



El Colegio de la Frontera Sur

**Importancia de los espacios verdes para roedores y murciélagos
en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México**

TESIS

**Presentada como requisito parcial para optar al grado de Maestría
en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural**

Por

Antonio García Méndez

2014

Dedicatoria

A mis padres Antonio García Sánchez y Reynalda Méndez Mata por su cariño y apoyo que me hicieron terminar esta meta en mi vida. Los quiero y admiro.

A mis hermanos Herbert, Oscar y Adalehidi por escucharme y estar en los tiempos difíciles y amenos.

A mis sobrinos Coral, Mari Fer y Milo por existir y hacer la vida más alegre.

A Lili por su amor.

Agradecimientos

A la Dra. Consuelo Lorenzo por fungir como directora de la tesis y brindarme todo su apoyo durante el proceso de admisión a la maestría, la realización del protocolo, el trabajo de campo y la tesis. Gracias por su amistad.

Al Dr. Luis Bernardo Vázquez y Dr. Rafael Reyna Hurtado por sus acertados comentarios y observaciones que mejoraron en gran medida la tesis.

A mis sinodales Dr. Eduardo Naranjo, M. en C. Miguel Ángel Vázquez Sánchez y Dr. Bruce G. Ferguson, por tomarse el tiempo y tener la paciencia de revisar el documento.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por brindarme el apoyo económico a través de la beca otorgada 415250 para la realización de mis estudios de maestría en El Colegio de La Frontera Sur.

A los compañeros y amigos del Laboratorio de Colecciones Biológicas, Jorge Bolaños, Magali Ruíz, Eugenia Santíz, Cristina Kraker por los momentos de risas y desestres. Así como por su apoyo en campo y en la identificación de los roedores y murciélagos.

Al Dr. Antonio Saldivar coordinador de posgrado y a su asistente Claudia Hernández Corzo por toda su atención y consejos brindados durante mi estancia en la maestría.

A los responsables de la biblioteca Milo Cruz García y Mario Zuñiga Trejo por su ayuda en la búsqueda de referencias bibliográficas.

A mis compañeros de la generación de la maestría 2012-2013, Erika, Lucre, Viri, Tere, María Teresa, Alma, Adriana, María Sonia, Lili, Ari, Brenda, Bárbara, Paloma, Sofí, Nathaline, Jorge, Joselito, William, Edwin y Jesús. Gracias por su amistad.

Índice

Resumen	2
Introducción.....	3
Espacios verdes.....	4
Estudios de mamíferos pequeños y murciélagos en áreas urbanas.....	5
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.....	8
Justificación.....	9
Hipótesis.....	10
Objetivo general	10
Objetivos particulares	11
Materiales y métodos.....	11
San Cristóbal de Las Casas.....	11
Selección de los espacios verdes (sitios de muestreo).....	12
Caracterización de los sitios muestreados para los roedores y murciélagos.....	13
Muestreo de mamíferos pequeños	16
Captura de roedores	16
Captura de murciélagos	16
Análisis estadísticos.....	17
Resultados.....	18
San Cristóbal de Las Casas.....	18
Caracterización de los sitios muestreados para roedores y murciélagos	18
Muestreo de mamíferos pequeños	22
Análisis de la riqueza y abundancia de roedores entre los espacios verdes urbanos y no urbanos.....	24
Análisis de la riqueza y abundancia de murciélagos entre los espacios verdes urbanos y no urbanos.....	26
Análisis de la riqueza y abundancia para el total de mamíferos capturados en los espacios verdes urbanos y no urbanos.....	26
Correlación entre las variables dependientes (riqueza y abundancia de especies) e independientes (tipos de usos de suelo y la riqueza de especies de árboles).....	27
Discusión.....	28

Conclusiones.....	34
Recomendaciones	35
Literatura citada.....	36

Índice de figuras y tablas

Figura 1. Imagen satelital de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas. Los límites urbanos de la ciudad están representados por la línea roja. Los íconos con los números, representan los sitios seleccionados para la captura de roedores y murciélagos.	12
Figura 2. Zonas de influencia para el análisis de los tipos usos de suelo en los 10 sitios de muestreo.....	15
Tabla 1. Tipos de usos de suelo en hectáreas (Ha) y porcentaje registrados en el paisaje urbano de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, en 2013.....	18
Tabla 2. Listado de especies y número de árboles registrados en los 10 sitios muestreados.	21
Tabla 3. Características de los 10 espacios verdes muestreados. Riqueza y abundancia de árboles, y área (ha) de los diferentes tipos de usos de suelo registrados en las dos zonas de influencia.....	22
Tabla 4. Lista de especies de mamíferos pequeños terrestres y voladores, y número de individuos registrados en cada uno de los sitios muestreados en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México (2013). El arreglo taxonómico es el propuesto por Ceballos-Arroyo-Cabrales (2012).	24
Tabla 5. Riqueza y abundancia de roedores en espacios verdes urbanos (ocho sitios) y no urbanos (dos sitios).	25
Tabla 6. Riqueza y abundancia de murciélagos en espacios verdes urbanos (ocho sitios) y no urbanos (dos sitios).	26
Tabla 7. Valores de correlación lineal de Pearson entre la riqueza de especies de mamíferos y los tipos de usos de suelo y la riqueza de especies de la vegetación.	27
Tabla 8. Valores de correlación lineal de Pearson entre la abundancia de mamíferos y los tipos de usos de suelo y la riqueza de especies de la vegetación.....	28

Resumen

A medida que la población humana continúa concentrándose en las zonas urbanas, las demandas de espacios para viviendas, espacio industrial, comercial y de recreación se van incrementando, lo cual implica un deterioro constante y en aumento de los espacios verdes. Los espacios verdes en zonas urbanas pueden fungir como áreas de conservación de la flora y fauna nativa. Se estimó la riqueza y abundancia de roedores y murciélagos en espacios verdes urbanos y no urbanos, en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas (SCLC), Chiapas, México. Se capturaron roedores y murciélagos, en 10 espacios verdes distribuidos en el interior y periferia de la ciudad, los cuales se agruparon en urbanos y no urbanos, respectivamente. Se registraron un total de 12 especies y 108 individuos, pertenecientes a tres familias (Muridae, Phyllostomidae y Vespertilionidae). En los espacios verdes no urbanos se capturaron 55 individuos de cuatro especies de roedores nativos y 19 individuos pertenecientes a tres especies de murciélagos. En los espacios verdes urbanos, se capturaron 11 individuos de tres especies de roedores (una especie fue nativa) y 23 individuos de cuatro especies de murciélagos. Se encontró que los espacios verdes urbanos y no urbanos de SCLC son importantes para la fauna nativa de roedores y murciélagos, al albergar el 40% de la fauna reportada para la región. El conservar áreas verdes en la periferia de un paisaje urbano, es determinante para la conservación de la fauna nativa de la región, debido a que son reservorios de su diversidad.

Palabras clave: áreas urbanas, biodiversidad, conservación, diversidad, espacios verdes, mamíferos, murciélagos, roedores.

