse en total oscuridad, seguir líneas de árboles, canales,

hábitats, para identificar sus sitios de forrajeo y de percha, el resultado es que algunas poblaciones no se adaptan y migren a otro lugar o perezcan, lo que provoca extinciones locales (Benítez 2010). Por lo tanto, los cambios de uso de suelo se deben monitorear, ya que significan información fundamental para estudios ecológicos o el diseño de estrategias para su manejo y conservación adecuadas, así como su seguimiento y evaluación (Coates *et al.* 2017).

Por otra parte, se ha identificado que la estructura de las comunidades biológicas está determinada por la riqueza, abundancia relativa, diversidad de especies y todas las interacciones que ocurren entre estas (Ricklefs 1996), así como el aprovechamiento y distribución de los recursos (Ricklefs y Schluter 1993). Con esta perspectiva, las comunidades silvestres se pueden analizar utilizando sus atributos como abundancia relativa y diversidad de especies, redes alimentarias y flujo de energía, pero también puede concentrarse en los efectos de una especie sobre otra, además de los factores que influyen en la presencia o ausencia de especies particulares (Molles 1999), así como las actividades de los individuos de cada especie: donde viven y de que se alimentan (Ricklefs y Miller 2000). Con estos atributos, desde el enfoque ecológico se han estudiado comunidades de murciélagos, donde se registra la abundancia relativa de especies y las relaciones de nicho alimentario (Fleming 1986). La falta de información básica de estos atributos para diseñar y ejecutar los estudios referentes a la pérdida de diversidad quirópterofaunística y su preservación, ha provocado un aumento en el interés de analizar las comunidades y sus interacciones desde el punto de vista ecológico, las investigaciones se han concentrado en incrementar el entendimiento de las variables que afectan la diversidad, organización y dinámica de las especies a corto (ecológico) y largo plazo (evolutivo; Kalko 1998; Simberloff 2004).

Los murciélagos tienen gran importancia en los ecosistemas, por su elevada diversificación trófica y su papel fundamental como controladores de plagas, dispersores de semillas y polinizadores de un gran número de especies vegetales (Meyer y Kalko, 2008). En este sentido, los inventarios biológicos cobran relevancia para el establecimiento de áreas prioritarias para la conservación de las especies biológicas, y son el punto de partida para el desarrollo de proyectos tendientes al manejo, aprovechamiento y protección de la flora y fauna de nuestro país. En México, en particular para los murciélagos, este hecho resulta relevante si consideramos que más de la cuarta parte de las especies están catalogadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la norma oficial mexicana de protección de especies nativas del país NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2019; Gómez-Ruiz *et al.* 2014). Es por esto, que resulta prioritario conocer la diversidad de murciélagos en cada estado, municipio y tipo de vegetación del país para identificar áreas de conservación y de esta manera contribuir a la protección de especies en riesgo o amenazadas por la actividad humana.

En este trabajo se busca contribuir con la información en cuanto a diversidad de especies y gremios tróficos de los murciélagos que habitan en los municipios de Xilitla y Tanlajás, específicamente en vegetaciones de Selva Media Subperennifolia y Bosque de Encino-Pino en el estado de San Luis Potosí, para que en un futuro se pueda considerar la aplicación de estrategias apropiadas encaminadas a la conservación y aprovechamiento adecuado de la quiróptero fauna de estos sitios.

3. Marco Teórico

El estudio de los murciélagos ha sido foco de varias investigaciones en las últimas décadas (Rex *et al.* 2008; Briones-Salas *et al.* 2016), las cuales se han concentrado principalmente en las selvas lluviosas y abordan diferentes aspectos de su estructura tales como diversidad, repartición de recursos, la forma en que se integran sus comunidades y los mecanismos que regulan su estructura (Meyer y Kalko 2008; Rex *et al.* 2008), y responden a cambios antrópicos en los ecosistemas (Fenton *et al.* 1992; Medellín *et al.* 2000), son considerados indicadores ecológicos referentes a calidad de hábitat, ya que muchas especies son sensibles a la pérdida o fragmentación de sus entornos (Estrella *et al.* 2014).

Destacan los listados de murciélagos en algunas regiones de nuestro país, donde brindan detalles ecológicos relevantes e incluyen la descripción en cuanto a diversidad de especies ubicadas en vegetaciones específicas, a lo largo de gradientes altitudinales con el fin de enriquecer la información y conservación del orden Chiroptera en México. Estudios recientes muestran que existen diferencias marcadas en la diversidad y composición de especies en diferentes ambientes (Chávez y Ceballos 2001), los investigadores emplean mecanismos convencionales para evaluar y explicar la diversidad.

3.1 Índices de diversidad

Existe una serie amplia de herramientas conocidas como índices, que son utilizados para medir diversos atributos concernientes a la riqueza y abundancia de las especies biológicas, algunos estudios como las aportaciones de Magurran (1988), Colwell y Coddington (1991) o Legendre y Legendre (1998), examinan su fiabilidad y cómo elegir entre estas herramientas la que resulte óptima para los intereses de cada investigación (Moreno 2001).

Los índices son instrumentos metodológicos utilizados para analizar y contrastar conjuntos de organismos homólogos colectados en localidades y/o temporalidad que difieren en condiciones ambientales (Moreno 2001). En estudios sobre poblaciones de murciélagos se emplean distintas herramientas para evaluar su diversidad, entre los que está incluido el Índice de Shannon-Weiner (H'). Como en estudios realizados dentro de Bosque Mesófilo de Montaña, Pino-Encino, de Galera, Bosque Tropical Caducifolio y Subcaducifolio, así como Matorral Espinoso, en Jalisco, Colima y Oaxaca (Iñiguez-Davalos 1993; Briones-Salas *et al.* 2005), que exponen valores de H' debajo de dos, que indica baja diversidad y es resultado de la escasa disponibilidad de refugios y alimento. En contraste, vegetaciones de Selva Tropical Perennifolia y Subperennifolia considerados como los hábitats con mayor variedad biológica, H' tiene valores mayores que dos (Iñiguez-Davalos 1993; Chávez y Ceballos 2001; Briones-Salas *et al.* 2005).

Por otra parte, existen autores que en los últimos años han empleado técnicas novedosas para el análisis e interpretación de poblaciones silvestres de murciélagos diferentes a las más populares, como las antes mencionadas (Calderón-Patrón *et al.* 2013), y expresan sus resultados en términos de diversidad verdadera (*true diversity*), que se mide como el número efectivo de especies que hay en determinado sitio o tipo de vegetación. Este concepto se entiende como la cifra de especies en una comunidad virtual, idealmente balanceada, en la que todas las especies son igualmente comunes, y se conserva la abundancia relativa promedio de las especies de la comunidad real (Jost 2006). Consecuentemente, los números efectivos de especies ayudan a describir la diversidad de una comunidad ecológica específica, además de compararla clara y directamente en cuanto a la magnitud de la diferenciación en la diversidad de dos o más comunidades y/o épocas (Jost 2006, Moreno *et al.* 2011).

3.2 Cambios de la diversidad

La distribución y abundancia de las especies dentro de sus entornos naturales responde a la dinámica entre distintos elementos, eventos y circunstancias biogeográficas (Coates *et al.* 2017). Los factores medioambientales y las transformaciones a nivel local y regional son determinantes en patrones variables de diversidad alfa, beta y gamma, que resultan en que algunas especies son favorecidas y extienden su distribución, pero otras se ven afectadas por lo que reducen su territorio (Coates *et al.* 2017).

Las fluctuaciones en la composición de poblaciones animales mantienen ciclos anuales sincronizados con eventos climáticos y disponibilidad de recursos que detonan respuestas fisiológicas en los individuos (Mello *et al.* 2004; Durant *et al.* 2013). Los factores que influyen en los eventos de reproducción son bióticos y abióticos. Específicamente para los murciélagos, la disponibilidad de alimento y la selección de parejas reproductivas son los factores bióticos más importantes (Mello *et al.* 2004; Muñoz-Romo *et al.* 2012). Entre los abióticos, la disponibilidad de refugio, la temperatura ambiental y la precipitación pluvial son los más relevantes (Mello *et al.* 2004; Durant *et al.* 2013). En zonas tropicales la mayor abundancia de murciélagos se ha reportado durante la temporada de mayor precipitación pluvial, debido al aumento en la disponibilidad de alimento y coincide con el reclutamiento de nuevos individuos a la población (Aguirre 2002). Por otra parte, en los bosques templados la disponibilidad de alimento y el incremento de la temperatura, afectan directamente la actividad reproductiva de los murciélagos (Burles *et al.* 2009).

3.3 Gremios tróficos

Los quirópteros son un orden de mamíferos con formas de alimentarse muy diversas, de manera general los recursos alimentarios que explotan son insectos, polen y néctar de numerosas especies vegetales, así como frutos y/o semillas, algunas especies se alimentan de otros vertebrados e incluso existen tres especies que se alimentan de sangre que extraen de aves y otros mamíferos (Rodríguez-San Pedro *et al.* 2014). La clasificación de murciélagos en gremios tróficos ha sido el motivo de investigaciones centradas en evaluar los aspectos que regulan la coexistencia de las especies dentro de una comunidad (Sampaio, *et al.*, 2003). Dicha categorización es considerada la manera más adecuada para estudiar cómo las especies con preferencias similares coexisten en una comunidad al establecer gremios tróficos, en donde se agrupan a las especies que explotan el mismo recurso y no tienen restricciones taxonómicas (Kalko 1997). Los miembros de cada grupo se identifican por aprovechar el mismo hábitat, así como forma y tipo de alimento; mientras que los miembros de distintos gremios presentan poco o ningún solapamiento ecológico (Kalko 1997). En comunidades de clima y vegetación tropical se ha encontrado que los murciélagos de la familia Phyllostomidae registran el mayor número de especies y los recursos que explotan son frutos y/o sus semillas, sangre, pequeños vertebrados, néctar y polen, debido a que estas características se encuentran disponibles en cantidad y distribución adecuadas (Iñiguez-Davalos 1993; Briones-Salas *et al.* 2005; Calderón-Patrón *et al.* 2013; Buenrostro-Silva *et al.* 2013). En cambio, en ecosistemas templados las especies más comunes se alimentan de insectos (Iñiguez-Davalos 1993; Briones-Salas *et al.* 2005). Sin embargo, la manera en cómo los diferentes factores influyen en las relaciones interespecíficas aún no se encuentra totalmente descrita (Trujillo y López 2014).

3.4 Nicho ecológico y su análisis

Cada una de las especies de un ecosistema interaccionan directa o indirectamente entre sí y con las características del ambiente, como temperatura, humedad, presión atmosférica y demás variables (López-García 2007). El concepto de nicho ecológico más usado actualmente surge de la definición propuesta por G. E. Hutchinson en 1957, en el cual indica que el nicho es un área sobre un espacio multidimensional y está determinado por el conjunto de factores ambientales cambiantes que operan sobre los individuos de una especie pero que también les son indispensables para sobrevivir (López-García 2007; Trujillo y López 2014). De este modo, no es posible que dos especies ocupen el mismo nicho, debido a que sus requerimientos ambientales y exigencias fisiológicas no son exactamente iguales (Trujillo y López 2014). Los distintos bosques proveen de ecosistemas diversos y a su vez las comunidades que los habitan son diferentes (López-García 2007). Sin embargo, distintas especies pueden compartir el mismo hábitat, donde la competencia les afecta ligeramente o simplemente no existe entre la mayoría de las poblaciones que residen en el ecosistema (López-García 2007). En este sentido, es importante señalar que el nicho ecológico no solo considera las características determinantes para un hábitat, sino que incluye los factores propios de cada especie como su alimentación y refugios (López-García 2007).

Algunos autores para analizar la posibilidad de solapamiento de nicho alimenticio en especies de murciélagos similares o estrechamente emparentadas que explotan posiblemente el mismo recurso (Fleming *et al.* 1972; LaVal y Fitch 1977; Medellín 1993; Lim y Engstrom 2005), han empleado como originalmente propuso McNab (1971), una matriz de dos dimensiones cuyas variables son el promedio de longitud del antebrazo y gremio trófico, quien indica que los nichos de los murciélagos se diferencian por estas dos dimensiones, además menciona que una sola especie debe ocurrir en cada celda de la matriz.

3.5 Estudios previos para San Luis Potosí

Particularmente los murciélagos del estado de San Luis Potosí han sido escasamente estudiados, los trabajos se han limitado a listas para ciertas áreas, sin especificar los tipos de vegetación donde se encuentra cada especie. Dentro de estos trabajos destacan los realizados por Dalquest (1953); Ramírez-Pulido *et al.* (1986); Martínez de la Vega (1999), donde dan a conocer algunas de las especies. Más reciente, la información sobre la quiróptero fauna del estado fue reportada por García-Morales y Gordillo-Chávez (2011), como en otros trabajos, hacen una recopilación de información procedente de murciélagos depositados en colecciones, principalmente en Estados Unidos (López-Wilchis y López-Jardines 1999). García-Morales y Gordillo-Chávez (2011) reportan 52 especies de 30 géneros en 6 familias, destacando sólo el número de especies presentes en cada región, sin especificar cuáles coinciden o son exclusivas en las regiones en que se divide el estado, e. g. la región del Altiplano (12 especies), Centro (8), Media (11) y destaca la región Huasteca con 34 especies. Posteriormente, Briones-Salas *et al.* (2016) documenta la presencia de 61 especies en general para todo el estado. Es importante señalar que este último trabajo adolece de registros de las especies por tipo de vegetación y al igual que el anterior es producto de una síntesis de recuperación de diferentes fuentes museográficas y bibliográficas.

4. Planteamiento del Problema

En las últimas décadas la fragmentación antropogénica de los hábitats representa la mayor amenaza a la diversidad biológica (Fahrig 2003). Los efectos de la fragmentación del paisaje sobre la diversidad y abundancia de las especies pueden ser evaluados mediante el estudio de la diversidad alfa, beta y gamma (Halffter 1998). Estas mediciones tienen importantes implicaciones para la biología de la conservación, en la identificación, manejo y planteamiento estratégico de territorios prioritarios, puesto que permite observar aquellos sitios en los que difieren en constitución de especies y así elegir aquellas zonas que en conjunto incluyan el mayor número de especies posibles (Koleff 2002). En este sentido es importante contar con los listados faunísticos actualizados y particulares por tipo de vegetación para diseñar planes ecológicos de conservación adecuados para la zona donde se distribuyen especies de gran importancia ecológica, como lo son los murciélagos, que han sido catalogados como excelentes indicadores del estado de conservación de los ecosistemas por su sensibilidad a las alteraciones antrópicas y los servicios ecosistémicos que brindan (control de poblaciones, polinizadores, dispersores de semillas, reforestación, entre otros; Meyer y Kalko 2008; Estrella *et al.* 2014).

Por su extensión territorial San Luis Potosí ocupa el 15° lugar con 61,137 Km² y representa el 3% del territorio mexicano (INEGI 2014), además está considerado en el quinto lugar a nivel nacional en cuanto a diversidad de mamíferos con 162 especies (Briones-Salas *et al.* 2016), donde los murciélagos representan el 38% de la mastofauna estatal (Briones-Salas *et al.* 2016). La tasa de deforestación para el estado de San Luis Potosí es alarmante, se calcula que de 1993 a 2007 la pérdida de 84,740 hectáreas (1.4%) implica todos los tipos de vegetación en el estado, durante este mismo periodo en la Región Huasteca se reportó la tasa más alta de deforestación (0.51%) entre las cuatro regiones del estado, donde la selva fue la vegetación más afectada (Miranda-Aragón *et*

al. 2013). De acuerdo con Briones-Salas *et al.* (2016), los principales factores que amenazan las poblaciones de mamíferos, en particular a las poblaciones de murciélagos en la Huasteca Potosina tienen su origen en las actividades humanas como la tala inmoderada, ganadería extensiva y el avance de la urbanización. Lo que resulta en la afectación de ecosistemas y especies, modificación y/o pérdida de hábitats, fragmentación de paisajes e inducir el decrecimiento y/o aislamiento de poblaciones silvestres.

En San Luis Potosí los murciélagos han sido poco estudiados (Martínez de la Vega 1999), de manera general varios autores han contribuido a su conocimiento (Fenton *et al.* 1992; Medellín *et al.* 2000; Meyer y Kalko 2008; Rex *et al.* 2008; Estrella *et al.* 2014; García-Morales y Gordillo-Chávez 2011; Briones-Salas *et al.* 2016). A la fecha se reportan 61 especies en 33 géneros y 6 familias (García-Morales y Gordillo-Chávez 2011; Briones-Salas *et al.* 2016). Las familias mejor representadas son Vespertilionidae y Phyllostomidae con 24 y 17 especies respectivamente, en tanto que Emballonuridae y Natalidae están representadas con una sola especie (Briones-Salas *et al.* 2016). En particular para la Región Huasteca García-Morales y Gordillo-Chávez (2011), reportan un total de 34 especies sin dar a conocer los tipos de vegetación y localidades de los registros. Específicamente para los municipios de Xilitla (área templada y tropical) y Tanlajás (área tropical), no existe información de las poblaciones de quirópteros, que podrían servir como indicadores de la importancia que tienen estos municipios en la conservación de especies.

5. Hipótesis

- La abundancia de murciélagos en ambos tipos de vegetación será más alta en época húmeda, debido a la mayor disponibilidad alimentaria.
- En Selva Mediana Subperennifolia por ser un ecosistema tropical la familia con mayor número de especies será Phyllostomidae y serán murciélagos frugívoros principalmente, mientras que para Bosque Encino-Pino la mayoría de las especies serán insectívoras.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Describir y comparar las comunidades de murciélagos que habitan en dos vegetaciones contrastantes, Selva Mediana Subperennifolia (SMS; Xilitla y Tanlajás) y Bosque de Encino-Pino (BEP; Xilitla) en la Huasteca Potosina.

6.2 Objetivos particulares

1. Aportar una lista de especies de murciélagos para la SMS y el BEP a lo largo de dos ciclos anuales.
2. Estimar y analizar los cambios en la riqueza y diversidad de murciélagos durante los períodos de seca y lluvia, para cada tipo de comunidad vegetal.
3. Comparar la riqueza y diversidad de murciélagos entre los tipos de vegetación SMS y BEP.
4. Identificar la repartición de recursos alimentarios entre las especies de murciélagos, con base al establecimiento de gremios tróficos mayores.
5. Reconocer la importancia de la riqueza de especies registrada en SMS y BEP al compararla con la documentada para el estado y Región Huasteca.

7. Material y Método

7.1 Zona de estudio

El trabajo de campo se ejecutó en dos municipios, Xilitla y Tanlajás en San Luis Potosí ($21^{\circ} 31'$ y $21^{\circ} 16'$ N, $98^{\circ} 51'$ y $99^{\circ} 09'$ W; 60 a 2 600 metros sobre el nivel del mar, msnm; y $21^{\circ} 51'$ y $21^{\circ} 38'$ N, $98^{\circ} 39'$ y $98^{\circ} 59'$ W; 30 a 400 msnm, respectivamente; Fig. 1). Xilitla colinda al norte con los municipios de Aquismón y Huehuetlán; al este Axtla de Terrazas, Matlapa y Tamazunchale; al sur el estado de Hidalgo y al oeste con Querétaro. La extensión territorial del municipio es de 414.9 Km^2 que corresponden al 0.67% del estado (INEGI 2009a; Fig. 1). Tanlajás colinda al norte con Ciudad Valles y Tamuín; al este Tamuín, San Vicente Tancuayalab y Tanquián de Escobedo; al sur Tanquián de Escobedo, San Antonio y Tancanhuitz; y al oeste con los municipios de Tancanhuitz, Aquismón y Ciudad Valles. La extensión territorial de este municipio es de 366.8 Km^2 y representa el 0.59% de la superficie del estado (INEGI 2009b; Figura 1).

Ambos municipios forman parte de la provincia Sierra Madre Oriental, en la subprovincia del Carso Huasteco (INEGI 2014).

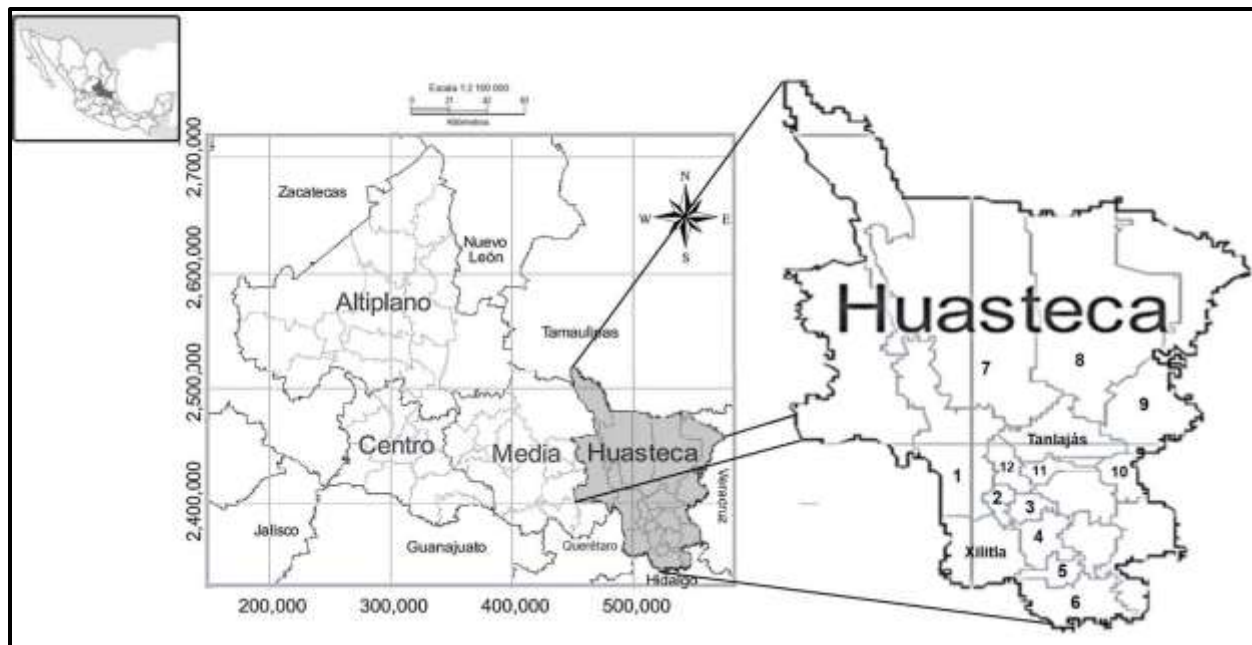


Figura 1. Estado de San Luis Potosí dividido en regiones biogeográficas (Coordenadas UTM, zona 14, datum ITRF92). Colindancias de los municipios Tanlajás (512070 2395937) y Xilitla (501008 2364819). 1.-Aquismón; 2.-Huehuetlán; 3.- Coxcatlán; 4.-Axtla de Terrazas; 5.-Matlapa; 6.-Tamazunchale; 7.-Ciudad Valles; 8.-Tamuín; 9.-San Vicente Tancuayalab; 10.-Tanquián de Escobedo; 11.-San Antonio; 12.-Tanchahuitz de Santos. (Modificado de Miranda-Aragón *et al.* 2013).

7.2 Orografía

Xilitla cuenta con elevaciones de 60 hasta 2,800 msnm, los plegamientos orográficos van reduciendo en altura paulatinamente conforme se deslizan al oeste. En este municipio no existen zonas extensas de planicie (INEGI 2009a).

El municipio de Tanlajás comprende montañas, estribaciones de la Sierra Madre Oriental y una planicie costera. Sus diversas sierras alcanzan aproximadamente los 260 msnm y se localizan adyacentes a la población principal y al noreste (INEGI 2009b).

7.3 Geología

En Xilitla se encuentran zonas montañosas o cerros con altitudes entre 60 y 2800 m, en donde predominan las rocas calizas del período cretácico inferior y cretácico superior, las calizas con intercalaciones de lutitas. En el noreste existen rocas pigmentales de tipo lutitas con intercalaciones de arenisca del período eoceno del terciario inferior. En la parte central el suelo es de tipo rendzina y en otra de tipo litosol; al norte y oeste los suelos formados son de tipo luvisol y litosol (INEGI 2009a).

La geología en el área municipal de Tanlajás no presenta relieves extensos y variados como Xilitla, su altitud se encuentra entre los 30 y 400 m, en su mayoría rocas sedimentarias como lutita-arenisca, lutita y caliza del Periodo Cretácico. En la zona sur predomina el suelo de tipo phaeozem, mientras que en el norte dominan suelos vertisol; en el este se localizan áreas intercaladas del tipo leptosol (INEGI 2009b).

7.4 Hidrografía

Las corrientes superficiales en Xilitla más importantes son el río Tancuilín, que se localiza al sureste y delimita la colindancia con el municipio de Matlapa y Tamazunchale; este río procede del estado de Hidalgo y se interna al municipio de Axtla de Terrazas. Al noreste del municipio destaca una pequeña porción del río Huichihuayán en su trayectoria de Huehuetlán a Axtla de Terrazas. Además, se encuentran arroyos intermitentes que fluyen de las sierras en la época de lluvias (INEGI 2009a).

En Tanlajás la corriente fluvial más importante es el río Coy que le sirve de límite con el municipio de Ciudad Valles. Al norte del municipio en la sierra, nace el arroyo Tanlajás que pasa a un costado de la cabecera municipal, en su recorrido hacia el territorio se le unen dos corrientes: el arroyo Quelabidad y arroyo Grande (INEGI 2009b).

7.5 Vegetación

Actualmente la SMS en ambos municipios (Xilitla y Tanlajás) se encuentra en fragmentos dominados por árboles, palmas y arbustos de una gran variedad de especies que crecen a diferentes alturas. En los sitios donde aún se aprecian machones de esta vegetación se observa que está conformada por tres estratos verticales; el primero se caracteriza por la presencia de árboles de entre 25 y 30 m de altura donde las especies más representativas son: ramón (*Brosimum alicastrum*), escobillo (*Mirandaceltis monoica*), palo mulato (*Bursera simaruba*) y jolote (*Pithecolobium arboreum*). El siguiente estrato lo integran especies arbóreas que van de los 8 a 15 m de altura, como cola de caballo (*Alchornea dioica*), hoja blanca (*Guarea glabra*), pimienta gorda (*Pimienta doica*), y cascalhuite (*Cupania* spp). El estrato arbustivo está dominado por especies pertenecientes a la familia Rubiaceae. Sobre estos estratos se desarrollan numerosas orquídeas, helechos, bromelias, musgos y líquenes (Puig 1991).

El BEP, solo se localiza en el municipio de Xilitla, se distribuye al norte de la cabecera municipal, aproximadamente a 15 kilómetros y es la parte con mayor altitud. En esta vegetación predomina la presencia de especies del género *Quercus* donde destacan las especies como *Quercus candicans*, *Q. durifolia*, *Q. obtusata*, *Q. castanea*, *Q. mexicana*, *Q. eduardii*, *Q. potosina*, *Q. coccolobifolia*, *Q. polymorpha* y *Q. affinis*. Del género *Pinus* con especies dominantes como *Pinus cembroides*, *P. teocote*, *P. montezumae*, *P. arizonica*, *P. michoacana*, *P. greggii* y *P. pseudostrobus* (INEGI 2011).

7.6 Clima

El clima predominante que se aprecia en SMS (Xilitla y Tanlajás) corresponde a los semicálidos húmedos con abundantes lluvias en verano (Aw), con una precipitación promedio anual de 2,075.3 mm y la temperatura media anual de 22°C. La temperatura máxima absoluta es de 39°C y la mínima de 3°C (INEGI 2014). En ambos municipios se presentan dos estaciones climáticas claramente marcadas: la época de lluvia, que va de junio a noviembre, y la temporada de secas que comprende de diciembre a mayo (Medina-García *et al.* 2005).

En La Trinidad está ubicado el BEP que analizamos, a 15 kilómetros en línea recta al Noroeste de la cabecera del municipio de Xilitla, el clima es templado subhúmedo (Cwb), con una media de lluvia de 700 mm al año y temperatura promedio de 14°C (INEGI 2014).

7.7 Trabajo en Campo

La captura de murciélagos se realizó de agosto 2016 a mayo 2018 hasta cubrir un total de 64 noches de captura, (32 noches en temporada lluviosa: agosto a noviembre; 32 noches en época seca: febrero a mayo), cada muestreo se llevó a cabo en dos noches consecutivas para cada una de las dos comunidades vegetales. Todos los sitios de muestreo se ubicaron en los municipios de Xilitla y Tanlajás. En Xilitla, las dos comunidades vegetales fueron, SMS y BEP, en la selva los murciélagos se capturaron en la Hacienda Santa Mónica, en los alrededores del Jardín Escultórico Edwar James y la localidad identificada como La Herradura (21°23'34" a 21°26'08" N y 98°56'36" a 98°59'48" W, 92 a 611 msnm; INEGI 2014; Fig. 2, puntos verdes 1, 2 y 3). En el poblado de La Trinidad y sitios perimetrales la vegetación corresponde a BEP (21°23'35" a 21°26'08" N y 99°03'44" a 99°05'16" W, 1826 a 2021 msnm; INEGI 2014; Fig. 2, puntos azules).

En Tanlajás, los murciélagos se capturaron en el rancho conocido como El Nacimiento en fragmentos de SMS ($21^{\circ}43'33''$ a $21^{\circ}43'56''$ N y $98^{\circ}58'19''$ a $98^{\circ}58'39''$ W, 100 a 155 msnm; INEGI 2014; Fig. 2, puntos verdes 4, 5 y 6). En cada sitio, mensualmente durante dos noches consecutivas, se colocaron tres redes ornitológicas (12x3m) en corredores de vegetación, senderos y espacios circundantes a cuerpos de agua, las redes se rotaron periódicamente y se incrementó el área, lo que favoreció el éxito de captura. El horario de colecta (7 horas), número de redes y altura de los postes para sujetarlas (3m), se estandarizaron para evitar sesgos en los descriptores ecológicos a utilizar. Las redes se extendieron a las 1800 horas y plegándose en el marco de las 0100 horas, permanecieron activas un promedio de siete horas, en periodos de una hora se revisaron, contaron y registraron los ejemplares capturados.

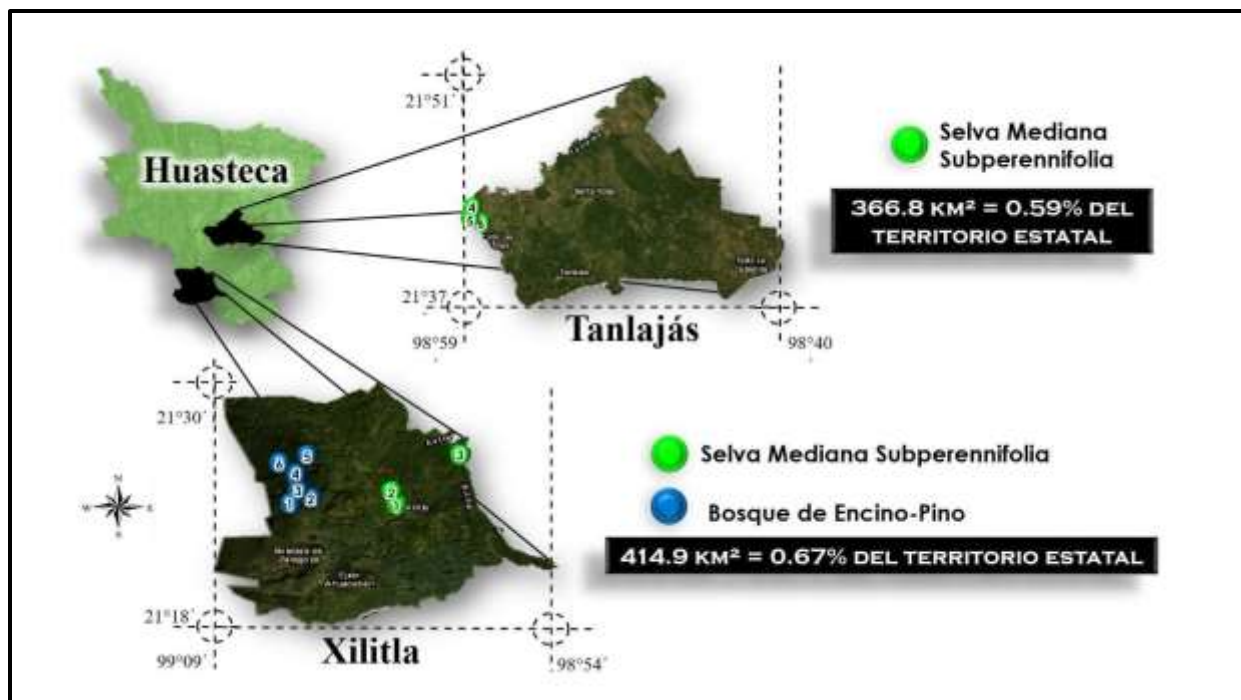


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en los tipos de vegetación estudiados y extensión territorial de los municipios de Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí. Sitios en los alrededores de La Trinidad en Bosque de Encino-Pino (puntos azules) en Xilitla **1:** $21^{\circ}23'35''\text{N } 99^{\circ}04'23''\text{W}$ a 2165msnm; **2:** $21^{\circ}23'50''\text{N } 99^{\circ}03'44''\text{W}$ a 1902msnm; **3:** $21^{\circ}24'18''\text{N } 99^{\circ}04'16''\text{W}$ a 1943msnm; **4:** $21^{\circ}24'50''\text{N } 99^{\circ}04'19''\text{W}$ a 2021msnm; **5:** $21^{\circ}26'08''\text{N } 99^{\circ}03'51''\text{W}$ a 1826msnm; **6:** $21^{\circ}25'04''\text{N } 99^{\circ}05'16''\text{W}$ a 2196msnm. Sitios en Selva Mediana Subperennifolia (puntos verdes) en Xilitla **1:** Finca Santa Mónica $21^{\circ}23'34''\text{N } 98^{\circ}59'47''\text{W}$ a 611msnm; **2:** Jardín Escultórico Edward James $21^{\circ}23'49''\text{N } 98^{\circ}59'48''\text{W}$ a 582msnm; **3:** La Herradura $21^{\circ}26'08''\text{N } 98^{\circ}56'36''\text{W}$ a 92msnm; El Nacimiento, Tanlajás **4:** $21^{\circ}43'56''\text{N } 98^{\circ}58'33''\text{W}$ a 100msnm; **5:** $21^{\circ}43'36''\text{N } 98^{\circ}58'39''\text{W}$ a 120msnm; **6:** $21^{\circ}43'33''\text{N } 98^{\circ}58'19''\text{W}$ a 155msnm.

7.8 Recopilación de Datos

Los murciélagos atrapados se extrajeron de la red y se colocaron en bolsas de manta individuales y para cada uno la información obtenida fue: fecha de captura, medidas somáticas estándar (longitudes en mm: total, cola vertebral, oreja, pata y antebrazo, los últimos tres se refieren a las extremidades izquierdas), especie, sexo, especies asociadas, estado biológico (juvenil o adulto) y exposiciones fotográficas, al concluir la sesión los ejemplares fueron liberados en el sitio de su captura. Cuando existía duda en la taxonomía de las especies se trasladaron al campamento y se identificaron con ayuda de claves de campo (Álvarez *et al.* 1994; Medellín *et al.*

2008). La nomenclatura de especies fue de acuerdo con Ramírez-Pulido *et al.* (2014), Álvarez-Castañeda *et al.* (2015) y Buring *et al.* (2018). En caso de muertes por estrés se fijaron en OH-70% almacenados en frascos de vidrio y quedaron a resguardo en el Laboratorio de Investigación Formativa 304 en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, como material de referencia, además algunos fueron ingresados a la Colección Nacional de Mamíferos en el Instituto de Biología, cuyos números de catálogo se encuentran en proceso. El muestreo de este trabajo está amparado por el permiso de colector FAUT 0002 a nombre del Dr. Fernando A. Cervantes Reza.

El conocimiento de la alimentación para cada una de las especies se reconoció a través de los trabajos de Fleming (1986); Iñiguez-Davalos (1993) y Ceballos y Gisselle (2005), esto nos permitió formar grupos alimentarios o tróficos en categorías mayores.

7.9 Análisis de Datos

7.9.1 Esfuerzo de Captura

Consideramos la longitud de la red (metros red) y el número total de horas en que las redes permanecieron activas, durante cada noche (horas red; Medellín 1993; López *et al.* 2009). En este estudio el esfuerzo de captura se expresó en metros de red por hora ($m^2\text{red/h}$), es decir, la superficie que cubre cada red en metros cuadrados ($36 m^2$) multiplicada por el total de redes (3 redes), las noches de captura (4 noches por salida, 2 en cada tipo de vegetación), el número de horas trabajadas (siete horas) y el total de salidas realizadas (16 salidas). Indispensable para cuantificar las abundancias relativas.

7.9.2 Descriptores Ecológicos para Medir la Diversidad

7.9.2.1 Especies acumuladas/tiempo

Para cada tipo de vegetación se elaboraron curvas de acumulación de especies, se implementó el método de Jacknife de 2° orden (Jack 2) y Bootstrap, ambos indican el número de especies probables en cada comunidad (Moreno *et al.* 2011). En estos estimadores el éxito de captura de especies en el tiempo se observa cuando la curva tiende a la asíntota (Soberón y Llorente 1993; Moreno y Halffter 2000).

7.9.2.2 Diversidad α

En las dos comunidades se determinó la diversidad de murciélagos para la época seca y húmeda, así como total por tipo de vegetación con la aplicación de índices como el de Margalef para la riqueza ($D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$), Simpson para la dominancia ($\lambda = \sum p_i^2$) y el índice de diversidad de Shannon-Wiener ($H' = -\sum p_i \ln p_i$; donde p_i = número de individuos en cada especie entre el total de individuos de la muestra; Wittaker 1972,1977), los valores obtenidos de H' fueron comparados entre vegetaciones y temporadas, con la prueba de t-student, se empleó el método propuesto por Hutchenson en 1970 (Zar 1999). El cálculo de estos indicadores ecológico se realizó con la aplicación del programa de acceso libre PAST 3.0.

En cuanto a la densidad relativa se calculó por temporalidad para cada vegetación y se expresó como el número de organismos de cada especie entre el esfuerzo de captura (Medellín 1993), los valores resultantes se multiplicaron por un factor de corrección (densidad relativa de cada especie por 100).

La comparación entre la abundancia y riqueza total de murciélagos en SMS y BEP, se realizó con la prueba de Mann-Whitney (Zar 1999). Al comparar entre abundancias por temporalidades de la misma vegetación se utilizó el estadístico de Wilcoxon, para contrastar abundancia en la misma temporalidad, pero diferente tipo de vegetación se empleó nuevamente Mann-Whitney (Zar 1999). Por otra parte, en el análisis estadístico entre las riquezas (por época en la misma vegetación; así como la misma temporalidad en diferente vegetación), la prueba aplicada fue t-student.