Introducción

A través del tiempo, los ambientes naturales han sido fragmentados por actividades humanas (Wilcove *et al.* 1986), principalmente para la creación y expansión de áreas de cultivo y ganadería, causando un deterioro en los hábitats naturales y en los procesos ecológicos (Wilcove *et al.* 1986; Gibson *et al.* 1988; Saunders *et al.* 1991; Bustamante y Grez 1995; Fahrig 2003). Una de las actividades humanas que está transformando los ambientes naturales es la urbanización, la cual es un proceso de cambio de uso de suelo para la creación y crecimiento de asentamientos humanos (pueblos y ciudades; Champion 2001; Pickett *et al.* 2001). La urbanización está causando cambios irreversibles en los ambientes naturales y pérdida en la diversidad biológica (Wu 2008). A medida que la población humana continúa concentrándose en las zonas urbanas (más del 50% de la población mundial reside actualmente en áreas urbanas; Naciones Unidas 2012), las demandas de espacios para viviendas, espacio industrial, comercial y de recreación se van incrementando, lo cual implica un deterioro constante y en aumento de los ambientes naturales (Vitousek *et al.* 1997; McKinney 2002; Miller y Hobbs 2002; Forman 2008).

Por lo tanto, en las zonas urbanas se observan cambios en los ciclos biogeoquímicos, en la temperatura del aire, y existen modificaciones en los sistemas hidrológicos y en los procesos ecológicos (Andersson 2006; Grimm *et al.* 2008; Wu 2008; DeFries *et al.* 2010). De esta manera, los cambios provocados por la urbanización en los ambientes naturales, tienen efectos considerables en las comunidades de flora y fauna nativas (Wu 2008). En este entorno, con la fragmentación y pérdida de los hábitats naturales por la urbanización, la distribución espacial de los organismos se ve afectada por el desplazamiento de especies nativas, debido a la introducción accidental o inducida de especies de flora y fauna exóticas (Suarez *et al.* 1998; Grimm *et al.* 2008; McKinney 2008).

A pesar de las repercusiones y el efecto negativo que tienen las zonas urbanas sobre la diversidad biológica, estas pueden considerarse como áreas importantes para la conservación de la flora y fauna nativas (McKinney 2008), debido a que pueden registrarse especies de fauna silvestre, las cuales en su mayoría son tolerantes al disturbio humano y se han adaptado a las condiciones físicas de las áreas urbanas (Cousing 1982; Chace y Walsh 2004; Farmer *et al.* 2011). Lo anterior se debe, a que, las zonas urbanas son sistemas heterogéneos formadas por diferentes tipos de usos de suelo donde los espacios verdes representan un componente importante para la conservación de la diversidad biológica, al ser una opción de hábitat para la flora y fauna silvestre (González-García y Gómez-Sal 2008; Alberti 2009).

Espacios verdes

Los espacios verdes son áreas que presentan un porcentaje de cobertura dominado por un tipo de vegetación (nativa o inducida) y en menor proporción por coberturas urbanas (edificios, casas, comercios, plazas; Forman 2008). De esta manera, se consideró como espacio verde, aquellos sitios con presencia de cobertura arbórea con elementos nativos e inducidos. Por lo tanto, los espacios verdes son heterogéneos en tamaño (área) y forma, estructura y composición de la vegetación (Godbard *et al.* 2009). El establecimiento y creación de los espacios verdes en zonas urbanas dependen de las características naturales de cada asentamiento, el patrón histórico de la urbanización y la política de desarrollo (Rebele 1994; Dana *et al.* 2002).

Existe una gran variedad de espacios verdes en las zonas urbanas, por ejemplo: campos de juegos y de deportes, humedales, reservas naturales públicas y particulares, huertas familiares, parques urbanos y periurbanos, vegetación de galería y jardines públicos y particulares (McKinney 2002; Wu 2008; Forman 2008; González-García *et al.*

2009; Godbard *et al.* 2009). No obstante, no todos los espacios verdes urbanos son importantes para la conservación de la flora y fauna nativas. Dependiendo del tamaño y ubicación de los espacios verdes, éstos pueden albergar poblaciones de fauna silvestre (insectos, anfibios, aves, mamíferos) al funcionar como hábitats para las mismas (Baker *et al.* 2003; Cannon *et al.* 2005; Fetridge *et al.* 2008). Sin embargo, la importancia de los espacios verdes como hábitats para la diversidad biológica recae principalmente en el tipo y estructura de la vegetación, y en la matriz de paisaje en la que se encuentran inmersos (Mahan y O'Connell 2005; Smith *et al.* 2006). De esta manera, se ha encontrado que los espacios verdes que presentan mayor área con vegetación nativa o por lo menos vegetación con algunos elementos nativos, e inmersos en una matriz de paisaje con poco disturbio humano (urbanización) albergan mayor riqueza de especies de fauna (Sauvajot *et al.* 1998; Mason *et al.* 2007).

Los estudios realizados en áreas urbanas indican que el establecimiento de espacios verdes en el interior de las ciudades, permite la conservación de ciertas especies de flora y fauna nativas (Sukopp y Werner 1982; McDonnell y Pickett 1990; McDonnell y Pickett 1993). Se ha documentado que los espacios verdes, fungen como corredores naturales, principalmente la vegetación ribereña o las vías verdes, los cuales presentan en algunos casos elementos vegetales nativos, que son usados como vías de desplazamiento por la fauna (Mason *et al.* 2007). Por otro lado, hay espacios verdes que son reservorios de riqueza de especies de fauna y flora de la región, los cuales generalmente son parques urbanos o jardines particulares (Forman 2008; Loram *et al.* 2011).

Estudios de mamíferos pequeños y murciélagos en áreas urbanas

Dentro de los mamíferos, los roedores (Orden Rodentia) y murciélagos (Orden Chiroptera) son los grupos más diversos y con mayor distribución geográfica de México, con 251 y 136

especies respectivamente (Ramírez-Pulido *et al.* 2005; Ceballos y Arroyo-Cabrales 2012). Además, son mamíferos de gran importancia en los procesos ecológicos al ser presas potenciales de otros vertebrados terrestres, consumen una gran cantidad de semillas fungiendo como dispersores, son controladores de poblaciones de insectos plagas y algunas especies de murciélagos polinizan plantas de importancia económica para el hombre (Estrada *et al.* 1993; Galindo-González 1998; Horváth *et al.* 2001; Cimé-Pool *et al.* 2010; Saldaña-Vázquez *et al.* 2010). Debido a su papel ecológico, los roedores y murciélagos han sido considerados como indicadores del estado de conservación de los ecosistemas, dado que ofrecen información sobre la diversidad biológica local en relación con los niveles de perturbación en diferentes tipos de hábitats (Brosser *et al.* 1996; Medellín *et al.* 2000; Horváth *et al.* 2001; García-Estrada *et al.* 2002).