Para todos los análisis estadísticos ya mencionados se empleó el software STATA Statistics/Data Analysis 11.0.

En este trabajo se implementaron los índices ya mencionados (Shannon, Margalef y Simpson), con fines comparativos, ya que eran los más aplicados y citados en la literatura (Iñiguez-Davalos 1993; Chávez y Ceballos 2001; Briones-Salas *et al.* 2005). Además, para este estudio implementamos una transformación propuesta recientemente por algunos autores, quienes recurren a los números de Hill (1973), o medidas de “diversidad verdadera” (qD ; Jost 2006). En las contribuciones del foro editado por Ellison (2010) y otros trabajos, afirman que es la mejor forma de medir la diversidad de especies (Chao *et al.* 2012; Tuomisto 2010, 2011; Moreno y Rodríguez 2011). Sin embargo, existen pocos trabajos publicados referentes a diversidad verdadera de murciélagos y/o mamíferos en general. En la expresión qD de la diversidad verdadera, el exponente q determina la influencia de las abundancias relativas de las especies en el índice de diversidad; es decir, la influencia que pueden tener las especies comunes o las especies raras en la medida de la diversidad. Para este trabajo, la diversidad se calculó con tres valores de q : 0, 1 y 2 (${}^0D=S$, ${}^1D=e^{H'}$, ${}^2D=1/\lambda$).

Para calcular la tasa de recambio de especies (diversidad β), entre las SMS y BEP, se aplicó el índice de complementariedad, que muestra la diferencia entre la riqueza de especies de cada comunidad. La fórmula que expresa lo anterior es: $C = \frac{a+b-2c}{a+b-c}$; donde a= número de especies de murciélagos en una de las vegetaciones muestreadas, b= número de especies en el otro tipo vegetacional y c= número de especies compartidas en ambas vegetaciones (Colwell y Codington 1994).

7.9.3 Estructura Trófica

Se reconoció como los recursos alimentarios son explotados por las especies que conforman cada una de las comunidades a través del establecimiento de gremios tróficos. Cada especie registrada en el muestreo fue ubicada en alguno de los siguientes gremios tróficos mayores: insectívoros (i), frugívoros (f), polinectarívoros (p) y hematófagos (h; Fleming 1986; Iñiguez-Dávalos 1993; Ceballos y Gisselle 2005).

7.9.4 Matriz de nicho

Para analizar la estructura de la comunidad por gremios tróficos y el posible solapamiento de especies similares o emparentadas que pueden utilizar un mismo recurso, se elaboró una matriz de nicho de dos dimensiones cuyas variables fueron la longitud del antebrazo y el gremio trófico (Fleming *et al.* 1972; LaVal y Fitch 1977; Medellín, 1993; Lim y Engstrom, 2001), como se describió originalmente por McNab (1971), quien indicó que si los nichos de los murciélagos se diferencian por estas dos dimensiones, una sola especie debe ocurrir en cada celda de la matriz.

Las especies de murciélagos de cada gremio trófico fueron subdivididas en intervalos de tamaño, basados en la longitud del antebrazo, y con un factor constante aproximado de 1.28 entre un intervalo y el siguiente superior, de acuerdo con el valor que Hutchinson (1959) encontró para el factor de tamaño promedio para diferenciar varias especies simpátricas de aves y mamíferos. Para asignar a cada especie dentro de su intervalo de tamaño, se utilizó el promedio de la longitud del antebrazo (cuando $n > 1$) o el valor mismo (cuando $n = 1$).

7.9.5 Importancia de las vegetaciones estudiadas

La relevancia de la SMS y el BEP en los municipios de Xilitla y Tanlajás, referente a riqueza y diversidad de especies, se muestra cuando comparamos nuestros resultados con lo registrado para la Región Huasteca y a nivel estatal (García-Morales y Gordillo-Chávez 2011; Ceballos y Arroyo-Cabrales 2012; Briones-Salas *et al.* 2016). También se cotejaron las especies de murciélagos registrados, con la publicada en la norma oficial mexicana de protección de especies nativas, para identificar su estatus en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2019).

8. Resultados

8.1 Esfuerzo de Muestreo

Se realizaron 16 etapas de captura que corresponden a 64 noches de trabajo, 32 por cada tipo de vegetación (SMS y BEP). El esfuerzo de captura total para las dos comunidades ecológicas se cuantificó en 48,384 m^2 red/h, para fines comparativos por cada tipo de vegetación se acumularon 24,192 m^2 red/h. Con este empeño en el muestreo, la selva tropical dio lugar para registrar a 1,012 murciélagos, incluidos en cinco familias, 13 géneros y 17 especies (Cuadro 1). Para el bosque templado se contabilizaron 64 animales que corresponden a 6% de todos los murciélagos capturados y se agruparon en cinco especies de dos géneros y una familia (Cuadro 1).

8.2 Riqueza de familias y géneros en cada ecosistema

El número de familias de quirópteros en SMS durante los dos años de trabajo en campo fue de cinco familias: Phyllostomidae, Mormoopidae, Molossidae, Natalidae y Vespertilionidae. La riqueza de géneros fue 13, entre los cuales destacan *Pteronotus* con 3 especies y *Sturnira* y *Artibeus* con dos cada uno (Cuadro 1).

Para la vegetación de BEP, únicamente se registró a la familia Vespertilionidae, que integró a dos géneros, *Myotis* con 3 especies y dos de *Corynorhinus*, una de ellas endémica para el país (*C. mexicanus*; Cuadro 1).

8.3 Abundancias de especies por tipo de vegetación

Para la SMS, los valores de abundancia de las especies permitieron identificar tres grandes grupos; el primero de ellos conformado por los que superan el centenar de organismos como *Pteronotus davyi* (n=124) y *Mormoops megalophylla* (n=102), que representan el 22%. El segundo grupo lo integraron especies que se encuentran en el intervalo de 70 a 99 animales capturados, tal como *P. parnellii* (n=92), *Artibeus jamaicensis* (n=79), *Carollia sowelli* (n=79), *P. personatus* (n=75), *Natalus stramineus* (n=73) y *Molossus rufus* (n=72) con el 46% de representatividad. Y finalmente el conjunto con más riqueza específica (9) y con abundancias menores a 69 murciélagos (*Sturnira parvidens* n=62, *A. lituratus* n=57 y *Dermanura tolteca* n=57, *S. hondurensis* n=49, *Leptonycteris yerbabuenae* n=24, *Glossophaga soricina* n=22, *Myotis keaysi* n=19, *Desmodus rotundus* n=15 y *Anoura geoffroyi* n=11) y 32% (Cuadro 1).

Los datos encontrados para BEP, indican que de cinco especies *M. keaysi* (n=23) fue la que presentó mayor cantidad de registros que significa el 35% del total de los murciélagos capturados. Se registraron dos especies, *M. velifer* y *Corynorhinus townsendii* con 15 y 11 individuos respectivamente y conforman el 40% de la abundancia. Las especies con menos de nueve murciélagos fueron *C. mexicanus* (n=8) y *M. elegans* (n=7) que en conjunto representa el 25% (Cuadro 1).

8.4 Diversidad de murciélagos por tipo de vegetación

8.4.1 Diversidad de Selva Mediana Subperennifolia

Los resultados obtenidos para SMS utilizando cada uno de estos índices fueron: Margalef (1958) $DMg=2.31$, Shannon-Weiner (1946) $H'=2.67$ y Simpson (1949) $\lambda=0.92$ respectivamente. También se registró el índice de diversidad verdadera Jost (2006), cuyos valores se estimaron en ${}^0D=17$ especies, ${}^1D=14.5$ especies efectivas y ${}^2D=1$ especie rara (Cuadro 2; Fig. 3).

Para la temporada lluviosa el valor de Shannon-Weiner fue de $H'=2.68$, mientras que en época seca el valor fue de 2.63 (Cuadro 2). La prueba t-student, nos indicó que no existe diferencia estadísticamente significativa ($t=0.068$, g. l.= 377) entre las H' de las temporalidades en SMS. La diversidad verdadera en el periodo húmedo mostró valores de ${}^0D=16$ que es igual al número de especies, ${}^1D=14$ especies efectivas en la comunidad y ${}^2D=1$ especie rara, pero en temporada estival los valores fueron ${}^0D=17$, ${}^1D=14.7$ y ${}^2D=1$ (Cuadro 2).

8.4.2 Diversidad en Bosque Encino Pino

Para el bosque los valores obtenidos fueron de $DMg=0.96$, $H'=1.51$, y $\lambda=0.75$. En cuanto a la diversidad verdadera, los resultados fueron de ${}^0D=5$ especies, ${}^1D=4.5$ especies efectivas y ${}^2D=1.3$ especies raras (Cuadro 2; Fig. 3).

Al comparar los valores de diversidad de H' no se encontró diferencia significativa ($t=0.37$, g. l.= 77) entre temporada lluviosa ($H'=1.52$) y seca ($H'=1.43$; Cuadro 2). Para diversidad verdadera los valores obtenidos fueron, ${}^0D=5$ especies, ${}^1D=4.5$ especies específicas y ${}^2D=1.3$ (Cuadro 2).

Además, encontramos diferencia estadísticamente significativa ($t= 22.14$, $g. l.= 74$) entre los valores de diversidad de Shannon-Weiner en general para la selva ($H' = 2.67$) contra el del bosque templado ($H' = 1.51$; Cuadro 2).

Cuadro 2. Índices de diversidad calculados para las especies de murciélagos en Selva Mediana Perennifolia (SMS) y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

	SMS		BEP		SMS total	BEP total
	Húmeda	Se ca	Húmeda	Se ca		
Shannon	2.68	2.63	1.52	1.43	2.67	1.51
Simpson	0.92	0.92	0.76	0.73	0.92	0.75
Margalef	2.47	2.69	1.04	1.38	2.31	0.96
Diversidad verdadera						
q=0	16	17	5	5	17	5
q=1	14	14.7	4.58	4.2	14.5	4.5
q=2	1.08	1.08	1.31	1.36	1.08	1.31

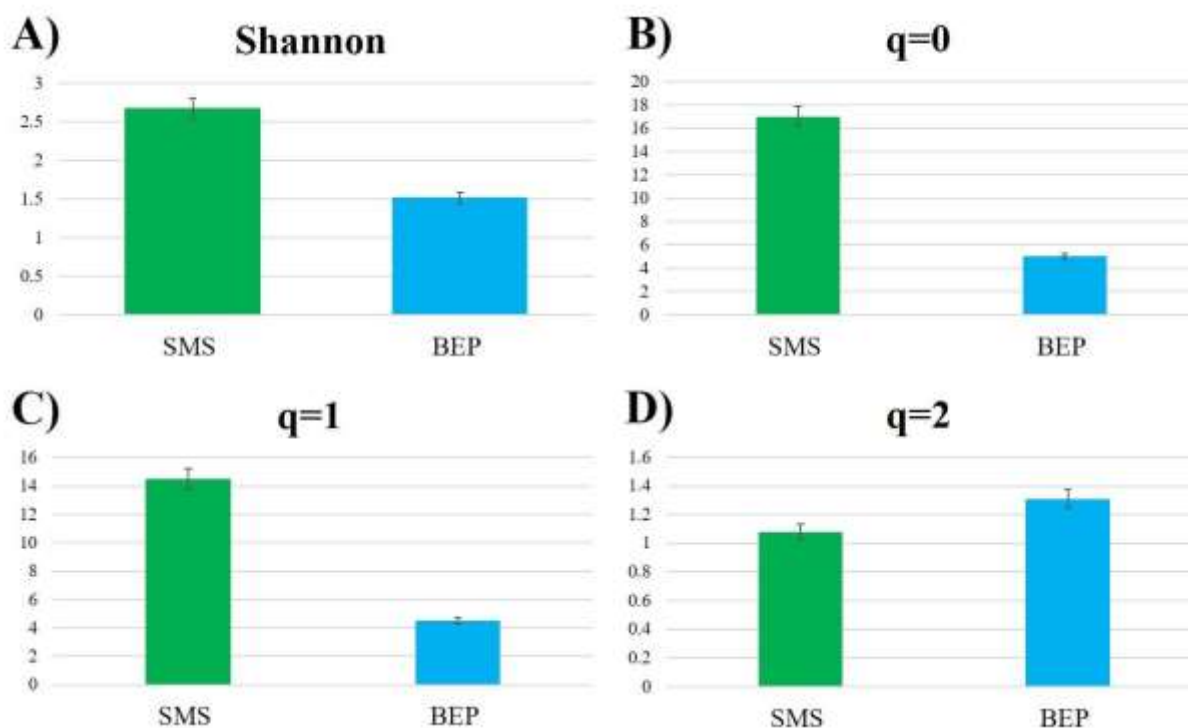


Figura 3. (A) Comparación del Índice de Shannon-Weiner de murciélagos; (B) comparación de diversidad verdadera cuando $q=0$; (C) comparación de diversidad verdadera cuando $q=1$; y (D) comparación de diversidad verdadera cuando $q=2$ para SMS y BEP de Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí. Las líneas verticales en las barras indican la desviación estándar de la diversidad verdadera.

8.4.3 Riqueza de especies en Selva Mediana Subperennifolia

Al concluir los dos años de trabajo en campo, en Selva Mediana Subperennifolia se contabilizaron e identificaron un total de 17 especies de murciélagos que pertenecen a cinco familias.

Al comparar el número de especies entre temporadas, en lluvias reconocimos un total de 16 especies de murciélagos de cinco familias. Para la estación seca, se logró la captura de una especie diferente (17) cuyo número se mantuvo constante hasta el término del trabajo esta especie fue *Leptonycteris yerbabuena* (Cuadro 3; Fig. 4A y 5A). No se encontró diferencia significativa ($t=1.83$, $P=0.096$) entre ambos periodos en cuanto a la riqueza específica.

8.4.4 Riqueza de especies en Bosque Encino Pino

Al comparar la riqueza específica para la temporada húmeda y seca, se encontró que no hubo cambios, con cinco especies en ambas temporadas (Cuadro 3; Fig. 4A y 5A). Finalmente comparamos la riqueza de especies entre SMS (17) y BEP (5), que mostró diferencia ($U=6.918$, $P=0.000$).

8.4.5 Abundancia de murciélagos en Selva Mediana Subperennifolia

En 32 noches de captura en SMS se registraron 1,012 murciélagos (Cuadro 3). Al comparar las abundancias de organismos en las épocas de lluvias y seca, mostraron diferencia ($W=3.032$, $P=0.0024$). Durante la época de lluvias se contabilizaron 634 murciélagos, que representan el 63% del total de los animales capturados en esta vegetación (Cuadro 3; Fig. 4B y 5B). Mientras que en el periodo seco se registraron 378, que conforman apenas el 37% del total de organismos para SMS (Cuadro 3; Fig. 4B y 5B).

8.4.6 Abundancia de murciélagos en Bosque Encino Pino

En la temporada húmeda, registramos a 39 organismos que representaron el 61% del total de la muestra en esta vegetación, en tanto que en la temporada seca solamente se capturaron 25 murciélagos y significan el 39% de la muestra (Cuadro 3; Fig. 4B y 5B). Al analizar estos valores, encontramos diferencia ($W=2.03$, $P=0.042$; Fig. 4B y 5B).

La abundancia de murciélagos por especie durante los dos ciclos anuales analizados en las dos comunidades mostró diferencia ($U=2.809$, $P=0.005$), la semejanza es positiva para la SMS, con más de 900 animales capturados respecto al BEP (Fig. 5B).

Cuadro 3. Riqueza y abundancia de murciélagos por estación en Selva Mediana Subperennifolia (SMS) y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

No.	Especie	Estación lluviosa (ago-sep-oct-nov 2016 y 2017)		Estación seca (feb-mar-abr-may 2017 y 2018)		Total
		SMS	BEP	SMS	BEP	
Familia Molossidae						
1	<i>Molossus rufus</i>	44		28		72
Familia Natalidae						
2	<i>Natalus stramineus</i>	46		27		73
Familia Mormoopidae						
3	<i>Mormoops megalophylla</i>	70		32		102
4	<i>Pteronotus davyi</i>	74		50		124
5	<i>Pteronotus parnellii</i>	59		33		92
6	<i>Pteronotus personatus</i>	49		26		75
Familia Phyllostomidae						
7	<i>Carollia sowelli</i>	52		27		79
8	<i>Desmodus rotundus</i>	10		5		15
9	<i>Anoura geoffroyi</i>	8		3		11
10	<i>Glossophaga soricina</i>	13		9		22
11	<i>Leptonycteris perbubuena</i>			24		24
12	<i>Artibeus jamaicensis</i>	54		25		79
13	<i>Artibeus lituratus</i>	37		20		57
14	<i>Dermanura tolteca</i>	37		20		57
15	<i>Sturria hondurensis</i>	40		22		62
16	<i>Sturria parvidens</i>	29		20		49
Familia Vespertilionidae						
17	<i>Myotis keaysi</i>	12	12	7	11	42
18	<i>Myotis velifer</i>		9		6	15
19	<i>Myotis elegans</i>		6		1	7
20	<i>Corynorhinus mexicanus</i>		6		2	8
21	<i>Corynorhinus townsendii</i>		6		5	11
Abundancia		634	39	378	25	1076
Riqueza		16	5	17	5	

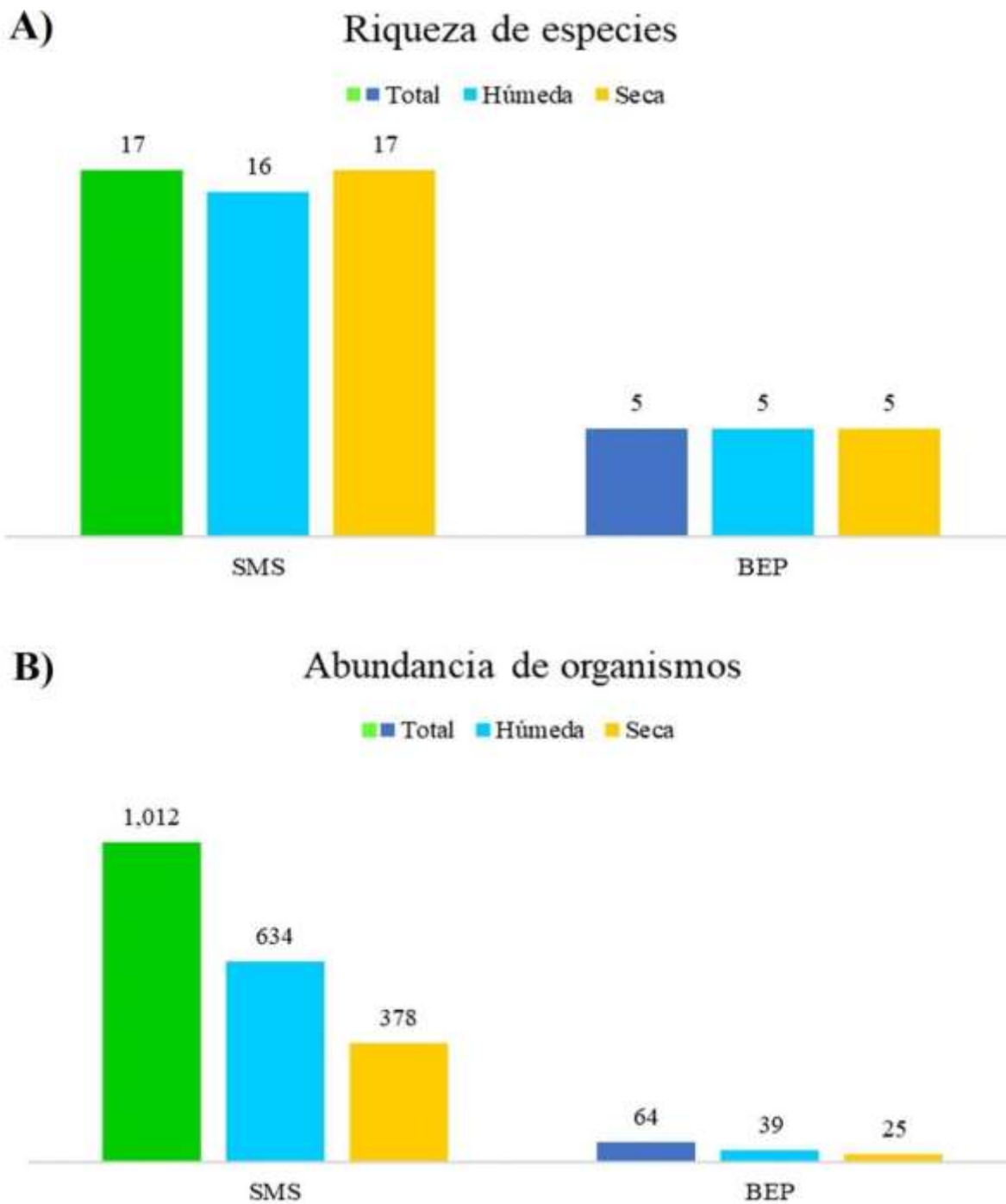


Figura 4. (A) Riqueza de especies de murciélagos total y por temporada Húmeda y Seca para Selva Mediana Subperennifolia y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí. (B) Abundancia de organismos total y por temporada Húmeda y Seca para Selva Mediana Subperennifolia y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

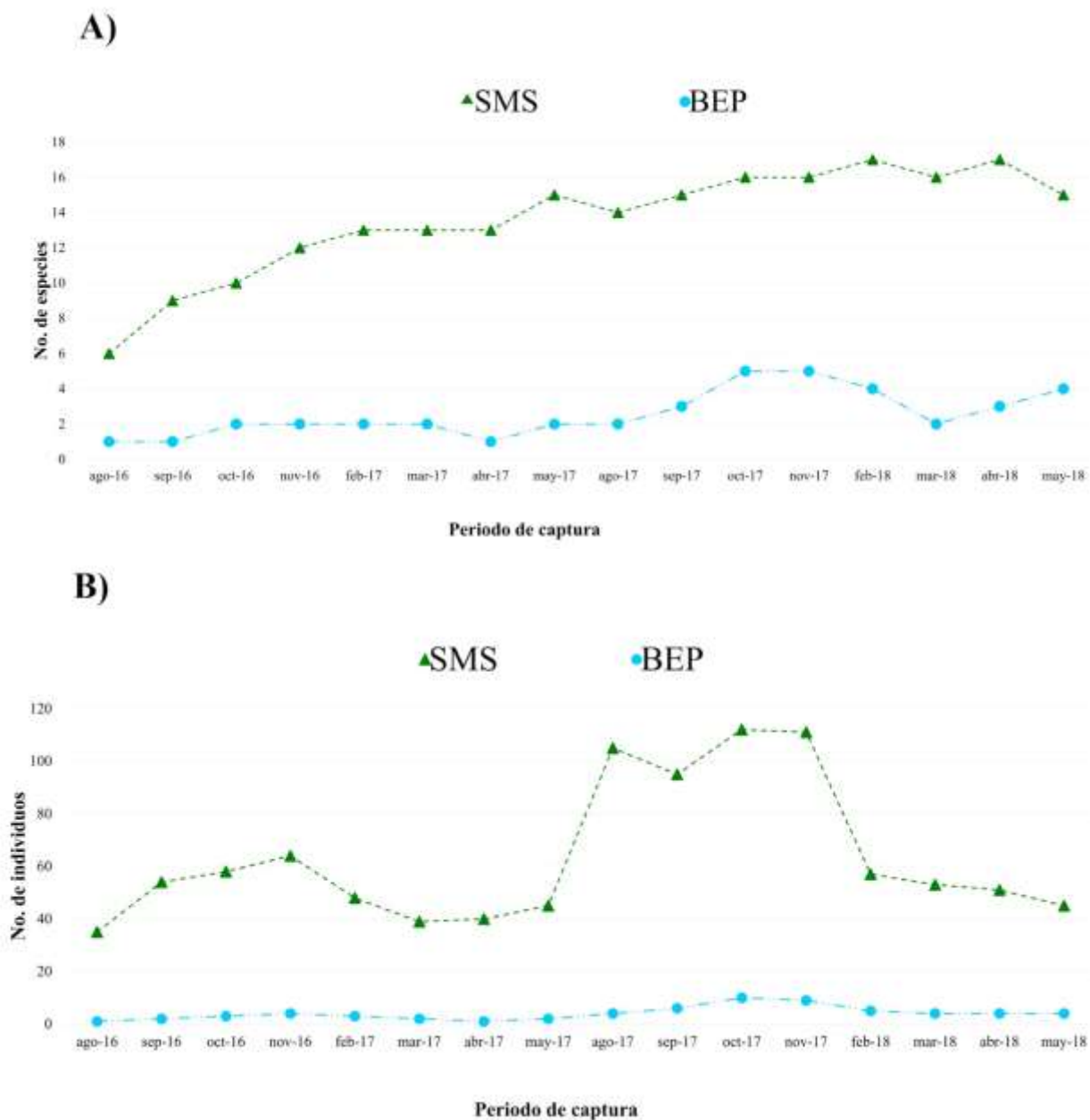


Figura 5. (A) Riqueza de especies. (B) Comparación de Abundancia de murciélagos en la Selva Mediana Subperennifolia (SMS) y Bosque de Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

8.5 Especies acumuladas

El éxito del muestreo para las dos unidades vegetacionales fue analizado a través de la construcción de curvas de acumulación de especies, lo que permitió observar el progreso en el inventario específico de especies por tipo de vegetación. En la Fig. 6 se observa que en SMS ocurrió un crecimiento exponencial en el número de especies acumuladas desde la primera hasta la noche 12, en donde se registraron al 93% de las especies (16). Este número se mantiene constante hasta la noche 16 cuando se logró la captura de una especie diferente (17 en total). A partir de esta noche la curva permaneció asintótica, por lo que es posible afirmar que se tiene representada a la mayoría de las especies de murciélagos en SMS.

Para BEP, ocurrió algo similar, como se muestra en la Fig. 6 durante las primeras 12 noches del estudio las especies acumuladas se comportaron de manera exponencial y contienen el 80% de las especies (4). Posteriormente, en la noche 16 se integró sólo una especie más, con lo que la curva alcanzó la asíntota y 5 especies en total, esto no cambió en las noches posteriores hasta finalizar los dos años del trabajo.

Los índices de Jackknife 2 y Bootstrap utilizados en este trabajo para construir las curvas de acumulación indicaron lo siguiente. Bootstrap en SMS, revela que las 17 especies registradas, representan el total de las especies de murciélagos en esta comunidad vegetal, en tanto que el indicador de Jackknife 2, muestra que aún falta una especie más por capturar para en este ecosistema (Cuadro 4; Fig. 6).

El índice de Bootstrap para las especies de murciélagos en BEP, indica que las 5 especies reportadas son todas las presentes en este ecosistema, mientras que Jackknife 2 mostró que reste una especie por registrar en esta vegetación.

Cuadro 4. Número de especies de murciélagos estimadas con dos modelos para Selva Mediana Perennifolia (SMS) y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

	SMS	BEP	Total
Especies capturadas (S)	17	5	21
Jack 2	18	6	22
Bootstrap	17	5	21

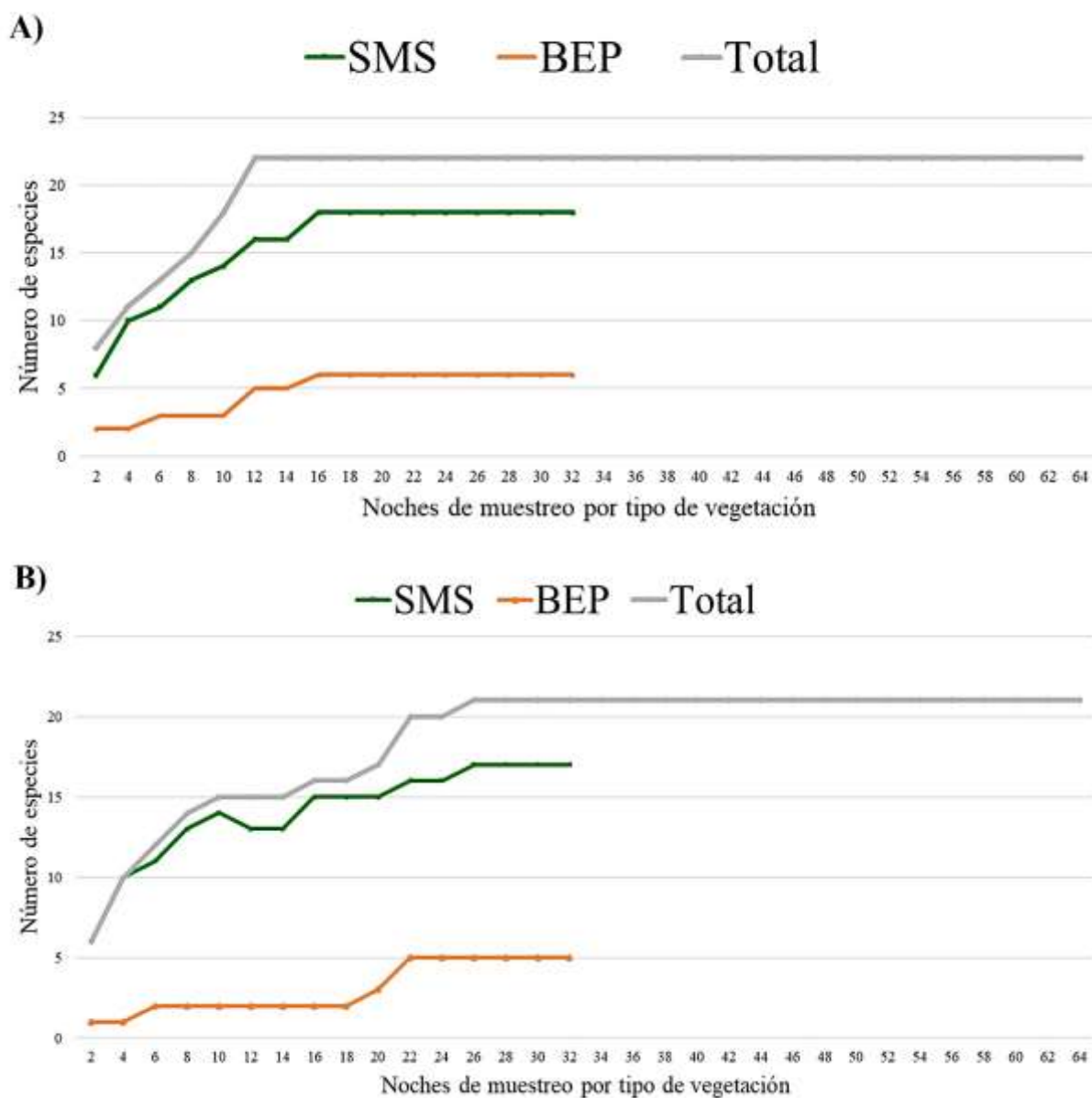


Figura 6. Curva de acumulación de especies de murciélagos según los estimadores Jacknife 2 (A) y Bootstrap (B) en las comunidades de Selva Mediana Subperennifolia (SMS) y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

8.6 Densidad relativa

Las especies con los valores totales más altos en SMS son *Pteronotus davyi* (0.00512 al aplicar el valor de corrección de 100 lo que resulta es 0.512) y *Mormoops megalophylla* (0.421), en tanto que *Desmodus rotundus* (0.062) y *Anoura geoffroyi* (0.045) muestran los valores más bajos (Cuadro 5; Fig. 7). Dos especies son las dominantes durante el periodo de lluvias y seco, dichas especies son *P. davyi* (0.611 y 0.413) y *M. megalophylla* (0.578 y 0.264). Los murciélagos con las cifras más bajas en época húmeda y seca son *D. rotundus* (0.082 y 0.041) y *A. geoffroyi* (0.066 y 0.024; Cuadro 5; Fig. 7).

En BEP *Myotis keaysi* (0.095) y *M. velifer* (0.062) exhiben los datos más altos de densidad, en tanto que *Corynorhinus mexicanus* (0.033) y *M. elegans* (0.033) fueron las que obtuvieron los valores más bajos (Cuadro 5; Fig. 8). Al revisar entre temporadas *Myotis keaysi* (0.099 y 0.090) y *M. velifer* (0.074 y 0.049) exhibieron los valores más altos de densidad en ambas temporadas, sin embargo, las especies menos representativas son *C. mexicanus*, *M. elegans* y *C. townsendii* (0.049) en época de lluvias y en el periodo estival *C. townsendii* (0.041), *C. mexicanus* (0.016) y *M. elegans* (0.008) fueron las de datos más bajos (Cuadro 5 y Fig. 8).

Cuadro 5. Densidad relativa de las especies de murciélagos en Selva Mediana Perennifolia (SMS) y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

Especies	Por tipo de vegetación y estación de lluvias (esfuerzo de muestreo 12,096 m ² h/red)		Por tipo de vegetación y estación seca (esfuerzo de muestreo 12,096 m ² h/red)		Por tipo de vegetación (esfuerzo de muestreo 24,192 m ² h/red)	
	SMS lluvias	BEP lluvias	SMS seca	BEP seca	SMS	BEP
<i>Molossus rufus</i>	0.003637566		0.002314815		0.00297619	
<i>Natalus stramineus</i>	0.00380291		0.002232143		0.003017526	
<i>Mormoops megalophylla</i>	0.005788473		0.002645503		0.00421627	
<i>Pteronotus davyi</i>	0.006117725		0.004133598		0.005125661	
<i>Pteronotus parnellii</i>	0.004877646		0.002728175		0.00380291	
<i>Pteronotus personatus</i>	0.004050926		0.002149471		0.003100198	
<i>Carollia sowelli</i>	0.004298942		0.002232143		0.003265542	
<i>Desmodus rotundus</i>	0.00082672		0.00041336		0.00062004	
<i>Anoura geoffroyi</i>	0.000661376		0.000248016		0.000454696	
<i>Glossophaga soricina</i>	0.001074735		0.000744048		0.000909392	
<i>Leptonycteris yerbabuenae</i>	0		0.001984127		0.000892063	
<i>Artibeus jamaicensis</i>	0.004464286		0.002066799		0.003265542	
<i>Artibeus lituratus</i>	0.003058862		0.001653439		0.002356151	
<i>Dermanura tolteca</i>	0.003058862		0.001653439		0.002356151	
<i>Sturnira hondurensis</i>	0.003306878		0.001818783		0.002562831	
<i>Sturnira parvidens</i>	0.002397487		0.001653439		0.002025463	
<i>Myotis keaysi</i>	0.000992063	0.000992063	0.000578704	0.000909392	0.000785384	0.000950728
<i>Myotis velifer</i>		0.000744048		0.000496032		0.00062004
<i>Myotis elegans</i>		0.000496032		8.2672E-05		0.000289352
<i>Corynorhinus mexicanus</i>		0.000496032		0.000165344		0.000330688
<i>Corynorhinus townsendii</i>		0.000496032		0.00041336		0.000454696

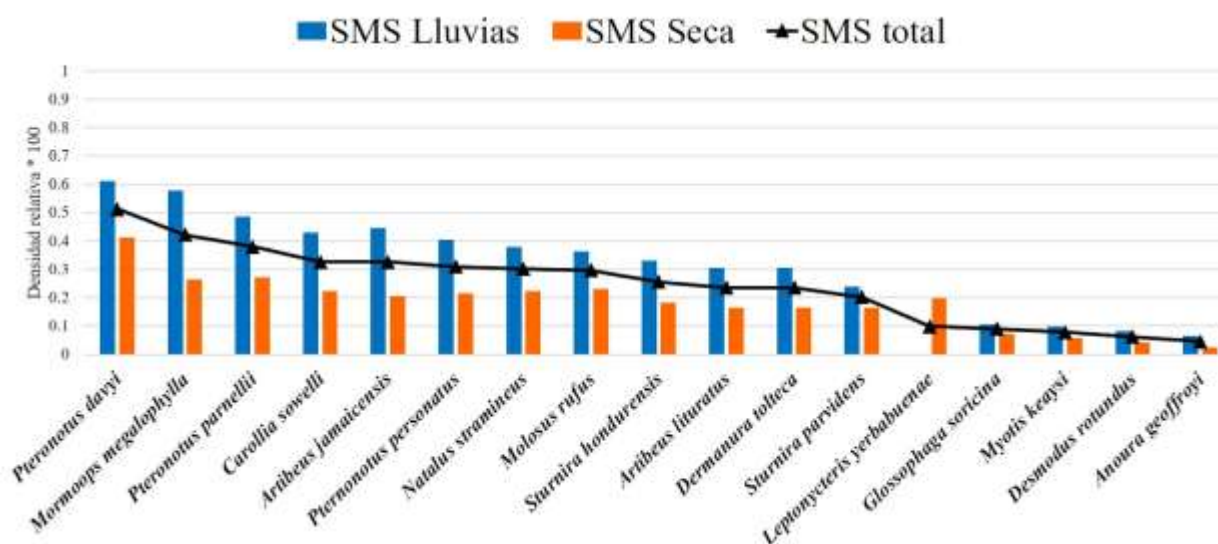


Figura 7. Abundancia relativa multiplicada por la constante 100 de murciélagos en Selva Mediana Subperennifolia (SMS) por temporalidad (lluvias y seca) y total; en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

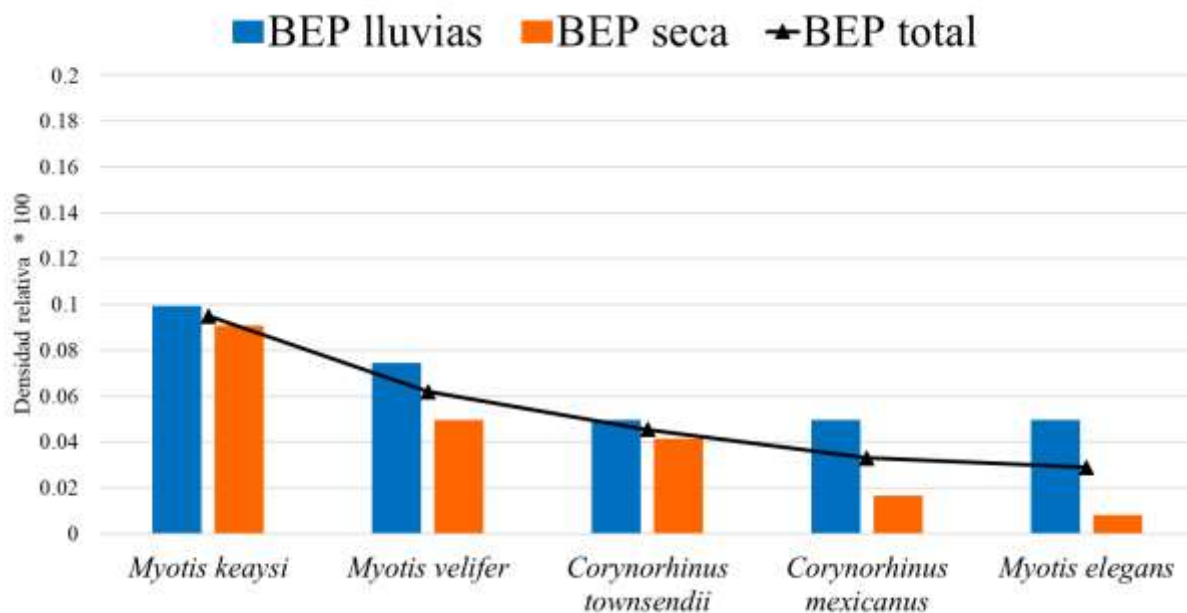


Figura 8. Abundancia relativa multiplicada por la constante 100 de murciélagos en Bosque de Encino Pino (BEP) por temporalidad (lluvias y seca) y total en Xilitla, San Luis Potosí.