Los estudios ecológicos con mamíferos pequeños en zonas urbanas se han enfocado a la investigación y control de especies de roedores plaga (Nelson *et al.* 1986; Castillo *et al.* 2003; Morzillo y Mertig 2010), a evaluar la importancia que tienen los fragmentos de bosques en el interior y periferia de las ciudades para las comunidades de mamíferos (Cavia *et al.* 2009) y a conocer la importancia que tienen los cinturones verdes (*greenways*), principalmente la vegetación que se encuentra en los causes de los ríos, arroyos y cuerpos de agua que penetran en las zonas urbanas, en la dinámica poblacional de roedores (Johnson *et al.* 2011). De esta manera, las especies de roedores omnívoras (*Mus musculus*) y carroñeras (*Rattus rattus*) más comunes y que mejor se han adaptado a las zonas urbanas, pueden alcanzar poblaciones numerosas en sitios como vertederos y alcantarillas, debido a la abundancia de alimento y refugio que allí encuentran, mientras que las especies silvestres disminuyen (Courtney y Fenton 1976).

En un estudio sobre abundancia de roedores en la ciudad de Río Cuarto, Argentina, el ratón doméstico (*Mus musculus*) y las ratas (*Rattus rattus* y *Rattus norvegicus*) ocuparon el 76% de los registros, mientras que las especies de roedores silvestres solo el 24% (Castillo *et al.* 2003). Especies como el ratón doméstico y las ratas, prefieren hábitats abiertos, medios urbanos y casas, que hábitats naturales (Nelson *et al.* 1986). En una investigación sobre la importancia ecológica que tiene la vegetación de galería en la ciudad de Spartanburg, en Carolina del Sur, Estados Unidos de América, se encontró que las vías verdes presentan una diversidad de roedores similar a la registrada en vegetación de galería en zonas rurales (Johnson *et al.* 2011). Por lo contrario, en un estudio en Pennsylvania, Estados Unidos de América se analizaron siete parques con vegetación de galería distribuidos tanto en los suburbios, en el centro urbano y en un bosque maduro, y se encontró que la diversidad y riqueza de especies de roedores fue menor en los parques que están inmersos en una matriz urbana (aquellos localizados en los suburbios y centro urbano), que aquellos localizados en zonas rurales (Mahan y O'Connell 2005).

Para el caso de los murciélagos, gran parte de los trabajos se han enfocado en el registro de patrones de actividad en zonas urbanas (Rydell *et al.* 1996; Hayes 1997), así como en la relación entre los patrones de actividad y la presencia de refugios artificiales (estructuras hechas por el hombre) y número de lámparas en las calles, avenidas y en las banquetas (Rydell 1992; Ellison *et al.* 2007). Los murciélagos se han investigado a través de estudios con ultrasonidos para el gremio de insectívoros (O'Farrell *et al.* 1999; Rydell *et al.* 2002), los cuales consisten en la caracterización de las frecuencias de ecolocación para la identificación de especies (Fenton y Bell 1981). Algunos estudios de ultrasonidos han relacionado la presencia de murciélagos insectívoros con el nivel de urbanización, y han

reportado que la actividad de murciélagos varía por especie y por nivel de urbanización (Gaisler *et al.* 1998; Gehrt y Chelsvig 2003; Hourigan *et al.* 2006). En la ciudad de México, se ha reportado que la actividad de murciélagos insectívoros es mayor en lugares donde hay presencia de lámparas y espacios abiertos (Ávila-Flores y Fenton 2005).

A partir del conocimiento de la abundancia y riqueza de especies de roedores y murciélagos presentes en diferentes tipos de hábitats en un paisaje con cierto grado de disturbio (e. g. zonas urbanas), es posible conocer el estado actual en el que se encuentran las poblaciones de estos mamíferos y sus respuestas en los procesos de fragmentación y urbanización (Riem *et al.* 2012). Además, es posible asignar cierto grado de importancia a los sitios con presencia de especies de mamíferos silvestres, a través del registro del número de especies y la abundancia. De esta manera, se pueden proponer estrategias de manejo y conservación de espacios verdes en zonas urbanas que sean utilizados por roedores y murciélagos (Kunz y Reynolds 2003).

San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México

San Cristóbal de Las Casas (SCLC) es una de las ciudades de mayor crecimiento en el país en las últimas décadas, con un promedio anual de 3.3%, con 158,027 habitantes (INEGI 2010). Al mismo tiempo, la población humana en esta ciudad en crecimiento ha cubierto áreas agrícolas y ha ocupado espacios verdes. Este crecimiento humano conlleva a la expansión de la zona urbana, fragmentando y ocupando espacios verdes y áreas agrícolas, y provocando la disminución y pérdida de la diversidad biológica. Sin embargo, SCLC aún presenta y conserva espacios verdes en el interior de la ciudad y en la periferia (huertas familiares, áreas de cultivo, jardines particulares, parques urbanos, manantiales y humedales de montaña; Aubry 2008; Vásquez 2010) que podrían ser importantes para la conservación de la diversidad biológica.

Para el municipio de San Cristóbal de Las Casas, se han llevado a cabo estudios en áreas conservadas que se encuentran en la periferia de la ciudad, para conocer la diversidad de flora y fauna de la región de los Altos de Chiapas. En un estudio realizado en 1995 en el municipio de San Cristóbal de Las Casas se reportaron 46 especies de mamíferos, de los cuales 16 especies pertenecen al Orden Rodentia y 17 al Orden Chiroptera (Alba López *et al.* 1995). Por otro lado, para la Reserva Ecológica Huitepec, al realizar un listado de especies, se reportaron 40 especies de mamíferos, de los cuales 17 son roedores y 11 especies son murciélagos (Naranjo y Espinoza 2001). En el 2010, en un estudio sobre la variación estacional de especies de roedores en dos sitios con diferente grado de perturbación (áreas naturales y agroecosistemas) realizado en el municipio de San Cristóbal de las Casas se registraron nueve especies de roedores en total (Cruz *et al.* 2010).

Para el 2012 y 2013 se llevó a cabo un estudio para medir la actividad y conocer las especies de murciélagos insectívoros aéreos, a través de ultrasonidos en zonas urbanas, áreas de cultivo y en remanentes de bosque de la región de Los Altos de Chiapas. En este estudio se registraron un total de 14 especies de murciélagos, de las cuales tres fueron detectadas en zonas urbanas de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas (Rodríguez-Aguilar 2013). Por otra parte, en la base de datos de la Colección Mastozoológica de El Colegio de la Frontera Sur-Unidad San Cristóbal de Las Casas, se tienen registrados e ingresados 31 especies de mamíferos colectados en el municipio de San Cristóbal de Las Casas, de los cuales nueve especies son murciélagos y 11 son roedores (C. Lorenzo com. pers.).

Justificación

Debido a que son hábitats para la fauna nativa, la creación y mantenimiento de espacios verdes en zonas urbanas, es de gran importancia para la conservación de la diversidad

biológica. De esta manera, el presente trabajo estudió diferentes tipos de espacios verdes de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, para investigar si hay fauna nativa que utilizan estos espacios, a través del registro de la riqueza y abundancia de mamíferos con diferentes requerimientos ecológicos e historia evolutiva, como son los roedores y los murciélagos.