8.7 Estructura Trófica

Los murciélagos capturados en SMS de Xilitla y Tanlajás, se agruparon en cuatro gremios alimenticios generales; insectívoros, frugívoros, polinectarívoros y hematófagos. Esta comunidad selvática, es dominada por los murciélagos insectívoros con siete especies, que representan el 41% de las capturadas en selva, el segundo gremio mejor representado fue el de los frugívoros con seis especies (35%), en cambio los murciélagos polinectarívoros sumaron tres especies y representan el 18%, mientras que los hematófagos con una especie representaron el 6% del total de los quirópteros registrados en SMS.

En BEP, el gremio insectívoro fue el único registrado para las cinco especies de murciélagos capturadas en el bosque de Xilitla (Cuadro 6).

Cuadro 6. Gremios tróficos mayores registrados para las especies de murciélagos en Selva Mediana Perennifolia (SMS) y Bosque Encino Pino (BEP) en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

No.	Especie	Gremio Trófico	Tipo de Vegetación
Familia Molossidae			
1	<i>Molossus rufus</i>	i	SMS
Familia Natalidae			
2	<i>Natalus stramineus</i>	i	SMS
Familia Mormoopidae			
3	<i>Mormoops megalophylla</i>	i	SMS
4	<i>Pteronotus davyi</i>	i	SMS
5	<i>Pteronotus parnellii</i>	i	SMS
6	<i>Pteronotus personatus</i>	i	SMS
Familia Phyllostomidae			
7	<i>Carollia sowelli</i>	f	SMS
8	<i>Desmodus rotundus</i>	h	SMS
9	<i>Anoura geoffroyi</i>	p	SMS
10	<i>Glossophaga soricina</i>	p	SMS
11	<i>Leptonycteris yerbabuena</i>	p	SMS
12	<i>Artibeus jamaicensis</i>	f	SMS
13	<i>Artibeus lituratus</i>	f	SMS
14	<i>Dermanura tolteca</i>	f	SMS
15	<i>Sturnira hondurensis</i>	f	SMS
16	<i>Sturnira parvidens</i>	f	SMS
Familia Vespertilionidae			
17	<i>Myotis keaysi</i>	i	SMS BEP
18	<i>Myotis velifer</i>	i	BEP
19	<i>Myotis elegans</i>	i	BEP
20	<i>Corynorhinus mexicanus</i>	i	BEP
21	<i>Corynorhinus townsendii</i>	i	BEP

i: insectívoro; f: frugívoro; p: polinectarívoro; h: hematófago.

La presencia de cada gremio trófico observó variaciones durante esta investigación. En SMS, de mayo 2017 a febrero 2018 se registraron organismos que consumen los recursos de los cuatro grupos tróficos (insectívoro, frugívoro, polinectarívoro y hematófago; Fig. 9). En los muestreos de agosto y septiembre 2016 solo capturamos murciélagos insectívoros y frugívoros. Por otra parte, en abril 2017, marzo y mayo 2018, el único gremio ausente fue el hematófago, el cual corresponde solo a una especie (*Desmodus rotundus*; Fig. 9).

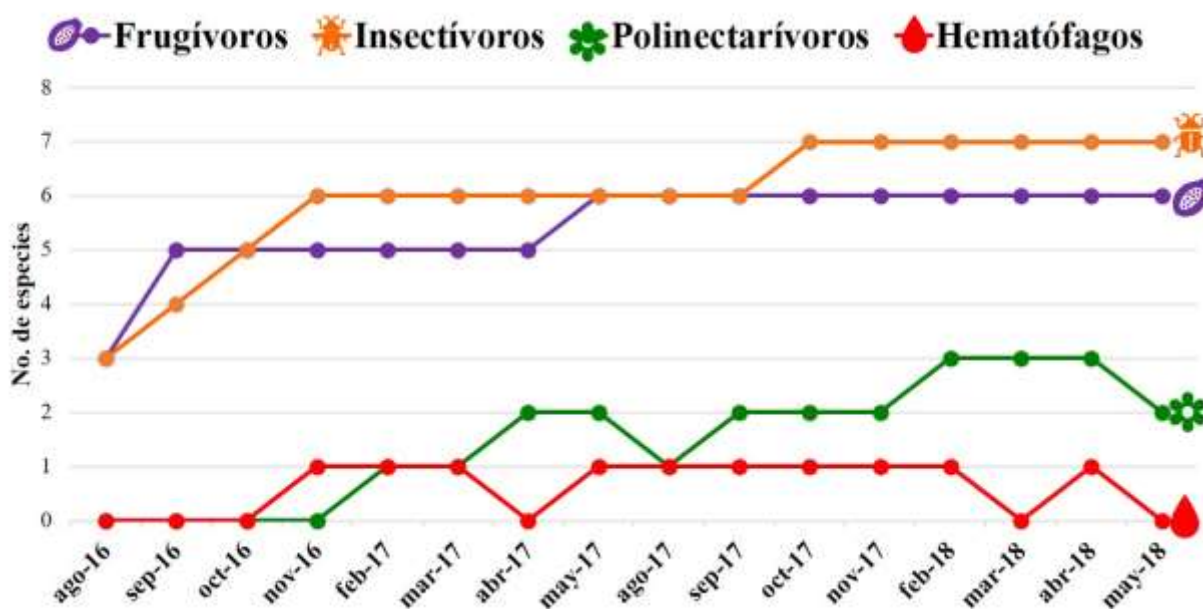


Figura 9. Número de especies de murciélagos registrado para cada gremio trófico mayor en los muestreos dentro de la Selva Mediana Subperennifolia (SMS); Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

Para BEP con presencia únicamente de quirópteros insectívoros, destacan los muestreos en octubre y noviembre 2017, cuando registramos hasta 5 especies (Fig. 10).

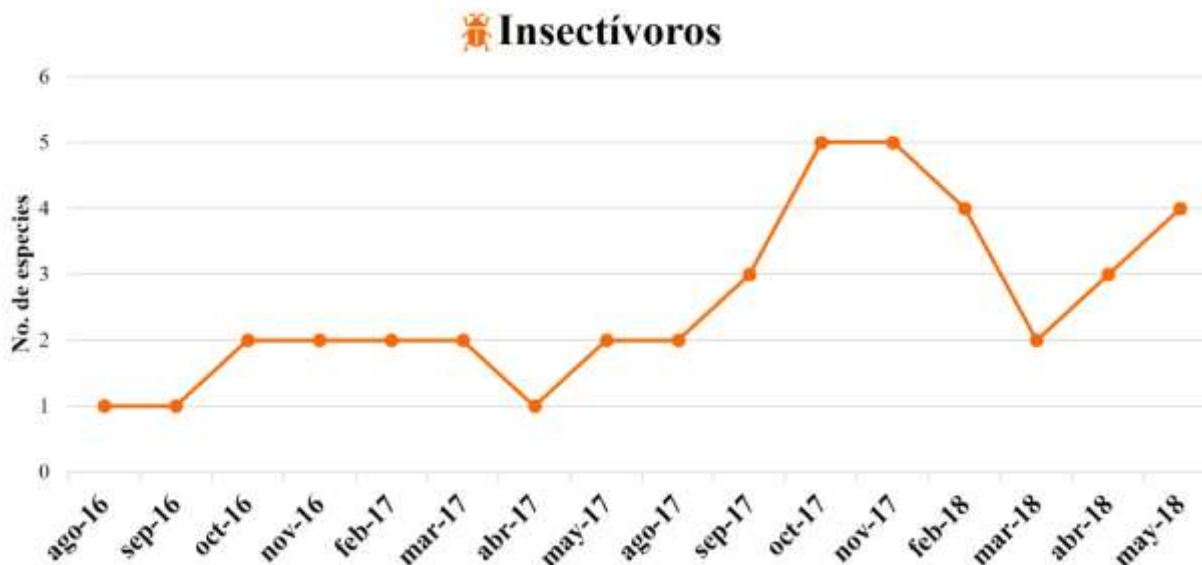


Figura 10 Número de especies de murciélagos registrado para el gremio trófico mayor en los muestreos dentro del Bosque Encino Pino (BEP); Xilitla, San Luis Potosí.

8.8 Matriz de nicho

Con los cuatro gremios tróficos identificados en SMS y los intervalos de tamaño dados en milímetros: Tamaño I, 30-35.9; Tamaño II, 36-40.9; Tamaño III, 41-45.9; Tamaño IV, 46-50.9; Tamaño V, 51-55.9; Tamaño VI, 56-60 y Tamaño VII, >60. El resultado fue la creación de 32 celdas, de las cuales, sólo 13 están ocupadas por una o más especies (Cuadro 7). Hay cuatro celdas con dos especies que incluyen a los Insectívoros de tamaño II (*Myotis keaysi* y *Natalus stramineus*) y III (*Pteronotus davyi* y *P. personatus*); Frugívoros de tamaño II (*Dermanura tolteca* y *S. hondurensis*) y III (*Carollia sowelli* y *S. parvidens*; Cuadro 7). El 29.4% (cinco especies) de las especies fueron de tamaño II y III. El 23.5% (cuatro especies) presentaron tamaño VI, los tamaños IV, V y VII están representados por el 6 % con una especie en cada rango de longitud de antebrazo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Matriz de nicho que relaciona el gremio trófico y longitud del antebrazo de acuerdo con Fleming *et al.* (1972) y Medellín *et al.* (1993), para los murciélagos de la Selva Mediana Subperennifolia en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

Selva Mediana Subperennifolia								
Tamaño de antebrazo en mm								
Gremio Trófico	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total
	30-35.9	36-40.9	41-45.9	46-50.9	51-55.9	56-60	>60	
Insectívoro (I)		Mk Ns	Pd Ppe	Mr	Mm	Ppa		7
Frugívoro (F)		Dt Sh	Cs Sp			Aj	Al	6
Hematófago (H)						Dr		1
Polineectarívoro (P)		Ag	Gs			Ly		3
Total	0	5	5	1	1	4	1	17

Mk: *Myotis keaysi*; Ns: *Natalus stramineus*; Pd: *Pteronotus davyi*; Ppe: *P. personatus*; Mr: *Molossus rufus*; Mm: *Mormoops megalophylla*; Ppa: *P. parnellii*; Dt: *Dermanura tolteca*; Sh: *Sturnira hondurensis*; Cs: *Carollia sowelli*; Sp: *S. parvidens*; Aj: *Artibeus jamaicensis*; Al: *A. lituratus*; Dr: *Desmodus rotundus*; Ag: *Anoura geoffroyi*; Gs: *Gossophaga soricina*; Ly: *Leptonycteris yerbabuena*.

Para BEP se generaron siete celdas de un gremio trófico mayor y siete tamaños de antebrazo, sólo tres fueron ocupadas por una o más especies. Hay dos celdas con dos especies que incluyen a los Insectívoros de tamaño II (*Myotis keaysi* y *Corynorhinus townsendii*) y III (*M. velifer* y *C. mexicanus*; Cuadro 8). El 40% (dos especies) de las especies fueron de tamaño II y III, respectivamente y solo el 20% (una especie) presentaron tamaño I (Cuadro 8).

Cuadro 8. Matriz de nicho que relaciona el gremio trófico y longitud del antebrazo de acuerdo con Fleming *et al.* (1972) y Medellín *et al.* (1993), para los murciélagos del Bosque Encino Pino en Xilitla, San Luis Potosí.

Bosque Encino Pino								
Tamaño de antebrazo en mm								
Gremio Trófico	I	II	III	IV	V	VI	VII	Total
	30-35.9	36-40.9	41-45.9	46-50.9	51-55.9	56-60	>60	
Insectívoro (I)	Me	Mk Ct	Mv Cm					5
Total	1	2	2	0	0	0	0	5

Me: *Myotis elegans*; Mk: *M. keaysi*; Ct: *Corynorhinus townsendii*; Mv: *M. velifer*; Cm: *C. mexicanus*.

8.9 Tasa de recambio de especies (Diversidad β)

La comunidad de quirópteros de la SMS presentó un valor medio de diversidad $H' = 2.67$ y 14.5 especies efectivas, mostró ser mayor respecto al BEP, donde la diversidad observó un dato de $H' = 1.51$ y 4.5 especies efectivas. Con la aplicación del índice de Complementariedad propuesto por Colwell y Codrington (1994) y tomando en cuenta que solo una especie es compartida entre las comunidades estudiadas (*Myotis keaysi*), existe un 95% de disimilitud en la composición de especies entre SMS y BEP.

9. Discusión

9.1 Riqueza y abundancia

Briones-Salas *et al.* (2016) hacen una recopilación de la riqueza mastofaunística para 15 de las entidades federativas del país de manera general y se observa que no existe información de procedencia de los ejemplares (e.g. municipio, localidad y tipo de vegetación), datos relevantes para la formulación de propuestas en cuanto al manejo y conservación de especies. Específicamente el conocimiento de la fauna del estado de San Luis Potosí refleja lo señalado anteriormente, en particular el trabajo de campo para identificar la quiróptero-fauna ha sido escaso, entre los que destacan el de Dalquest (1953) quien reporta a 33 especies de murciélagos para todo el estado, 12 más respecto a las 21 que registramos en los dos tipos de vegetación de este estudio SMS (17 especies) y BEP (5, una especie compartida). García-Morales y Gordillo-Chávez (2011) señalan la presencia de 34 especies para la Región Huasteca y en este trabajo damos a conocer el 65% (21 especies) de los murciélagos registrados para esta región.

En el mismo trabajo, Briones-Salas *et al.* (2016) señalan la presencia de 6 familias y 61 especies en el estado, por lo que en el área de trabajo se localiza el 34% de las especies (21), al 42% (14) de los géneros y el 83% (5) de las familias de murciélagos en el estado de San Luis Potosí. Estos datos revelan la importancia de los municipios analizados, ya que la suma de sus territorios representa apenas el 1.26% del territorio estatal. Si comparamos estos mismos datos de diversidad de taxones con los del territorio nacional, encontramos que en Xilitla y Tanlajas se encuentra al 15% de las 138 especies, el 62.5% de las ocho familias presentes en el país (INEGI 2014; INEGI 2009a; INEGI 2009b).

Al comparar nuestros resultados con trabajos realizados en los mismos tipos de vegetación o semejantes, LaVal y Fitch (1977) mencionan que en 34 noches de captura en un Bosque Tropical

(Costa Rica), identificaron a 40 especies de murciélagos, es decir, 23 más que las registradas en este trabajo, en igual número de noches (Cuadro 9). Medellín (1993) en Selva Alta Perennifolia (Lacandona) en 43 noches extendió 49,092 m^2 red/h, censó a 893 murciélagos de 44 especies (Cuadro 9). En ambos trabajos mencionados, la mayor cantidad de especies se explica por ser un hábitat siempre verde con abundancia y disponibilidad de recursos constante (alimento, refugios), además de alta estabilidad ambiental (García-García y Moreno-Santos 2014). En ambos estudios el componente filostómido resulta un factor que marca diferencia con nuestros resultados. Por otra parte, el trabajo de Medellín (1993), duplica el esfuerzo de captura al realizado en este estudio. En el caso de la La Val y Fitch (1977), solamente mencionan el número de noches de colecta sin indicar horarios o número de redes activadas.

Vargas-Contreras *et al.* (2008), en vegetación semejante a la de mencionada en este estudio y con un esfuerzo acumulado de 18,000 m^2 red/h, menciona que, en Selvas Medianas Subperennifolias con modificaciones antrópicas en Nayarit de Castellot, Campeche registró a 297 murciélagos y 17 especies, en tanto que en un área conservada de Calakmul capturó a 228 organismos y 10 especies donde extendieron 12,600 m^2 red/h (Cuadro 9). Señala que el mayor número de especies localizadas en la selva antropizada, se debe a la presencia de una gran diversidad de cultivos frutales y agrícolas, así como a la mayor extensión de área de red en sus capturas. Por otra parte, el número de especies en el área antropizada (17), es similar a la reportada en nuestro trabajo, aunque hay diferencias en el número de animales capturados, lo cual probablemente se explica por el esfuerzo de muestreo, como ha sido señalado por algunos autores que en sitios alterados por cultivos la riqueza de especies es alta (Vargas-Contreras *et al.* 2008). Con respecto a Calakmul la mayor diversidad de especies en nuestra área, probablemente es reflejo del doble esfuerzo de muestreo que ejecutamos. En la Sierra Norte de Oaxaca en Bosque

Perennifolio, Calderón-Patrón *et al.* (2013) en 11 noches colectaron 15 especies, en un área de 4,428 m²red/h. La diferencia con este trabajo es de dos especies (Cuadro 9), esta disparidad, es resultado de un mayor esfuerzo de muestreo (600%) aplicado en nuestra comunidad de estudio, cabe destacar, que el sitio estudiado por estos autores es considerado entre los de mayor diversidad de murciélagos, lo cual es razonable si consideramos el alto número de especies con un esfuerzo de muestreo bajo.

Si comparamos nuestros resultados con los registrados por Chávez y Ceballos (2001) en ecosistemas de Selva Baja y Mediana en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, encontramos que, en 36 noches y 18 meses, sumaron 16,416 m²red/h, reportan 13 especies en Selva Baja y 10 en Selva Mediana (Cuadro 9). El número de especies de estas vegetaciones son bajos con respecto a nuestro estudio, y probablemente se deba a los cambios drásticos en la fenología de la vegetación entre temporadas, que afecta la diferencia en recursos alimentarios entre los gremios tróficos de murciélagos.

Cuadro 9. Literatura consultada sobre el estudio en ambientes tropicales.

Literatura consultada	Tipo de vegetación	No. Especies	Índice de Shannon-Weiner	Esfuerzo de muestreo m ² h/red	Tiempo
LaVal y Fitch 1977 La Selva, Costa Rica	Bosque Tropical Húmedo	40	2.69		34 noches
Coates-Estrada y Estrada 1986 Los Tuxtlas, Veracruz	Selva Mediana Subperennifolia	39	2.97		3 años
Medellín 1993 Chajul, Chiapas	Selva Alta Subperennifolia	44	2.82	49,092.20	43 noches
Chávez y Ceballos 2001 Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco	Selva Mediana Tropical	10	1.4	16,416	18 meses
Vargas-Contreras <i>et al.</i> 2008 Centro y Sur de Campeche (Nayarit de Castellot)	Selva Mediana Subperennifolia alterada	17	2.19	18,000	96 noches
Vargas-Contreras <i>et al.</i> 2008 Centro y Sur de Campeche (Calakmul)	Selva Mediana Subperennifolia concervada	13	1.8	12,600	96 noches
Calderón-Patrón <i>et al.</i> 2013 Sierra Norte de Oaxaca	Selva Mediana Perennifolia	15	2.05	4,428	1.4 años
Rodríguez-Macedo <i>et al.</i> 2014 Misantla, Veracruz	Selva Mediana	16	2.3		1 año

Para BEP, Calderón-Patrón *et al.* (2013) en la Sierra Norte de Oaxaca, durante 9 noches, la suma de 3,744 m²red/h reportan cinco especies de las cuales son 4 vespertiliónidos. La riqueza de especies es similar al nuestro, sin embargo, en nuestro trabajo el esfuerzo fue seis veces más (Cuadro 10). La diferencia en la riqueza se puede explicar al hecho de que Calderón-Patrón *et al.* (2013) extendieron las redes en una cota más amplia altitudinalmente (2,500-2,840 msnm) con lo que incrementaron el área de colecta, en tanto que en este trabajo las redes se extendieron en un rango más corto de altitud (1,826 a 2,021 msnm). Vargas-Contreras y Hernández-Huerta (2001)

en la Reserva de la Biosfera El Cielo (1,800 msnm), Tamaulipas en un Bosque de Pino-Encino durante 100 noches, acumularon un esfuerzo de 17,189 m^2 red/h y capturaron ocho especies, tres más que en este trabajo (Cuadro 10). Cabe destacar que, de las ocho especies, siete son vespertiliónidos y tres son coincidentes con nuestro estudio. La diferencia en especies con este estudio (tres), probablemente se deba a que el bosque dentro de la reserva Tamaulipeca, ocupa una mayor extensión de área que permitió colocar redes con mayor distancia de separación y a su mejor estado de conservación. A diferencia de en La Trinidad, el área en este bosque es pequeña, esto limitó la distancia de separación entre redes y gran parte ha sido fragmentado por el establecimiento de cultivos de maíz principalmente. En un Bosque de Pino del Estado de México dentro del Ajusco (3,900 msnm) y otro en Zoquiapan (1,300 msnm) Davis y Rusell (1954), mencionan la captura de cuatro especies, en tanto que Blanco *et al.* (1981), mencionan a siete especies, ambos trabajos no indican el tiempo y la unidad de esfuerzo empleado. Sin embargo, es importante señalar que la riqueza de especies es similar a la de nuestro trabajo y algunas de las especies de murciélagos son semejantes a las de este estudio (*Corynorhinus mexicanus*, *Myotis keaysi* y *M. velifer*), además hay coincidencia en la dominancia de especies insectívoras.

En otros estudios realizados en gradientes altitudinales como el de Ornelas-Rivera (2006) menciona la presencia de 19 especies (Cuadro 10) en un gradiente altitudinal (2,000 a 4,100 msnm) en donde se localizan diferentes unidades ecológicas de vegetación de Bosque templado en áreas de influencia y dentro de la zona sujeta a protección del Parque Nacional Iztacihuatl-Popocatepetl, donde acumulo un áfan en el muestreo de 2,592 m^2 red/h. Menciona que en la parte baja del gradiente (2,000-2,900msnm) la vegetación es de Pino y está fuertemente alterada por diversos cultivos frutales como pera (*Pyrus communis*), manzana (*Malus domestica*), membrillo (*Cydonia oblonga*), capulín (*Prunus salicifolia*) o tejocote (*Crataegus mexicana*), y

ganadería, donde indica la presencia de 15 especies, destacan los filostómidos con 10 especies y tres vespertiliónidos. Esta autora también señala que en el gradiente medio (2900 a 3100 msnm), predomina *Abies* y registró tres especies de vespertiliónidos. Dentro del área protegida (3700 a 4100 msnm), exclusivamente de *Pinus hartwegii*, encontró tres especies de vespertiliónidos. Es evidente que los dos primeros gradientes analizados explican su alta riqueza por el componente filostómido, que debe su presencia a la gran variedad de recursos alimentarios y refugios, además como ha sido señalado por LaVal y Fitch (1977) en Costa Rica, la riqueza de especies en sitios fragmentados y alterados por la introducción de diferentes cultivos y áreas ganaderas es alta. En la parte más elevada del gradiente analizado por Ornelas-Rivera (2006), el número de especies es similar a la reportada en este trabajo.

En el trabajo de Jiménez-Vargas (2015) en La Primavera, Jalisco, en tres sitios de un gradiente altitudinal (1,484; 1,499 y 1,834 msnm), con un área de 78,780 m²red/h, registro a 23 especies (Cuadro 11). En un BEP (1,484 msnm), donde además coinciden elementos de un bosque tropical (*Ficus sp.*, *Pipiper sp.* y *Psidium sp.*), capturó a 17 especies, de estos, 9 filostómidos, seis vespertiliónidos, un molósido y un mormoópido. En el punto medio de las cotas altitudinales, se ubica un arroyo con corrientes frías (1,499 msnm), rodeado por un BEP y reporta 10 especies, de los cuales señala cuatro filostómidos y el resto son vespertiliónidos. En el punto más alto se encuentra una poza artificial con agua sulfurosa, rodeada de BEP (1,834 msnm) y encontró ocho especies de la familia Vespertilionidae, tres de Molossidae, además cinco filostómidos. En concordancia con LaVal y Fitch (1977), las alteraciones en la estructura natural de este ecosistema brindan condiciones favorables para que murciélagos con requerimientos diversos puedan habitar en sitios de bosques templados como en Jiménez-Vargas (2015), estos elementos no existen en

nuestro sitio de estudio y representan la principal causa de discrepancia entre la diversidad de especies.

Monroy-Vilchis *et al.* (2011) en la Reserva Natural Sierra Nanchititla (480 a 1860 msnm), en el Estado de México acumularon 7,350 m^2 red/h y censaron a 15 especies (Cuadro 10). En un área de Pastizal y Selva Baja Caducifolia (480 a 1000 msnm) censo a cinco filostómidos, tres vespertiliónidos y un mormoópido. Dentro de un Bosque de Encino (1000 a 1200 msnm) registra una especie de filostómido y un mormoópido. Estos autores también registraron a cinco filostómidos y un molósido, en un área agrícola (1200 a 1500 msnm). La parte más alta cuenta con un Bosque de Pino-Encino (1500 a 1860 msnm), donde habitan 9 especies, cinco filostómidos, tres vespertiliónidos y un mormoópido. Las diferencias respecto a nuestro estudio (aunque se muestran datos solo de dos tipos de vegetación de la Huasteca Potosina, estos pertenecen a un gradiente altitudinal, donde faltan vegetaciones por muestrear), probablemente son generadas por la heterogeneidad ambiental en las regiones de cada gradiente altitudinal, debido a la confluencia de regiones con climas templados y otros más cálidos, que incrementan la movilidad de especies entre distintas áreas.

Cuadro 10. Literatura consultada sobre el estudio en ambientes templados.

Literatura consultada	Tipo de vegetación	No. Especies	Índice de Shannon-Weiner	Esfuerzo de muestreo m ² h/red	Tiempo
Iñiguez-Davalos 1993 Sierra de Manantlán en Jalisco y Colima	Bosque de Pino	10	1.78	1,030	14 meses
Vargas-Contreras y Hernández-Huerta 2001 Reserva de la Biosfera El Cielo, Tamaulipas	Bosque de Encino-Pino	7		90	100 noches
Ornelas-Rivera 2005 Parque Nacional Izta-Popo	Bosque de Pino	19	2.6	2,592	2 años
Briones-Salas <i>et al.</i> 2005 Sierra Mazateca en Oaxaca	Bosque de Pino-Encino	13	2.29	18,900	58 noches
Monroy-Vilchis <i>et al.</i> 2011 Reserva Natural Sierra Nanchititla, Estado de México	Bosque de Pino-Encino	11		7,350	2.5 años
Calderón-Patrón <i>et al.</i> 2013 Sierra Norte de Oaxaca	Bosque de Pino-Encino	5	1.2	3,744	1.4 años
Jiménez-Vargas 2015 Bosque la Primavera, Jalisco	Bosque de Encino-Pino	23	2.5 (calculado)	78,780	

Con los estudios que presentan número de especies y valor del índice de Shannon-Weiner que se muestran en los Cuadros 9 y 10, se construyeron dendrogramas y gráficas de tendencias para cada comunidad. Para las últimas, los datos se multiplicaron por el logaritmo base 10 (SMS en la Fig. 11 y BEP en la Fig. 12). Con el fin de identificar la similitud entre los ambientes en la literatura y los de nuestro estudio en la Huasteca Potosina.

En el dendrograma de la Fig. 11A, se muestra que la menor distancia de similitud está entre el estudio de Vargas-Contreras *et al.* (2008) en la Selva Mediana de Nayarit de Castellot, Campeche y nuestro estudio en SMS. La Fig. 11B, indica que nuestros resultados (S8), se ubican dentro del límite mínimo de tendencia respecto a lo que se ha reportado en ambientes tropicales mexicanos.

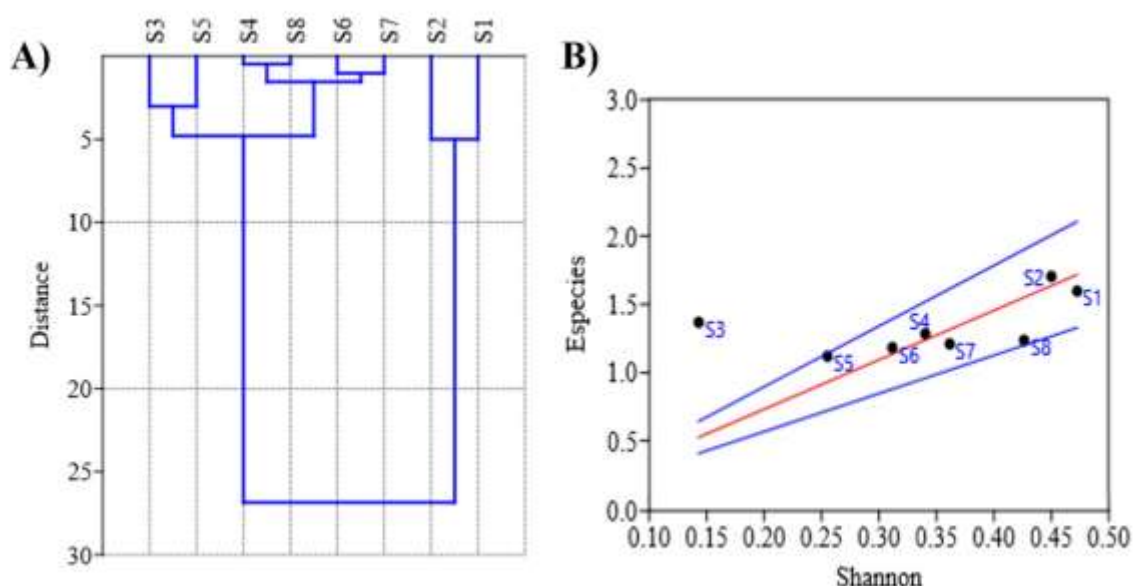


Figura 11. (A) Dendrograma de similitud y (B) Gráfica de tendencias, en base a valores de índices de Shannon-Weiner y número de especies de murciélagos en ambientes tropicales mexicanos (Línea roja: tendencia central; Líneas azules: tendencia mínima y máxima). **S1:** Coates-Estrada y Estrada 1986; **S2:** Medellín 1993; **S3:** Chávez y Ceballos 2001; **S4:** Vargas-Contreras *et al.* 2008 (Nayarit de Castellot); **S5:** Vargas-Contreras *et al.* 2008 (Calakmul) **S6:** Calderón-Patrón *et al.* 2013; **S7:** Rodríguez-Macedo *et al.* 2014; **S8:** datos del presente estudio en Selva Mediana Subperennifolia de Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

Como se puede observar en la Fig. 12A, la distancia menor de similitud está entre el estudio de Calderón-Patrón *et al.* (2013) en el Bosque de Pino-Encino de la Sierra Norte de Oaxaca y nuestro estudio en BEP. La Fig. 12B, indica que nuestros resultados (B6), se ubican dentro del límite máximo de tendencia respecto a lo que se ha reportado en ambientes templados mexicanos.

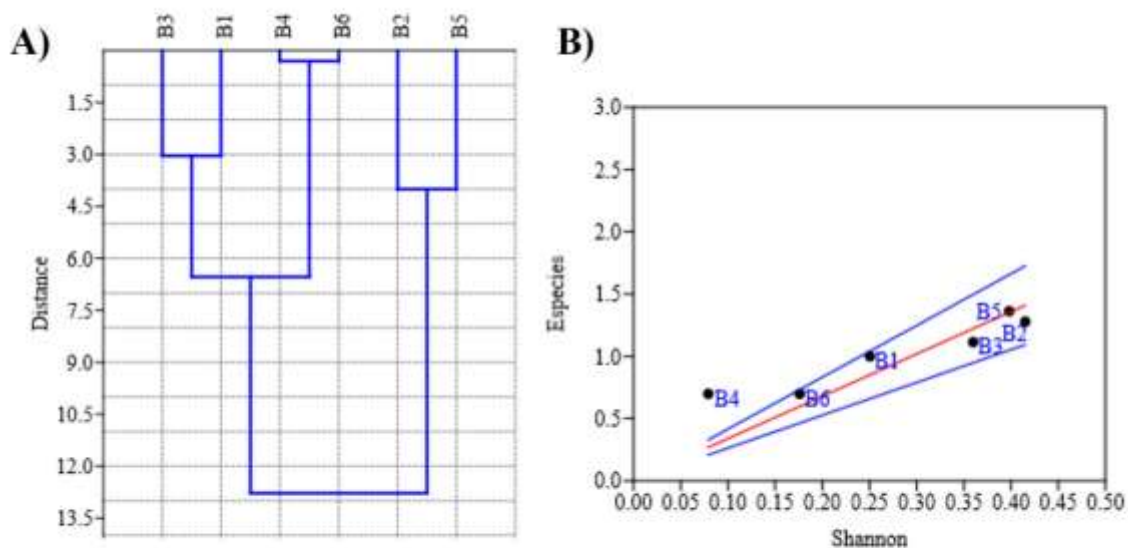


Figura 12. (A) Dendrograma de similitud y (B) gráfica de tendencias, en base a valores de índices de Shannon-Weiner y número de especies de murciélagos en ambientes templados mexicanos. (Línea roja: tendencia central; Líneas azules: tendencia mínima y máxima). **B1:** Iñiguez-Dávalos 1993; **B2:** Ornelas-Rivera 2005; **B3:** Briones-Salas *et al.* 2005; **B4:** Calderón-Patrón *et al.* 2013; **B5:** Jiménez-Vargas 2005; **B6:** datos del presente estudio en Bosque de Encino-Pino de Xilitla, San Luis Potosí.

Un factor de importancia a considerar por el cambio de riquezas a lo largo de los gradientes altitudinales mencionados y las localidades muestreadas, es que la diversidad de los murciélagos disminuye conforme aumenta la altitud (Vargas-Contreras y Hernández-Huerta 2001).

Para comunidades de murciélagos en ambientes diferentes se han registrado disimilitudes en la diversidad y composición (Chávez y Ceballos 2001), que coincide con los resultados de las poblaciones de murciélagos estudiadas en SMS y BEP en los municipios Xilitla y Tanlajás. Mismos, que se diferencian en riqueza y abundancia total, como en la composición de especies (SMS: 5 familias, 14 géneros y 17 especies y BEP: solo la familia Vespertilionidae, 2 géneros y 5 especies, solo comparten una especie *Myotis keaysi*).

9.2 Indicadores de Diversidad

En este trabajo se comparó con estudios previos, donde implementaron el Índice de Shannon-Weiner para cuantificar la diversidad de murciélagos en ambientes tropicales, en Selvas Medianas como el trabajo de Chávez y Ceballos (2001) en la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala, Jalisco; Vargas-Contreras *et al.* (2008) en el centro y sur de Campeche, o como el trabajo de Rodríguez-Macedo *et al.* (2014) en Misantla Veracruz cuyos valores de H' van desde 1.40 a 2.3. Los datos de estos estudios son menores a lo que encontramos para SMS en Xilitla y Tanlajás, donde la diversidad fue de $H'=2.67$ y 17 especies, que se puede interpretar como diversidad media y el mayor porcentaje de abundancias lo conforman especies con 70 a 99 organismos.

Sin embargo, cuando contrastamos con el estudio de Coates-Estrada y Estrada (1986) en una Selva Mediana de Los Tuxtlas, Veracruz y los estudios en Selva Alta de Medellín (1993) en la Lacandona, Chiapas, México, así como en el de LaVal y Fitch (1977) en La Pacífica, Costa Rica cuyos valores de H' van desde 2.69 a 2.97. Nuestra área de estudio tiene una diversidad menor, probablemente esas discrepancias tienen que ver con el tiempo de muestreo, la estabilidad y la productividad de cada ecosistema, lo que afecta la abundancia de cada especie y la equitatividad en la comunidad, que propicien valores de diversidad altos.

Por otra parte, en ambientes templados semejantes como en Ornelas-Rivera (2006) en el Parque Nacional Izta-Popo, Jiménez-Vargas (2015) en el Bosque de La Primavera en un BEP, Iñiguez-Dávalos (1993), en la Sierra de Manantlán en Jalisco y Colima y en la Sierra Mazateca en Oaxaca, Briones-Salas *et al.* (2005) reportan valores de H' entre 1.78 y 2.6. Estos datos son mayores de lo que registramos para los murciélagos de BEP en Xilitla, ($H'=1.51$ y 5 especies), sin embargo, en los estudios mencionados, aunque son ambientes similares (bosques templados), el número de especies es mayor, así como la abundancia de cada especie, lo cual puede

explicarse por el esfuerzo de muestreo, área que abarcan los puntos de colecta, además de la productividad de los ecosistemas y las alteraciones que se pueden encontrar como ya se explicó antes.

Los estudios ya mencionados, realizados con datos de presencia de especies han concluido que los procesos regionales, particularmente la capacidad de dispersión de los murciélagos, tienen un efecto determinante en la composición y estructura de sus poblaciones, y que los procesos locales como la competencia, tienen una influencia mínima o inexistente en la estructuración de las comunidades (Iñiguez-Dávalos 1993; Arita, 1997; Chávez y Ceballos 2001; Briones-Salas *et al.* 2005; Rodríguez-Macedo *et al.* 2014), además emplean el Índice de Diversidad de Shannon-Weiner, para expresar los resultados de su estudio, lo cual, en la actualidad se sabe que no es lo más adecuado (en este trabajo se empleó para fines comparativos), ya que no mide la diversidad de una comunidad, sino la entropía (Jost 2006). Donde el concepto entropía se define como el grado de incertidumbre en la identidad de la especie a la que pertenece un individuo seleccionado al azar dentro de la comunidad estudiada, e. g. una comunidad en la que todas las especies están representadas con la misma abundancia contará con entropía elevada y se ha traducido en alta diversidad (Moreno *et al.* 2011; Calderón-Patrón *et al.* (2013).

En el estudio de Calderón-Patrón *et al.* (2013), registran murciélagos en Bosque Tropical Perennifolio con la diversidad más alta y el Bosque de Pino-Encino junto con el Bosque Mesófilo de Montaña con la menor diversidad, pero a diferencia de los trabajos antes mencionados, en este último, expresan sus resultados en términos de diversidad verdadera (*true diversity*) como especies efectivas.