Hipótesis

Dada la gran variedad de tipos de espacios verdes en una zona urbana, la riqueza y abundancia de roedores y murciélagos en estos espacios dependerá de las características de la vegetación (riqueza y abundancia de especies vegetales) y de la conformación de la matriz circundante (tipos de usos de suelo presentes alrededor del espacio verde y distancia al siguiente punto verde).

- De esta manera los espacios verdes urbanos (inmersos en una matriz dominada por coberturas urbanas) presentarán menor riqueza y abundancia de roedores y murciélagos, comparado con los espacios verdes no urbanos (aquellos que se encuentren dominados por tipos de usos de suelo no urbano, espacios abiertos, cuerpos de agua, zonas de pastoreo y áreas de cultivo) mostrarán mayor riqueza y abundancia de roedores y murciélagos.
- Por otro lado, los espacios verdes que tengan mayor riqueza arbórea y presente tipos de suelo no urbanos, presentarán una correlación positiva con la riqueza y abundancia de roedores y murciélagos.

Objetivo general

- Determinar la importancia de los espacios verdes para roedores y murciélagos, estimando la abundancia relativa, riqueza y diversidad de especies, en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

Objetivos particulares

- Estimar y comparar la riqueza y abundancia de roedores y murciélagos (por grupo taxonómico y en conjunto) entre sitios de muestreos (espacios verdes) con diferentes condiciones, en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.
- Correlacionar los tipos de usos de suelo, la riqueza y abundancia de árboles de los sitios muestreados con la riqueza y abundancia de roedores y murciélagos.

Materiales y métodos

San Cristóbal de Las Casas

El presente estudio se llevó a cabo en sitios con presencia de espacios verdes en la zona urbana y periferia de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas (SCLC), Chiapas, México. Los límites urbanos de la ciudad considerados en este estudio, son los establecidos por INEGI (2012). Los sitios de muestreo se ubican en la región Altos de Chiapas (16°44'N y 92°38'W; CEIEG 2012; Fig. 1) a una altitud de 2,120 msnm, en un valle rodeado por áreas montañosas que superan los 2,700 msnm de altitud en sus puntos más altos (Mera Ovando 1984; García-García 2005). El clima es templado sub-húmedo con lluvias en verano, con una precipitación anual de 1,000 a 2,500 mm y una temperatura media anual de 14.4 °C con algunas heladas invernales ocasionales (INEGI 2012; CEIEG 2012).

Los cerros que rodean la ciudad de SCLC forman parte de un macizo forestal donde se presentan bosque mesófilo de montaña, y bosque de encino con asociaciones de pino (Quintana-Ascencio y González-Espinosa 1993; Arriaga Cabrera *et al.* 2000). La vegetación predominante corresponde a bosques de pino-encino e incluye de manera

distintiva un dosel con predominio de varias especies de *Pinus* spp. y *Quercus* spp. (González-Espinosa *et al.* 2009).



Figura 1. Imagen satelital de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas. Los límites urbanos de la ciudad están representados por la línea roja. Los íconos con los números, representan los sitios seleccionados para la captura de roedores y murciélagos.

Selección de los espacios verdes (sitios de muestreo)

Considerando la definición de espacios verdes (áreas que presentan un porcentaje de cobertura dominado por un tipo de vegetación y en menor proporción con coberturas urbanas) propuesta por Forman (2008), se consideraron como espacios verdes aquellos con cobertura arbórea. La selección de los espacios verdes se basó en los siguientes criterios: 1) las características individuales de cada sitio (que contuvieran árboles), y 2) la ubicación en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas (inmersos en una matriz con predominancia de zonas urbanas y no urbanas). De esta manera, la selección de los sitios de muestreo se llevó

a cabo en dos etapas: la primera consistió en la revisión y análisis de una imagen de satélite de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, para identificar los diferentes espacios verdes distribuidos por la ciudad y también para conocer los otros tipos de usos de suelos presentes alrededor de los espacios verdes. Todo este análisis se realizó con la ayuda del programa Google Earth Pro.

Este primer análisis consistió en realizar poligonales $\geq 1000 \text{ m}^2$ identificando los diferentes tipos de usos de suelo presentes en la ciudad. Las condiciones que se incluyeron dentro de los espacios verdes fueron aquéllos que presentaron cobertura arbórea: remanentes de bosque, vegetación secundaria, vegetación ribereña, y jardines públicos y particulares. Para los espacios abiertos se consideraron: terrenos baldíos sin cobertura vegetal y sin construcciones (urbanización), áreas deportivas y minas abiertas. Las áreas de cultivo fueron espacios con agricultura de hortalizas y maíz. Por otro lado, para las zonas de pastoreo se consideraron: los sitios donde había presencia de ganado vacuno y ovino. Los cuerpos de agua fueron lagos, lagunas y manantiales. Finalmente, la cobertura urbana incluyó: superficies impermeables (cubiertas por cemento, asfalto o cualquier material no permeable), centros comerciales, edificios, casas y construcciones realizadas por el hombre.

La segunda etapa consistió en la revisión y exploración en campo, en donde se consideraron varios aspectos para seleccionar los sitios de muestreos, como la accesibilidad al lugar (público o particulares), seguridad tanto para el personal de trabajo como por el equipo de muestreo (por ser un muestreo nocturno), se aseguró que los sitios estuvieran delimitados por alguna barda o malla y finalmente se tomó en cuenta la disponibilidad de los dueños o responsables de los sitios para otorgar el permiso de trabajar.

Caracterización de los sitios muestreados para los roedores y murciélagos

Para conocer los diferentes usos de suelo alrededor de los espacios verdes e identificar el porcentaje de los mismos, se decidió tomar un radio de 500 m para el análisis, dado que es posible que los tipos de suelo que rodean el espacio verde, influyan en la presencia y captura de murciélagos y roedores, y por lo tanto, en la zona de influencia considerada sea posible poder evaluar dicho efecto. Por lo tanto, se trazaron zonas de influencia (*buffers*) de 500 m de radio, abarcando un área de 78.5 hectáreas, tomando en cuenta que los roedores presentan un ámbito hogareño que va desde los 130 m² a los 1500 m² (Contreras y Rosi 1981; García-Estrada *et al.* 2002; Corbalán y Ojeda 2005) y los murciélagos tienen requerimientos biológicos diferentes, los cuales pueden ser cubiertos en distintos ámbitos hogareños que pueden ir de los 500 m hasta los 5 km de radio (Fleming 1981; Pearson *et al.* 1987; Gorresen *et al.* 2005; Klingbeil y Willig 2009). De esta manera, a partir del lugar donde se colocaron las trampas Sherman y las redes de niebla en cada uno de los 10 sitios de muestreo (espacios verdes), se dibujó una zona de influencia (*buffers*) para el cálculo y conteo del número y proporción de los diferentes tipos de usos de suelo, para los roedores y murciélagos. Las zonas de influencia se trazaron del centro de los espacios verdes muestreados (Fig. 2). En cada zona de influencia, se realizaron polígonos para conocer el área (en hectáreas) de los diferentes tipos de usos de suelo presentes alrededor de los espacios verdes, para después hacer el cálculo del porcentaje que representaron. Todo el análisis se realizó a través del software Google Earth Pro.