Una de las características más importantes del número de especies efectivas y por qué resulta la mejor forma de evaluar la diversidad biológica, es que permite determinar la magnitud de cambio entre comunidades (Moreno *et al.* 2011), ya que se comparan directamente la diferencia entre comunidades, es decir, si una comunidad A tiene una diversidad DA mayor que la diversidad DB de la comunidad B, entonces la primera comunidad tendrá DA/DB veces más diversidad que la segunda comunidad. Por lo tanto, la comunidad B tendrá únicamente un porcentaje $(DB*100)/DA$ de la diversidad de la comunidad A (Moreno *et al.* 2011). En términos prácticos para nuestro estudio, la comunidad de murciélagos de BEP en Xilitla, tiene el 31% de la diversidad en la SMS de Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí. Y podemos inferir que nuestras dos comunidades, una tropical y la otra templada tienen diversidades diferentes en un 69%, este porcentaje es concordante con el hecho que las especies únicas en SMS son 16 mientras que en BEP se contaron cuatro, cuando tomamos en cuenta la riqueza y abundancia de cada especie en las comunidades ($q=1$). En este sentido Calderón-Patrón *et al.* (2013), reportan que el Bosque Tropical Perennifolio presentó 39% de similitud con el Bosque de Pino-Encino (cuando $q=1$). Estos autores también mencionan que los ambientes tropicales (Bosque Tropical Perennifolio y Bosque Tropical Caducifolio) contienen la mayor diversidad entre las comunidades que analizaron, hecho que coincide con lo publicado por otros autores (Monteagudo-Sabaté y León-Paniagua 2002; Olgún-Monroy *et al.* 2008), y con lo encontrado en este estudio, donde SMS posee mayor diversidad respecto a BEP, posiblemente lo anterior está asociado con la disponibilidad de alimento, los promedios altos de temperatura y precipitación, dichas variables son consideradas fundamentales para definir cómo se distribuyen los murciélagos en México (Calderón-Patrón *et al.* 2013).

9.3 Especies acumuladas

Con el cálculo de especies teóricas presentes en cada comunidad que se somete a un análisis, es posible inferir si el esfuerzo de muestreo fue suficiente y se logró obtener una muestra representativa de las poblaciones (Moreno *et al.* 2011). Para calcular este número teórico de murciélagos en las vegetaciones de SMS y BEP en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí, implementamos el método de Jacknife de 2° orden y Bootstrap. Ambos toman en cuenta el número de noches en que se capturó cada especie (Moreno *et al.* 2011). Con estos estimadores el éxito de captura de especies en el tiempo se observa cuando la curva tiende a la asíntota (Moreno y Halffter 2000; Jiménez-Valverde y Hortal 2003). En este estudio, la curva del índice de Jacknife 2 alcanzó el mayor número de especies teóricas esperadas en el muestreo de mayo 2017 con 18 especies, por lo tanto, se registró al 94.4% de las especies teóricamente presentes para SMS y 6 especies en BEP, lo que indica que en el muestreo observamos el 83.3% de lo esperado (Fig. 7). Con Bootstrap la asíntota se observa en el muestreo de octubre 2017 para BEP (5 especies) y en febrero 2018 para SMS (17; Fig. 7), por lo tanto, para ambas comunidades el inventario está completo. La discrepancia entre los índices radica en los parámetros particulares que toma en cuenta cada uno, es decir, Jacknife 2 toma en cuenta las especies “raras” consideradas aquellas con uno y dos individuos capturados y las noches de muestreo, mientras que Bootstrap considera únicamente las noches de muestreo en las que aparece cada especie y el total de noches de trabajo.

9.4 Estructura trófica

La comunidad de murciélagos en SMS de Xilitla y Tanlajás, mostró que el grupo con mayor riqueza fue el de los insectívoros con siete especies (41%), de igual forma este grupo de murciélagos tiene la mayor abundancia de individuos con 557 que significan el 55% de la muestra, hecho que se puede explicar por la presencia de cuerpos de agua en los sitios de muestreo (MacSwiney *et al.* 2009; Escalona 2011). Los murciélagos frugívoros registraron una riqueza de

seis especies (35%) y abundancia de 373 equivalente al 37% de los organismos. Los quirópteros que consumen néctar y polen mostraron la presencia de tres especies (18%) y 57 organismos con el 6%. En cuanto a la única especie hematófaga *Desmodus rotundus* significa el 6% de la riqueza en la comunidad y con 15 individuos capturados apenas representa el 1% de la muestra. Estos tres gremios corresponden a especies de la familia Phyllostomidae, por lo tanto, nuestra segunda hipótesis es aceptada y se demuestra que los filostómidos dominan las comunidades de murciélagos en ambientes tropicales (Medellín 1993; Vargas-Contreras et al. 2008). En esta comunidad hubo fluctuaciones en cuanto a la presencia de algunos gremios a lo largo de los dos ciclos anuales analizados, durante la primera temporada de lluvias en 2016 solo capturamos murciélagos insectívoros y frugívoros, sin embargo, en el segundo periodo de lluvias muestreado, se registraron organismos que consumen los recursos de los cuatro grupos tróficos (insectívoro, frugívoro, polineectarívoro y hematófago; Fig. 10). Durante los periodos húmedos las observaciones de murciélagos fueron mayores respecto a los periodos de estío, principalmente los insectívoros (354 ejemplares) y frugívoros (249) que juntos contabilizaron el 60% de la muestra, con esto podemos señalar que durante la temporalidad marcada por las precipitaciones pluviales los quirópteros encuentran mayor cantidad de alimento disponible en el ecosistema, que concuerda con lo expuesto por Arita 1993 y Wang *et al.* 2003. Por otra parte, el murciélago polineectarívoro *Leptonycteris yerbabuena*, solo se registró en las temporalidades secas (Fig. 10), que puede deberse a movimientos estacionales en busca de recursos alimentarios (Fleming *et al.* 1993; Ceballos *et al.* 1997; Rojas *et al.* 2004), sin embargo, la abundancia del resto de las especies en época seca fue menor respecto a los periodos húmedos. Nuestros resultados coinciden con lo encontrado por autores como Briones-Salas *et al.* (2005), Trujillo y López (2014) en ambientes tropicales.

En el BEP de Xilitla, registramos la presencia únicamente de quirópteros insectívoros, destacan los muestreos en temporada húmeda de 2017, cuando registramos hasta 5 especies y 19 individuos, que significa el 30% de los murciélagos capturados en esta vegetación. De esta forma se acepta la hipótesis que afirma la dominancia de murciélagos insectívoros en el bosque y concuerda con lo reportado por Iñiguez-Davalos (1993) y Briones-Salas *et al.* (2005) para bosques templados.

9.5 Matriz de nicho

Se generaron 32 celdas en la matriz de nicho para SMS de Xilitla y Tanlajás (cuatro gremios tróficos por siete tamaños de antebrazo), 13 de ellas se ocuparon con una o más especies. De acuerdo a lo que se describió originalmente por McNab (1971), quien indicó que si los nichos de los murciélagos se diferencian por estas dos dimensiones (longitud del antebrazo y grupo trófico) una sola especie debe ocurrir en cada celda de la matriz. Para la comunidad de SMS de Xilitla y Tanlajás se ocuparon 9 celdas con una especie y cuatro con dos, estas últimas incluyen especies con una estructura gremial y la morfología aparentemente similares que podrían indicar competencia por alimento y espacio entre las dos especies, no obstante, Torres-Flores (2005), señala que las diferencias en tamaño, morfología alar y llamadas de ecolocación sugieren una repartición de los recursos disponibles, con el fin de minimizar la competencia, lo que permite la coexistencia de estas especies.

En el caso de los insectívoros del tamaño II (*Myotis keaysi* y *Natalus stramineus*), *M. keaysi* se alimenta principalmente de especies pertenecientes a Lepidoptera y Diptera, además está catalogado entre los murciélagos de forrajeo aéreo de sotobosque (Segura-Trujillo 2014). Mientras que *N. stramineus* consume insectos principalmente de los órdenes Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera y en menor medida Psocoptera, Lepidoptera, Ephemeroptera y

Dermaptera, además, su estrategia de caza la ejecuta en el dosel de los árboles (Santos-Moreno y Soriano-Cruz 2019).

Los murciélagos insectívoros del tamaño III (*Pteronotus davyi* y *Pteronotus personatus*) sus abundancias son altas y estuvieron presentes durante todo el año, sin embargo, la dieta de *P. davyi* consiste principalmente de pequeñas especies de lepidópteros, algunos dípteros y tijerillas de la familia Forficulidae (Adams 1989). *P. personatus* se alimenta principalmente de insectos del orden Ephemeroptera (Sil-Berra 2010).

Los frugívoros del tamaño II (*Dermanura tolteca* y *Sturnira hondurensis*) también ocuparon una casilla, pero Elizondo-C. (2013a) reporta que la dieta de *D. tolteca* se compone de especies incluidas en los géneros *Drymonia*, *Piper*, *Solanum*, *Cecropia*, *Ficus*, *Conostegia* y *Eugenia*. Para *S. hondurensis* los géneros que se han identificado como parte de su alimentación son *Xanthosoma*, *Pothomorphe*, *Sauraria*, *Drymonia*, *Cecropia*, *Ficus*, *Solanum* y *Piper* principalmente (Elizondo-C. 2013b; Morales-Rivas 2016), de esta forma se diferencian las dietas de estas dos especies con tamaño y alimento similar, pero con ingesta de géneros que varían.

Las especies de frugívoros del tamaño III (*Carollia sowelli* y *Sturnira parvidens*) ocupan una casilla en nuestra matriz de nicho, no obstante, Hernández-Canchola y León-Paniagua (2020), reportan que *S. parvidens* consume frutos de plantas de los géneros *Piper*, *Ficus*, *Myrtillocactus* y *Solanum* mientras que *C. sowelli* consume frutos de los géneros *Cecropia*, *Senna*, *Piper*, *Pothomorphe* y *Solanum* (Elizondo-C. 2013c), de este modo podemos notar que la dieta de estas dos especies tiene diferencias, en cuanto a las especies de frutos que consumen. En este sentido, Saldaña-Vázquez *et al.* (2013) indica que la ingesta de frutos grandes no es común debido a que considera el tamaño de la fruta como un factor extrínseco en la dieta de los murciélagos frugívoros. De esta forma Saldaña-Vázquez *et al.* (2013), sugiere que los quirópteros pequeños como *S.*

parvidens y *C. sowelli* tienen una capacidad limitada para explotar los frutos grandes y pesados. Sin embargo, Fleming (1986) postula que la accesibilidad y el tamaño de los frutos son de menor importancia en los murciélagos frugívoros, porque incluso los pequeños murciélagos pueden aterrizar y morder trozos de frutos grandes.

Por otra parte, para BEP se generaron siete celdas, solo un gremio (insectívoros) y siete tamaños de antebrazo, en una de ellas se ubicó una especie, mientras que dos fueron ocupadas por dos especies. En el tamaño de antebrazo II encontramos a *Myotis keaysi* y *Corynorhinus townsendii*. De acuerdo con Segura-Trujillo (2014), *M. keaysi* se alimenta principalmente de especies pertenecientes a Lepidoptera y Diptera. Mientras que *C. townsendii*, basa su alimentación en microlepidópteros, neurópteros, coleópteros, dípteros e himenópteros (Kunz y Martin 1982). En el tamaño III se ubicaron a *Myotis velifer* y *Corynorhinus mexicanus*, para la primera especie se ha reportado la ingesta de Diptera, Lepidoptera, Arachnida, Hymenoptera y Homoptera (Segura-Trujillo 2014), en el caso de *C. mexicanus*, López-Wilchis (1989) señala que la dieta de estos murciélagos está compuesta prácticamente en un 100% por Microlepidopteros.

Los resultados en este estudio nos llevan a inferir que la morfología alar y las diferentes estrategias de forrajeo, así como la selectividad trófica de las especies registradas, son características importantes en la conformación de las comunidades de murciélagos en SMS y BEP en Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí.

9.6 Tasa de recambio de especies (Diversidad β)

Se ha observado alta diversidad β de murciélagos en sitios con topografía compleja, en diferentes regiones del país (Íñiguez 1993; Navarro y León-Paniagua 1995; Sánchez-Cordero 2001), en el neotrópico (Graham 1983; Patterson *et al.* 1996), y de otras zonas del mundo, como Malasia (Nor 2001) y las Filipinas (Heaney 2001). Algunas teorías proponen que los gradientes altitudinales, muestran cambios abruptos en las características bióticas y abióticas, además, favorece una alta diversidad β , debido al importante reemplazo de especies de una cota de elevación a otra (Brown 2001), así como a componentes históricos que facilita la presencia de especies especializadas limitadas a hábitats exclusivos (Heaney 2001; Lomolino 2001). Esto puede explicar lo encontrado en este estudio cuando aplicamos el índice de Complementariedad propuesto por Colwell y Codington (1994), encontramos que existe un 95% de disimilitud en la composición de especies entre SMS y BEP de Xilitla y Tanlajás, San Luis Potosí, lo que da sentido al hecho que solo una especie es compartida entre las comunidades estudiadas (*Myotis keaysi*; Cuadro 9).

10. Conclusiones

1. Con muestreo estandarizado, se capturaron 1,076 murciélagos, 94% en SMS y 6% en BEP. Esta riqueza de quirópteros se incluyó en 21 especies de 14 géneros en cinco familias. Datos que permitieron cumplir nuestro objetivo principal, describir y comparar estas comunidades de murciélagos.

2. La primera hipótesis no es aceptada, en la SMS la riqueza de especies entre temporadas (lluvia y seca), no mostró diferencia. En el BEP, fueron constantes cinco especies. Sin embargo, los valores de abundancia de organismos en SMS y BEP, la temporada húmeda supera con más del 50% de animales al periodo seco. De esta forma, el segundo objetivo fue alcanzado.

3. Existe diferencia en las abundancias de organismos entre las vegetaciones. La SMS contiene más riqueza de especies y abundancia de murciélagos respecto a BEP, resultado de mayor disponibilidad de recursos bióticos y abióticos, propios de los ambientes tropicales. Con una especie compartida, la disimilitud es de 95% en composición de especies. Nuestros resultados como los de otros autores indican que, la diversidad de murciélagos disminuye conforme aumenta la altitud.

4. La diferencia de 1.12 en el índice de Shannon-Weiner (1946), mostró que la diversidad en SMS es mayor respecto a BEP, ratificado con la prueba t-student. La disparidad entre los dos tipos de vegetación es del 69% (10 especies efectivas). De esta forma, comprobamos la segunda hipótesis y se cumple el tercer objetivo.

5. En SMS encontramos murciélagos de los gremios insectívoro, frugívoro, polineectarívoro y hematófago, en tanto que solo el gremio insectívoro se localizó en BEP. Esta diferencia es el

resultado de la cantidad de recursos bióticos, relacionados con los factores ambientales, con escasos cambios anuales. La SMS está dominada por murciélagos filostómidos (10 especies) y se confirma la segunda hipótesis.

6. Los murciélagos insectívoros, y frugívoros de SMS, así como los insectívoros de BEP que por parejas comparten celda en la matriz de nicho; indicarían competencia por el alimento. Sin embargo, las diferencias en tamaño, morfología alar y llamadas de ecolocación modifican las estrategias de forrajeo, mismo que probablemente ocurre a distintas alturas y horarios en cada especie. Inferimos que como ya se ha descrito en otros trabajos, existe repartición de recursos, que minimiza competencia y permite la coexistencia de especies del mismo gremio trófico en un sitio. Y se completa el penúltimo objetivo.

7. En las dos comunidades se alberga 62% de las especies para la Región Huasteca y el 83% de las familias, 42% de géneros y el 34% de especies presentes en todo San Luis Potosí, datos que demuestran la importancia del sitio de estudio. Además, en estatus de conservación encontramos a *Leptonycteris yerbabuena*, especie registrada en SMS, como Sujeta a Protección especial (Pr; SEMARNAT 2019), a nivel global por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) Casi Amenazada (NT). *Corynorhinus mexicanus*, registrada en BEP, endémica de México (Ceballos y Arroyo-Cabrales 2012; SEMARNAT 2019). Pero por información insuficiente carece de categoría a nivel internacional (IUCN 2020), y se culmina nuestro último objetivo.

8. En la Región Huasteca se reconocen 10 tipos generales de vegetación (Pastizal, Selvas Perennifolias y Subperennifolias, Selvas Caducifolias y Subcaducifolias, Bosque Mesófilo de Montaña, Bosque de Coníferas y Latifoliadas, Matorral Xerófilo y Agricultura; INEGI 2002; Miranda-Aragón *et al.* 2013). Para este estudio se analizaron áreas representantes del 20% (SMS y BEP). Debido a la alta tasa de deforestación, es importante completar el listado de murciélagos para esta región, en el 80% de las vegetaciones restantes, probablemente habitan especies no observadas en este muestreo. Es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo e incluso combinar métodos de colecta en campo, como detectores ultrasónicos. Además, restan estudios ecológicos que aporten más información sobre los murciélagos en esta región, e.g. de aspectos reproductivos para cada especie, estructura de edades y análisis más detallado de las respectivas dietas, entre otros.

11. Referencias

- Adams, J. K. 1989. *Pteronotus davyi*. *Mammalian Species*. 346: 1-5.
- Aguilar-Setién A. y Aréchiga-Ceballos N. (2011). *Los murciélagos ¿héroes o villanos? Comunidades libres. México. 76-83.*
- Aguirre L. (2002). A structure of neotropical savanna bat community. *Journal of Mammalogy*, 83: 775-784.
- Altringham, J. D. (2001). *Bats: Biology and Behavior*. Oxford University Press. New York. 262 p.
- Álvarez, T., S. T. Álvarez-Castañeda y J. C. López-Vidal. (1994). *Claves para murciélagos mexicanos*. CIBNOR-ENCB, Instituto Politécnico Nacional. México. 64p.
- Álvarez-Castañeda S., Álvarez T. y González-Ruiz N. (2015). *Guía para la identificación de mamíferos de México*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Arita H. T. (1993). Riqueza de especies de la mastofauna de México. Pp. 109-125 in *Avances en el estudio de los mamíferos de México* (Medellín, R. A., y G. Ceballos, eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología A. C. Ciudad de México, México.
- Benítez A. (2010). Estrategia para la conservación de los murciélagos de Latinoamérica y el Caribe. *Red Latinoamericana para la Conservación de los Murciélagos*. Recuperado en diciembre de 2016, de <http://www.relcomlatinoamericana.net/novedades/17-fp-headlines-lists/26-estrategia-murc.html>.
- Blanco, S., G. Ceballos, C. Galindo, M. Maas, R. Patrón, A. Pescador y A. Suárez. (1981). *Ecología de la estación experimental Zoquiapan*. Cuadernos Universitarios No. 2, Universidad Autónoma de Chapingo, México 114 pp.
- Briones-Salas M., Hortelano-Moncada Y., Magaña-Cota G., Sánchez-Rojas G. y J. E. Sosa-Escalante. (2016). *Riqueza y Conservación de los Mamíferos en México a Nivel Estatal*. México.
- Briones-Salas M., Sánchez-Cordero V. y Santos-Moreno A. (2005). Diversidad de murciélagos en un gradiente altitudinal de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México, cap. 7: 67-76. En: Sánchez-Cordero V. y Medellín R.A. (Eds.) *Contribuciones mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa*, 706 p. Instituto de Biología, UNAM; Instituto de Ecología, UNAM; CONABIO. México, 2005. ISBN 970-32-2603-5.
- Brown, J. H. (2001). Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography* 10:101-109.