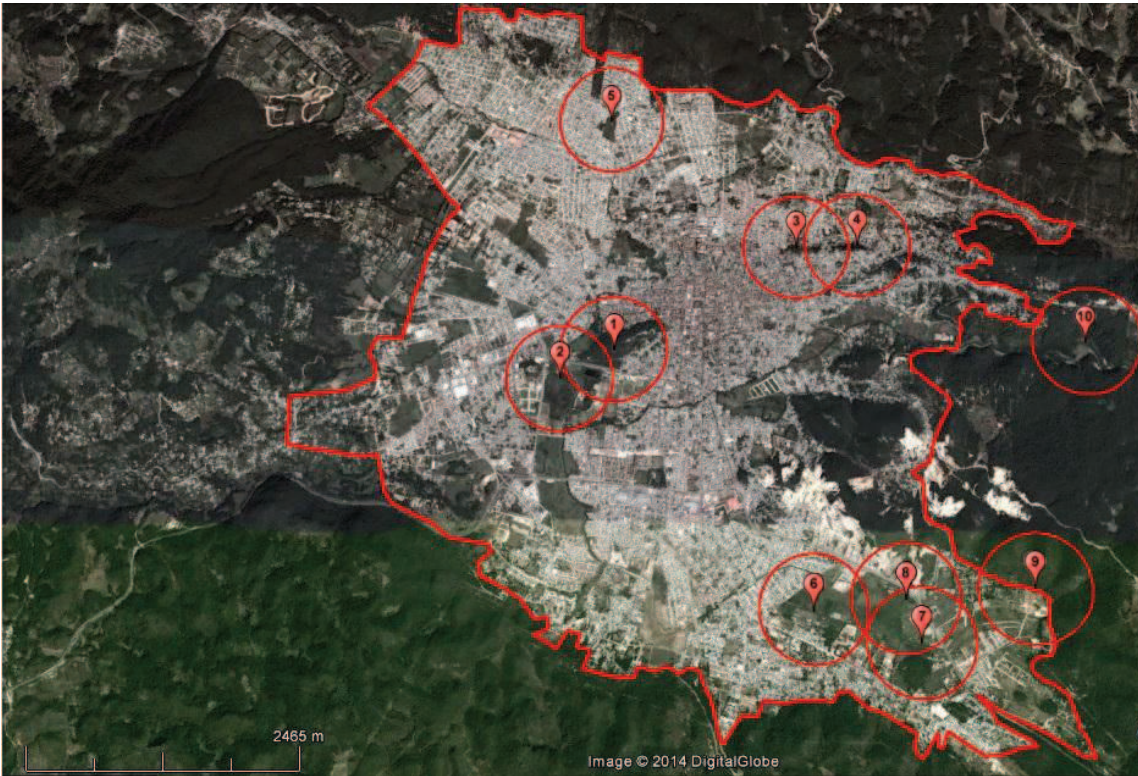


Figura 2. Zonas de influencia para el análisis de los tipos usos de suelo en los 10 sitios de muestreo.

Los espacios verdes seleccionados para el muestreo se clasificaron en dos grandes grupos, espacios verdes urbanos y espacios verdes no urbanos. Esta clasificación se hizo con base, en la ubicación (zona urbana: interior de la ciudad de SCLC, y zona periurbana: fuera de los límites urbanos de la ciudad) y tipo (porcentaje de zonas urbanas y de otros tipos de usos de suelo) de espacios verdes.

Por otro lado, en los sitios seleccionados para los muestreos de roedores y murciélagos, se hizo un análisis local de la vegetación, que consistió en trazar parcelas de 1,000 m² en los sitios de muestreo. En cada parcela se anotó la abundancia y riqueza de especies de árboles con un diámetro a la altura del pecho ≥ 10 cm. Para la identificación de las especies de árboles se consultaron las referencias bibliográficas sobre la flora de San Cristóbal de Las Casas (Galindo-Jaimes *et al.* 2008; Ramírez-Marcial *et al.* 2010), además

se realizaron colectas de cada uno de los ejemplares para llevarlos al herbario de El Colegio de La Frontera Sur (ECOSUR)-SCLC para su corroboración e identificación. En algunos sitios ya existían con anterioridad inventarios de la vegetación, y fue posible acceder a la base de datos de los mismos (Ramírez-Marcial, en prensa 2013).

Muestreo de mamíferos pequeños

Captura de roedores

Los roedores se capturaron mensualmente de marzo a agosto de 2013, por tres noches consecutivas por sitio. Se utilizaron 100 trampas Sherman, cebadas con avena, semillas de girasol y extracto de vainilla para aumentar la probabilidad de captura de los roedores. Las trampas se colocaron a partir de las 17:00 hrs, a través de transectos lineales abarcando la mayor parte de área de los sitios muestreados y se revisaron al día siguiente. Se registró la geoposición de cada captura y los individuos se marcaron con pintura de esmalte negro (marca temporal) en las uñas de los dedos, como una modificación al marcaje tradicional de ectomización de falanges (marca permanente; Romero-Almaraz *et al.* 2007). Los individuos capturados se identificaron en campo hasta nivel de especie con la ayuda de referencias bibliográficas especializadas, tales como la clave de Álvarez-Solórzano (1959) y el libro ilustrado de Reid (1997), se les tomó un registro fotográfico y se liberaron en el lugar de captura.

Captura de murciélagos

Los murciélagos se capturaron mensualmente de marzo a agosto de 2013, por tres noches consecutivas por sitio, utilizando tres redes de niebla de 12 m de longitud por 2.5 de ancho. Las redes de niebla permanecieron abiertas durante seis horas, de las 18:00 a las 24:00 hrs y se colocaron en un trayecto lineal con una separación de 100 m entre cada red. Al momento de cada revisión y en caso de captura de murciélagos, los individuos se identificaron a nivel

de especie siguiendo la clave de identificación de Medellín *et al.* (1997) y el libro ilustrado de Reid (1997), y se liberaron en el lugar de captura. Se registró la geoposición de la captura, y a los individuos se les colocaron marcas semi-permanentes en las membranas dactilares del ala derecha mediante pequeñas perforaciones, tomando en cuenta una matriz de combinaciones, con una aguja (de 0.5 mm de diámetro) esterilizada y posteriormente se desinfectó con peróxido de hidrógeno como antiséptico (Kunz 1996). Antes de ser liberados, a cada individuo se le tomó una fotografía para contar con un registro fotográfico de las especies de murciélagos.

Análisis estadísticos

La diversidad de especies se expresó a través de la abundancia relativa (número total de individuos de cada especie capturada) y riqueza de especies (número de especies capturadas). Se utilizó el índice de Shannon-Wiener (H'), dado que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra y mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar (Moreno 2001). El cálculo del índice de diversidad, así como la riqueza y abundancia relativa se realizó para los dos tipos de espacios verdes, los urbanos y no urbanos. El cálculo de los índices de diversidad y las comparaciones del mismo entre los espacios verdes se realizaron separadamente, para los roedores, murciélagos y para toda la comunidad de mamíferos registrados durante el estudio. Los análisis se llevaron a cabo en el programa Past 3.0 (Hammer *et al.* 2001).

Se realizaron pruebas de correlación (correlación lineal de Pearson) tomando como variable dependiente la riqueza y la abundancia de especies de roedores y murciélagos, y como variables independientes, los diferentes tipos de usos de suelo y la riqueza de especies de árboles registrados en los sitios muestreados.

Resultados

San Cristóbal de Las Casas

Para la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, se obtuvieron seis tipos de usos de suelo; de las cuales el 65.2% correspondió a coberturas urbanas, 24.2% a espacios abiertos, 7.99% a espacios verdes, 1.34% áreas de cultivo, 1.2% zonas de pastoreo y 0.1% a cuerpos de agua (Tabla 1).

Tabla 1. Tipos de usos de suelo en hectáreas (Ha) y porcentaje registrados en el paisaje urbano de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México, en 2013.

Usos de suelo	Ha	%
Cuerpos de agua	3.068	0.1
Zonas de pastoreo	36.3	1.2
Áreas de cultivo	40.44	1.34
Espacios verdes	240.31	7.99
Espacios abiertos	728.34	24.2
Coberturas urbanas	1,962.54	65.17
San Cristóbal de Las Casas	3,011	100

Caracterización de los sitios muestreados para roedores y murciélagos

A continuación se presentan las características de cada uno de los sitios de muestreo.

1. *El Cerrito*. Es el único sitio con un remanente de bosque en el interior de la ciudad, debido a que muestra elementos vegetales propios de la vegetación de la región, tales como: manzanita (*Crataegus mexicana*), fresno (*Fraxinus udhei*), ciprés (*Cupressus lusitanica*; Tabla 2). Por otro lado, en la zona de influencia de 500 m de radio, se registraron cuatro tipos de usos de suelo más: espacios abiertos, coberturas urbanas, cuerpos de agua y zonas de pastoreo (Tabla 3).

2. *La Kisst*. Es un humedal de montaña y se encuentra en la categoría “zona sujeta a conservación ecológica” y es considerado sitio RAMSAR (SEMAHN 2013). La vegetación en la zona en general se encuentra compuesta principalmente por pastos y manchones de

tulares. Algunas de las especies que se encuentran en el lugar son: arce (*Acer negundo*), aile (*Alnus auminata*), fresno (*Fraxinus udhei*; Tabla 2). Por otra parte, con la zona de influencia de 500 m de radio, se obtuvieron cuatro tipos de usos de suelo más: espacios abiertos, cuerpos de agua (una laguna y un arroyo), coberturas urbanas y de pastoreo (Tabla 3).

3. *Na-Bolom*. Es un jardín particular que presenta un arreglo florístico de plantas de ornato y de algunos elemento arbóreos. Entre los árboles predominantes se encuentran: ciprés (*Cupressus lusitanica*), ocote (*Pinus tecunumanii*) y níspero (*Eriobotrya japonica*; Tabla 2). Para el caso de la zona de influencia de 500 m de radio, se encontró un tipo de uso de suelo a parte del espacio verde, que fue coberturas urbanas (Tabla 3).

4. *Saldivar*. Es una huerta familiar de árboles frutales como pera (*Pyrus malus*), manzana (*Malus sp*) y níspero (*Eryobotrya japonica*), así como algunas plantas de ornato (Tabla 2) y animales de traspatio. Por otro lado, con la zona de influencia de 500 m de radio, se obtuvieron otros dos tipos de usos de suelo, espacios abiertos y coberturas urbanas (Tabla 3).

5. *La Hormiga*. Es un manantial el cual presenta algunos elementos arbóreos de pinos y plantas de ornato, la mayor parte de su área está cubierta por vegetación de humedal (tular). Algunos de los elementos vegetales que presenta este lugar son: ciprés (*Cupressus lusitanica*) y fresno (*Fraxinus udhei*; Tabla 2). Mientras que, en la zona de influencia de 500 m de radio se registraron otros tres tipos de usos de suelo, espacios abiertos, coberturas urbanas y cuerpos de agua (Tabla 3).

6. *La Albarrada*. Es un centro comunitario donde se llevan a cabo actividades productivas como, cultivos de hortalizas, cuidado y crianza de animales de traspatio

(gallinas, patos y conejos) y además tiene un área destinada a la reforestación con ciprés (*Cupressus lusitanica*; Tabla 2). Mientras que, en la zona de influencia de 500 m de radio se registraron cinco tipos de usos de suelo más (Tabla 3).

7. *Los Humedales*. Es un parque recreativo con un cuerpo de agua y senderos interpretativos para recorridos turísticos. En este sitio se pueden encontrar algunos elementos de la flora nativa de humedales, como: manzanita (*Crataegus pubescens*) y herbáceas como: *Eleocharis filiculmis* y *Verbesina perymenioides*; Tabla 2). Mientras que, para la zona de influencia de 500 m de radio, se registraron todos los tipos de usos de suelo (Tabla 3).

8. *Navajuelos*. Es un manantial para la distribución y abastecimiento de agua potable para la población. En este sitio solamente se registraron dos especies de árboles: manzanita (*Crataegus pubescens*) y ciprés (*Cupressus lusitánica*; Tabla 2). En el caso de la zona de influencia de 500 m de radio se registraron cuatro tipos de usos de suelo alrededor de los espacios verdes: espacios abiertos, cuerpos de agua, coberturas urbanas y zonas de pastoreo (Tabla 3).

9. *La UNICH*. Pertenece a las instalaciones de la Universidad Intercultural de Chiapas, la cual conserva un área de bosque, que presenta especies como: manzanita (*Crataegus mexicana*), ciprés (*Cupressus lusitanica*) y fresno (*Fraxinus uhdei*; Tabla 2). En la zona de influencia de 500 m de radio se registraron dos tipos de usos de suelo presentes alrededor del espacio verdes: espacios abiertos y coberturas urbanas (Tabla 3).

10. *El Encuentro*. Es un parque de recreación particular ubicado en la periferia de la ciudad y que presenta un remanente de bosque con: pino (*Pinus teocote*), encino (*Quercus crassifolia*) y manzanita (*Crataegus mexicana*; Tabla 2). Para el caso de la zona

de influencia de 500 m de radio se registraron dos tipos de usos de suelo: espacios abiertos y cuerpos de agua (Tabla 3).

Tabla 2. Listado de especies y número de árboles registrados en los 10 sitios muestreados.