- Buenrostro-Silva, A., M. Antonio-Gutiérrez y J. García-Grajales. (2013). Diversidad de Murciélagos de la cuenca baja del Río Verde, Oaxaca. *Therya* 4(2): 361-376.
- Buring C. J., Colella J. P., Kahn P. L. y Upham N. S. (2018). How many species of mammals are there?. *American Society of Mammalogists. Journal of Mammalogy*, 99(1):1-14.
- Burles, D. W., Brigham, R. M., Ring, R. A. y Reimchen, T. E. (2009). Influence of weather on two insectivorous bats in a temperate Pacific Northwest rainforest. *Canadian Journal Zoology*, 87, 132-138.
- Calderón-Patrón, J. M., M. Briones-Salas y Moreno C. E. (2013). Diversidad de murciélagos en cuatro tipos de bosque de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Therya* 4(1):121-137.
- Ceballos, G., T. H. Fleming, C. Chávez y J. Nassar (1997). Population dynamics of *Leptonycteris curasoae*: Phyllostomidae) in Jalisco, Mexico. *Journal of Mammalogy*. 78:1220-1230.
- Ceballos G. y J. Arroyo-Cabrales. (2012). Lista Actualizada de Mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*. 2(2):27-80.
- Ceballos, G. y O. Giselle (Eds.). (2005). *Los mamíferos silvestres de México*. Fondo de Cultura Económica y CONABIO 986 pp.
- Chao A., Ch Chiu y Tc Hsieh. (2012). Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology* 93:2037-2051.
- Chávez, C. y G. Ceballos. (2001). Diversidad y abundancia de murciélagos en selvas secas de estacionalidad contrastante en el Oeste de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5:27:44.
- Coates, R., Ramírez-Lucho I. y González-Christen. (2017). Una lista actualizada de la región de los Tuxtlas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 349-357.
- Coates-Estrada, R., & Estrada, A. (1986). *Manual de identificación de campo de los mamíferos de la Estación de Biología" Los Tuxtlas"*. UNAM.
- Colwell, R. K. y J. A. Coddington. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 345:101B-118.
- Dalquest, W. W. (1953). *Mammals of the Mexican state of San Luis Potosí*. Louisiana State University Studies, Biological Sciences Series. 1:1-229.

- Davis, W. B. y Russell, R. J. (1954). Mammals of the Mexican state of Morelos. *Journal of Mammalogy*, 35(1), 63-80.
- Durant, K.A., Hall, R.W., Cisneros, M.L., Hyland, M.R. y Willig, R.M. (2013). Reproductive phenologies of phyllostomid bats in Costa Rica. *Journal of Mammalogy*, 6, 1438-1448.
- Elizondo-C., L. H. (2013a). *Dermanura tolteca*. CRBio Costa Rica. Recuperado de <http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Artibeus%20toltecus#:~:text=Su%20dieta%20incluye%20frutos%20e,do tanum%2C%20P>.
- Elizondo-C., L. H. (2013b). *Sturnira hondurensis*. CRBio Costa Rica. Recuperado de <http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Sturnira%20hondurensis>.
- Elizondo-C., L. H. (2013c). *Carollia sowelli*. CRBio Costa Rica. Recuperado de <http://www.crbio.cr:8080/neoportal-web/species/Carollia%20sowelli>.
- Ellison, A. M. (2010). Partitioning diversity. *Ecology* 91:1962-1963.
- Escalona M. G. (2011). Papel ecológico de las aguadas para murciélagos insectívoros en un bosque tropical subhúmedo. Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México.
- Estrella, E., Pech-Canche, J. M., Hernandez-Betancourt, S. F., Lopez-Castillo, D. L. y Moreno, C. E. (2014). Diversidad de murciélagos (Chiroptera: Mammalia) en dos zonas arqueológicas de Yucatán. México. *Acta Zoológica Mexicana* 30(1):188-200p.
- Faring, L. (2003). Effects hábitat fragmentation of diversity. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* 34:487-515.
- Fenton, M. B., L. Acharya, D. Audet, M. B. C. Hickey, C. Merriam, M. K. Obrist, D. M. Symey B. Adkins. (1992). Phyllostomid bats (Chiroptera: phyllostomidae) as indicators of habitat disruption in the neotropics. *Biotropica*, 24:440-446.
- Fleming, T. H. (1986). The structure of neotropical bat communities: a preliminary analysis. *Revista Chilena de Historia Natural*. 59:135-150.
- 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.
- Fleming, T. H., R. Núñez y L. Lobo. (1993). Seasonal changes in the diets of migrant and non-migrant nectarivorous bats as revealed by carbono stable isotope analysis. *Oecologia*. 94:72-75.

- García-Morales, R. y E. J. Gordillo-Chávez. (2011). Murciélagos del estado de San Luis Potosí, México: revisión de su conocimiento actual. *Therya* 2(2):183-192.
- Gómez-Ruiz E. P., Jiménez C., Flores-Maldonado J. J., Lacher Jr. T. E., Packard J. M. (2014). Conservación de murciélagos nectarívoros (Phyllostomidae: Glossophagini) en riesgo en Coahuila y Nuevo León. *THERYA*, 6(1):89-102.
- Graham, G.L. (1983). Changes in bat species diversity along an elevational gradient up the Peruvian Andes. *Journal of mammalogy*, 64(4), 559-571.
- Halffter, G. (1998). A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International* (Special issue) 36:3-17.
- Heaney, L. R. (2001). Small mammal diversity along elevational gradients in the Phillipines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography* 10:15-39.
- Hernández-Canchola, G. y León-Paniagua, L. (2020). *Sturnira parvidens* (Chiroptera: Phyllostomidae). *Mammalian Species*, 52(992):57–70.
- Hill, M. O. (1973). Diversity and evensness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427-432.
- Hutchinson, G. E. (1959). Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *American Naturalist*. 93: 145-159.
- INEGI. (2002). Síntesis de información geográfica del Estado de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2009a). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Xilitla, San Luis Potosí. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2009b). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Tanlajás, San Luis Potosí. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2011). Anuario estadístico de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2014). Anuario estadístico y geográfico de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- Iñiguez-Dávalos, L. I. (1993). Patrones ecológicos en la comunidad de murciélagos de la Sierra de Manantlán. Pp. 355-370 in *Avances en el estudio de los mamíferos de México* (Medellín, R., y G. Ceballos, eds.). Publicaciones especiales. Asociación

Mexicana de Mastozoología, A. C. México, Distrito Federal.

- International Union for Conservation of Nature IUCN. (2020). Red List. Recuperado de <https://www.iucnredlist.org/>.
- Jiménez-Valverde A. y Hortal J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8(31): 151-161.
- Jiménez-Vargas, U. A. (2015). Variación en el ensamble de murciélagos en tres sitios del bosque de La Primavera, Jalisco, México. Tesis para obtener el título de Licenciado en Biología. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. División de Ciencias Biológicas y Ambientales.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-378.
- Kalko, E. K. V. (1997). Diversity in tropical bats. En *Tropical biodiversity and systematics. Proceedings of the International Symposium on Biodiversity and Systematics in Tropical Ecosystems*. H. Ulrich (ed.). Zoologisches Forschungsinstitut und Museum Alexander Koenig, Bonn, Germany. p. 13-43.
- Kalko, E. K. V. (1998). Organisation and diversity of tropical bat communities through space and time. *Zoology*. 101. 281-297.
- Koleff, P. (2002). Spatial species turnover: patterns, determinants, and implications. Tesis doctorado, Universidad de Sheffield, South Yorkshire. 158 p.
- Kunz, T. H. y M. Fenton. (2003). *Bat Ecology*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Kunz T. H. y Martin R. A. (1982). *Plecotus towsendii*. *Mammalian Species* 175: 1-6.
- LaVal, R.K. y Fitch, H.S. (1977). Structure, movements and reproduction in three Costa Rican bat communities. *Occasional Papers, Museum of Natural History, University of Kansas* 69:1-28.
- Legendre, P. y Legendre, L. (1998) *Numerical ecology*. 2nd English Edition, Elsevier, Amsterdam.
- Lim, B. K. y M. D. Engstrom. (2005). Mammals of Iwokrama forest. *Proceedings of the Academy of Natural Science of Philadelphia* 154: 71-108.
- Lomolino, M. V. (2001). Elevation Gradients of Species-Density: Historical and Prospective Views. *Global Ecology & Biogeography* 10:3-13.

- López, J. A., C. Lorenzo, F. Barragán, y J. Bolaños. (2009). Mamíferos terrestres de la zona lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9:6-20.
- López-García, M. A. (2007). Descripción y caracterización de nichos ecológicos: una visión más cuantitativa del espacio ambiental. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias con Especialidad en Probabilidad y Estadística. Centro de Investigación en Matemáticas, A.C. Guanajuato, México.
- López-Wilchis, R. (1989). Biología de *Plecotus mexicanus* Chiroptera: Vespertilionidae) en el Estado de Tlaxcala, México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 227 pp.
- López-Wilchis, R. y J. López-Jardines. (1999). Los mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Vol. 2. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México.
- MacSwiney M. C., B. Bolívar, F. M. Clarke y P. A. Racey. (2009). Insectivorous bat activity at cenotes in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Acta Chiropterologica* 11:139-147.
- Magurran A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*, Princeton University Press, New Jersey. 179 pp.*
- Mancina, C. A. (2011). Introducción a los murciélagos. Institute of Ecology and Systematic. La Habana, Cuba. 123-133.
- Martínez de la Vega, G. (1999). Bibliografía zoológica comentada del Estado de San Luis Potosí, México. *Acta Científica Potosina* 14:40-158.
- McNab, B. K. (1971). The structure of tropical bat faunas. *Ecology* 52:352-358.
- Medellín R., Arita H. T. y O. Sánchez-H. (2008). Identificación de los Murciélagos de México Clave de Campo. Instituto de Ecología, UNAM. México.
- Medellín, R. (1993). Estructura y diversidad de la comunidad de murciélagos en el trópico húmedo mexicano. En *Avances en el estudio de mamíferos de México*. R. A. Medellín y G Ceballos (eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Publicaciones Especiales. 1:334-354.
- Medellín, R., Equihua, M. & Amín, M. A. (2000). Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in Neotropical rainforest. *Conservation Biology*, 14: 1666-1675.
- Medina-García, G., G. Díaz-Padilla, C. Loredó-Osti, V. Serrano-Altamirano y M. A. Cano-García. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de San Potosí

(periodo 1961-2001). Libro Técnico No. 2. Centro de Investigación Regional Noreste
 Campo Experimental San Luis.

- Mello, M. A. R., Menezes-Schittini, G., Selig, P. y Godoy-Bergallo, H. (2004). A test of the effects of climate and fruiting of Piper species (Piperaceae) on reproductive patterns of the bat *Carollia perspicillata* (Phyllostomidae). *Acta Chiropterologica*, 6, 309-318.
- Meyer, C. y E. K. V. Kalko. (2008). Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: land-bridge islands as a model system. *Journal of biogeography*. 1-16 p.
- Mickleburgh, S. P., A. M. Hutson, y P. A. Racey. (2002). A review of the global conservation status of bats. *Oryx* 36:18-34.
- Miranda-Aragón, L., Treviño-Garza, E. J., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., Pompa-García, M. y Aguirre-Salado, C. A. (2013). Tasa de deforestación en San Luis Potosí, México (1993-2007). *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/259564710_Deforestation_rates_in_San_Luis_Potosi_Mexico_1993-2007.
- Molles, M. C. (1999). *Ecology: Concepts and Applications*. McGraw-Hill. 509 p.
- Monteagudo-Sabaté, D., y L. León-Paniagua. (2002). Estudio comparativo de los patrones de riqueza altitudinal de especies en mastofaunas de áreas montañosas mexicanas. *Revista Mexicana de Mastozoología* 6:60-82.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M. M., Ramírez-Pulido, J. y U. Aguilera-Reyes. (2011). Diversidad de mamíferos de la Reserva Natural Sierra Nanchititla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 237-248.
- Morales-Rivas, A. E. (2016). Dieta, actividad y reproducción de los murciélagos *Anoura geoffroyi* y *Sturnira hondurensis* en el bosque Nublado del Parque Nacional Montecristo, El Salvador. Tesis para obtener el grado de Licenciada en Biología. Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias Naturales y Matemática Escuela de Biología. 92 p.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la diversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza 84 p.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E. y N. P. Pavón. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:1249-1261.
- Moreno, C. E. y G. Halffter. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37:149-

158.

- Moreno, C. E. y P. Rodríguez. (2011). Comentario: Do we have a consistent terminology for species diversity? Back to basics and toward a unifying framework. *Oecologia* 167:889-892.
- Muñoz-Romo, M. Nielsen, T. L., Nassar, M.J. y Kunz, T.H. (2012). Chemical composition of the substances from dorsal patches of males of the Curacaoan long-nosed bats, *Leptonycteris curasoae* (Phyllostomidae: Glossophaginae). *Acta Chiropterologica*, 1, 213-224.
- Navarro, D. L. y León-Paniagua L. (1995). Community structure of bats along an altitudinal gradient in tropical eastern Mexico. *Revista Mexicana de Mastozoología* 9-21.
- Nor, S. (2001). Elevational diversity of small mammals on mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Global Ecology and Biogeography* 10:41-62.
- Olguín-Monroy, H. C., L. León Paniagua., U. Melo Samper-Palacios, y V. Sánchez-Cordero. (2008). Mastofauna de la región de los Chimalapas, Oaxaca, México. Pp. 165-216 in *Avances en el estudio de los mamíferos de México II* (Lorenzo, C., E. Espinoza, y J. Ortega, eds.). Publicaciones especiales volumen II. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C. Ciudad de México, México.
- Ornelas-Rivera, M. C. (2006). Diversidad quirofaunística del Parque Nacional Iztapopo y sus áreas de influencia. Tesis para obtener el título de Biólogo. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM.
- Patterson, B. D., Willig, M. R. y Stevens, R. D. (2003). Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. In: Kunz T. H, Fenton M. B, eds. *Bat ecology*. Chicago, IL: The University of Chicago Press, 536-579.
- Puig H. (1991). Vegetación de la Huasteca, México. Estudio fitogeográfico y ecológico. Instituto de Ecología. México.
- Ramírez-Pulido, J., M. C. Britton, A. Perdomo y A. Castro. (1986). Guía de los mamíferos de México. Referencias hasta 1983. UAMI. México. 615 p.
- Ramírez-Pulido, J., N. González-Ruiz, A. L. Gardner, and J. Arroyo-Cabrales. (2014). List of Recent Land Mammals of Mexico. *Special Publications Museum of Texas Tech University*. 63:1-69.
- Rex, K., D. H. Kelm, K. Wiesner, T. H. Kunz y C. C. Voigt. (2008). Species richness and structure of three Neotropical bat assemblages. *Biological Journal of the Linnean Society*. 94:617-629.

- Ricklefs, R. E. (1996). *The economy of nature: a textbook in basic ecology*. W. H. Freeman, New York. 576 p.
- Ricklefs, R. E. y D. Schluter. (1993). *Species diversity in ecological communities*. University of Chicago Press, Chicago. 414 p.
- Ricklefs, R. E. y G. L. Miller. (2000). *Ecology*. Cuarta edición. W. H. Freeman and Company.
- Rodríguez-Macedo, M., González-Christen, A. y León-Paniagua, L. (2014). Diversidad de los mamíferos silvestres de Misantla, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:262-275p.
- Rodríguez-San Pedro A, J. L. Allendes, P. Carrasco-Lagos y R.A. Moreno (2014) Murciélagos de la Región Metropolitana de Santiago, Chile. *Seremi del Medio Ambiente Región Metropolitana de Santiago, Universidad Santo Tomás y Programa para la Conservación de los Murciélagos de Chile (PCMCh)*. 51 pp.
- Rojas-Martínez, A., Alcántara-Eguen, A. Valiente-Banuet y M. Arizmendi. (2004). Estacionalidad de los recursos florales y distribución del murciélago nectarívoro *Leptonycteris curasoae*, en Norteamérica. *In Homenaje a la trayectoria Mastozoológica de José Ramírez Pulido, A. Castro-Campillo y J. Ortega (eds.)*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D.F. p. 219-234.
- Saldaña-Vázquez, R.A., y Schondube, J.E. (2013). Food intake changes in relation to food quality in the Neotropical frugivorous bat *Sturnira ludovici*. *Acta Chiropterologica* 15:69-75.
- Sampaio E., Kalko E., Bernard E., Rodríguez B. y Handley Ch. (2003). A biodiversity assessment of bats in a tropical lowland rainforest of central Amazonia, including methodological and conservation considerations. *Studies of Neotropical Fauna and Environment*, 38, 17-31.
- Sánchez-Cordero, V. (2001). Elevation gradients of diversity for rodents and bats in Oaxaca, Mexico. *Global Ecology and Biogeography*, 10(1), 63-76.
- Santos-Moreno, A. y Soriano-Cruz, M. (2019). Diet of *Natalus mexicanus* (Chiroptera, Natalidae) in a semi-evergreen forest in Oaxaca, Mexico. *Neotropical Biology and Conservation* 14(4): 591-598.
- Segura-Trujillo C. A. (2014). Dieta y gremios tróficos de los murciélagos depredadores de Artrópodos de Norte y Centro de América. Tesis para obtener grado de Maestro en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. Baja California Sur, México.

- SEMARNAT. (2019). Modificación del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial Fed. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5420810&fecha=21/12/2015.
- Sil-Berra, L. M. (2010). Análisis de la dieta de los murciélagos insectívoros del Parque Nacional Grutas de Cacahuamilpa, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. 93 p.
- Simberloff, D. (2004). Community ecology is time to give up? *The American Naturalist*. 163:787-789.
- Soberón J. y J. Llorente. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7:480-488.
- Torres-Flores, J. W. C. (2005). Estructura de una comunidad tropical de murciélagos presenten en la cueva “El Salitre”, Colima, México. Tesis para obtener el grado de Maestro en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, ciudad de México.
- Trujillo L. y López J. (2014). Análisis del nicho trófico de la comunidad de murciélagos del Parque Nacional Laguna Lachuá: un enfoque ecomorfológico. *Revista Científica. Universidad de San Carlos de Guatemala*. 24:1.
- Tuomisto, H. (2010). A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of Alpha and gamma diversity. *Ecography* 33:2-22.
- Tuomisto H. (2011). Commentary: do we have a consistent terminology for species diversity? Yes, if we choose to use it. *Oecologia* 167:903-911.
- 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 Zoológica Mexicana* 82: 83-109.
- Vargas-Contreras, J. A., Escalona-Segura, G., Cú-Vizcarra, J., Arroyo-Cabrales, J. y R. A. Medellín. (2008). Estructura y diversidad de los ensamblajes de murciélagos en el centro y sur de Campeche, México. *Asociación Mexicana de Mastozoología*, A. C. 551-577.
- Wang H. G., R. D. Owen, C. Sánchez-Hernández y M. D. L. Romero-Almaraz. (2003). Ecological characterization of bat species distributions in Michoacán México, using a geographic information system. *Global Ecology and Biogeography* 12:65- 85.

- Whittaker. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Whittaker. (1977). Evolution of species diversity in land communities. Pp. 1-67. En: *Evolutionary Biology* (Hecht, M.K., W.C. Steere y B. Wallace, eds.). Plenum Press, New York.
- Wilson, D. y D. M. Reeder. (2005). *Mammal Species of the World*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland. 2,142 p.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. 2^a. Ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, Nueva Jersey. 718 p.