Especies/ Número del sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Cupressus lusitanica</i>	50		15	4	7	39		20	16	20
<i>Crataegus mexicana</i>	37			4					15	5
<i>Fraxinus uhdei</i>	7	6			4				10	16
<i>Calliandra grandiflora</i>	3								2	23
<i>Pinus pseudostrobus</i>	15								7	4
<i>Populus tremuloides</i>						12	10			
<i>Cornus excelsa</i>	13	2								3
<i>Ligustrum japonicum</i>	3								7	4
<i>Eriobotrya japonica</i>			6	1					5	
<i>Crataegus pubescens</i>			2				4	6		
<i>Garrya laurifolia</i>	8								4	
<i>Prunus pérsica</i>	6			1	4					
<i>Pinus tecunumanii</i>			10							
<i>Datura candida</i>			9							
<i>Taxodium mucronatum</i>		5			4					
<i>Verbesina perymenioides</i>							9			
<i>Pyrus malus</i>			1	5						
<i>Alnus acuminata</i>		4								
<i>Rhamnus capreifolia</i>			3			1				
<i>Quercus peduncularis</i>		4								
<i>Acer negundo</i>		4								
<i>Pinus oocarpa</i>		4								
<i>Malus sp</i>				3						
<i>Abies guatemalensis</i>				3						
<i>Ficus sp</i>				3						
<i>Cydonia oblonga</i>				3						
<i>Psidium guajava</i>										3
<i>Prunus serotina</i>	1	1								
<i>Eleocharis filiculmis</i>							2			
<i>Randia aculeata</i>			2							
<i>Prunus sp</i>			1							
<i>Eucalyptus sp.</i>	1									
<i>Casimiroa edulis</i>	1									
Total	145	30	52	27	19	52	25	26	66	78

Los números representa los sitios muestreados: 1. El Cerrito, 2. La Kisst, 3. Na-Bolom,

4. Saldivar, 5. La Hormiga, 6. La Albarrada, 7. Los Humedales, 8. Navajuelos, 9. La UNICH, 10. El Encuentro.

El tipo y la proporción en hectáreas de los diferentes usos de suelo registrados en los espacios verdes con las zonas de influencia para el análisis de las características de los sitios seleccionados, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Características de los 10 espacios verdes muestreados. Riqueza y abundancia de árboles, y área (ha) de los diferentes tipos de usos de suelo registrados en las dos zonas de influencia

No.	Nombre	Clasificación	Variables ambientales		Área y tipos de otros usos de suelo en las zonas de influencia de 500 m de radio					
			Riqueza de árboles	Abundancia de árboles	Espacios verdes	Espacios abiertos	Áreas de cultivo	Coberturas urbanas	Cuerpos de agua	Zonas de pastoreo
1	El Cerrito	Urbano	12	145	15.61	7.65	0	41.42	2.12	0.64
2	La Kisst	Urbano	8	27	5.25	27.18	0	20.86	1.59	3.43
3	Na-Bolom	Urbano	10	52	1.27	0	0	67.76	0	0
4	Saldivar	Urbano	9	27	0.2	3.26	0	57	0	0
5	La Hormiga	Urbano	4	19	2.58	2.35	0	65.3	0.53	0
6	La Albarrada	Urbano	3	52	20.4	10.96	1.87	26.3	0.48	1.5
7	Los Humedales	Urbano	4	25	3.19	16.93	4.39	15.59	0.74	1.19
8	Navajuelos	Urbano	2	26	0.62	16.92	0	15.72	0.74	2.01
9	La UNICH	No urbano	8	66	11.61	18.22	0	6.17	0	0
10	El Encuentro	No urbano	8	78	88.25	4.08	0	0	1.54	0

Muestreo de mamíferos pequeños

Se realizaron en total seis salidas por sitio, con una duración de tres noches por salida, resultando en 18 noches de muestreo por sitio durante seis meses consecutivos de marzo a agosto de 2013. Para la captura de roedores, el esfuerzo de muestreo se calculó multiplicando el número total de trampas utilizadas por las noches que permanecieron funcionando por sitio a lo largo del periodo de muestreo (6 meses), expresado en

trampas/noche. De esta manera, se utilizaron 100 trampas Sherman por sitio por noche, obteniendo un esfuerzo total de muestreo por sitio de 1,800 trampas/noche.

Mientras que para los murciélagos se calculó el esfuerzo de muestreo multiplicando el número de horas que una red permaneció abierta por el número de redes utilizadas (tres redes por sitio/noche), expresado en horas/red, contabilizando un esfuerzo de muestreo de 324 horas-red. Durante el trabajo de campo, se realizaron avistamientos de otros mamíferos (*Sciurus aureogaster*, *Glaucomys volans*, *Sylvilagus floridanus* y *Didelphis virginiana*), los cuales únicamente fueron considerados como registros ocasionales en este estudio.

Riqueza y abundancia de especies de roedores y murciélagos

Se registraron un total de 12 especies y 108 individuos, pertenecientes a tres familias (Muridae, Phyllostomidae y Vespertilionidae). El orden Rodentia fue el más diverso con seis especies y 66 individuos, mientras que el orden Chiroptera presentó seis especies y 42 individuos. Del orden Rodentia, *Peromyscus levipes* fue la especie con el mayor número de individuos (42 individuos) capturados durante todo el estudio, mientras que para el orden Chiroptera, la especie *Artibeus lituratus* presentó la mayor abundancia, con 18 individuos capturados (Tabla 4).

En El Cerrito se registraron tres especies de mamíferos pequeños (un roedor y dos quirópteros), la especie más abundante fue el roedor *Reithrodontomys mexicanus* con seis individuos. Para La Kisst solamente se capturó un individuo de la especie *Reithrodontomys mexicanus*. En Na-Bolom se capturaron cinco especies de mamíferos, un roedor (*Rattus rattus*) y cuatro murciélagos. *Artibeus lituratus* fue la especie más abundante con tres individuos. Para La Hormiga se registraron dos especies, un ratón y un murciélago. *Artibeus lituratus* fue la especie más abundante con 6 individuos. Por otro lado, en La

Albarrada se capturaron tres especies de mamíferos pequeños, un roedor y dos quirópteros. *Artibeus lituratus* fue la especie más abundantes con tres individuos. Para La UNICH se registraron ocho especies de mamíferos, seis roedores y dos murciélagos. *Dermanura azteca* fue la especie más abundante con 17 individuos. Finalmente en El Encuentro se capturaron cuatro especies de mamíferos pequeños, de los cuales tres fueron roedores y un murciélago. *Peromyscus levipes* fue la especie más abundante con 41 individuos (Tabla 4).

Tabla 4. Lista de especies de mamíferos pequeños terrestres y voladores, y número de individuos registrados en cada uno de los sitios muestreados en la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México (2013). El arreglo taxonómico es el propuesto por Ceballos-Arroyo-Cabrales (2012).

Orden	Especies/Número del sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Rodentia	<i>Peromyscus levipes</i>									1	41	42
	<i>Peromyscus mexicanus</i>									7	1	8
	<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	6	1							1	2	10
	<i>Sigmodon hispidus</i>									2		2
	<i>Mus musculus</i> *						1					1
	<i>Rattus rattus</i> *			1				2				
Chiroptera	<i>Artibeus lituratus</i>	5	3		6	3				1		18
	<i>Dermanura azteca</i>									17		17
	<i>Lasiurus intermedius</i>			1								1
	<i>Lasiurus cinereus</i>										1	1
	<i>Eptesicus fuscus</i>	1	2				1					4
	<i>Eptesicus brasiliensis</i>			1								1
Total		14	1	8	0	7	6	0	0	32	45	108

Los números representa los sitios muestreados: 1. El Cerrito, 2. La Kisst, 3. Na-Bolom, 4. Saldivar, 5. La Hormiga, 6. La Albarrada, 7. Los Humedales, 8. Navajuelos, 9. La UNICH y 10. El Encuentro. * Especies introducidas

Análisis de la riqueza y abundancia de roedores entre los espacios verdes urbanos y no urbanos

Para el análisis de la riqueza y abundancia de roedores entre los diferentes tipos de espacios verdes muestreados, se agruparon lo sitios en espacios verdes urbanos y no urbanos, tomando en cuenta el tipo de uso de suelo con mayor cobertura y la ubicación en la ciudad.

De esta manera, La UNICH y El Encuentro fueron espacios verdes no urbanos, mientras que los ocho restantes se agruparon como espacios verdes urbanos. El número de especies de roedores en los espacios verdes varió, siendo mayor en los espacios verdes no urbanos. Sin embargo, las especies de roedores capturadas en los espacios verdes no urbanos, fueron roedores nativos (Tabla 5). Mientras que, los roedores que se registraron en los espacios verdes urbanos, solo una fue nativa *Reithrodontomys mexicanus*. De igual manera, la abundancia entre los dos tipos de espacios verdes varió considerablemente, siendo mayor en los espacios verdes no urbanos, debido al éxito de captura de una especie. La especie más abundante (por el número de individuos registrados) en los espacios verdes urbanos fue *Peromyscus levipes*, especie que en los espacios verdes urbanos no fue registrada (Tabla 5). Sin embargo, al estimar y comparar el índice de diversidad de Shannon-Wiener de los espacios verdes urbanos ($H' = 0.859$) y los no urbanos ($H' = 0.70$), no se encontraron diferencias significativas ($t = 0.39$, $P = 0.70$).

Tabla 5. Riqueza y abundancia de roedores en espacios verdes urbanos (ocho sitios) y no urbanos (dos sitios).

Especies de roedores	Tipos de espacios verdes	
	Urbano	No urbano
<i>Peromyscus levipes</i>	0	42
<i>Peromyscus mexicanus</i>	0	8
<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	7	3
<i>Sigmodon hispidus</i>	0	2
<i>Mus musculus</i> *	1	0
<i>Rattus rattus</i> *	3	0
Total	11	55

*Especies introducidas

Análisis de la riqueza y abundancia de murciélagos entre los espacios verdes urbanos y no urbanos

Entre los espacios verdes urbanos y no urbanos, el número de especies de murciélagos capturados varió en una especie. Los dos grupos de espacios verdes tuvieron una especie en común, *Artibeus lituratus*. Por otro lado, la abundancia registrada en los dos grupos de espacios verdes no varió mucho, aunque los dos sitios presentaron una especie con mayor abundancia. La especie más abundante en los espacios verdes urbanos, fue *Artibeus lituratus* con 17 individuos, mientras que en los espacios verdes no urbanos fue *Dermanura azteca* con 17 individuos (Tabla 6). Finalmente al estimar y compara el índice de diversidad de Shannon-Wiener de los espacios verdes urbanos ($H' = 0.80$) y no urbanos ($H' = 0.40$), no se encontraron diferencias significativas ($t = 1.37$, $P = 0.17$).

Tabla 6. Riqueza y abundancia de murciélagos en espacios verdes urbanos (ocho sitios) y no urbanos (dos sitios).

Especies de murciélagos	Hábito alimenticio	Tipos de espacios verdes	
		Urbano	No urbano
<i>Artibeus lituratus</i>	Frugívoro	17	1
<i>Dermanura azteca</i>	Frugívoro	0	17
<i>Lasiurus intermedius</i>	Insectívoro	1	0
<i>Lasiurus cinereus</i>	Insectívoro	0	1
<i>Eptesicus fuscus</i>	Insectívoro	4	0
<i>Eptesicus brasiliensis</i>	Insectívoro	1	0
Total		23	19

Análisis de la riqueza y abundancia para el total de mamíferos capturados en los espacios verdes urbanos y no urbanos

Considerando el total de mamíferos capturados y registrados en los dos grupos de espacios verdes (urbanos y no urbanos), el número de especies fue similar ($n = 7$). Se registraron más especies de murciélagos en los espacios verdes urbanos ($n = 4$) que en los no urbanos ($n = 3$). Por otro lado, se registraron más especies de roedores en los espacios verdes no

urbanos ($n = 4$), que en los urbanos ($n = 3$). En cuanto a la abundancia, los espacios verdes no urbanos, presentaron mayor número de registros de mamíferos ($n = 74$ individuos), mientras que, los espacios verdes urbanos tuvieron 34 registros. Sin embargo, al estimar y comparar el índice de diversidad de Shannon-Wiener para los espacios verdes urbanos ($H' = 1.44$) y no urbanos ($H' = 1.24$), no se encontraron diferencias significativas ($t = 1.03$, $P = 0.30$).

Correlación entre las variables dependientes (riqueza y abundancia de especies) e independientes (tipos de usos de suelo y la riqueza de especies de árboles)

Para realizar las correlaciones se consideraron la abundancia y riqueza de especies de todos los mamíferos registrados en los espacios verdes muestreados, dado que no fue posible realizar las pruebas de correlación por grupo taxonómico, ya que los valores de abundancia y riqueza para los roedores y murciélagos fueron muy bajos.

Para la riqueza de especies de mamíferos, el análisis de correlación arrojó valores muy bajos de relación con respecto a las variables independientes (Tabla 7).

Tabla 7. Valores de correlación lineal de Pearson entre la riqueza de especies de mamíferos y los tipos de usos de suelo y la riqueza de especies de la vegetación.

	r	r²	t	P
Espacios abiertos	-0.088	0.007	-0.25	0.808
Espacios verdes	0.278	0.077	0.819	0.436
Zonas urbanas	-0.18	0.032	-0.517	0.618
Cuerpos de agua	-0.16	0.025	-0.458	0.658
Zonas de pastoreo	-0.446	0.199	-1.410	0.196
Riqueza de árboles	0.389	0.151	1.196	0.265

Por su parte, para la abundancia de mamíferos, el análisis de correlación lineal de Pearson mostró un grado mayor de relación entre la variable dependiente con las independientes. De esta manera, se encontró que la abundancia de mamíferos está negativamente correlacionada con las coberturas urbanas, las zonas de pastoreo y con los

espacios abiertos, pero positivamente correlacionada con los espacios verdes, la riqueza de árboles y espacios verdes. Cabe señalar que para la abundancia se observó un mayor grado de correlación entre los espacios verdes y las especies de plantas registradas en los sitios de muestreo. Este resultado se vio reflejado en el valor de “r”. Sin embargo, solamente para la correlación entre la abundancia de mamíferos y los espacios verdes, se obtuvo una $P < 0.05$, lo que muestra la magnitud de la correlación (Tabla 8).

Tabla 8. Valores de correlación lineal de Pearson entre la abundancia de mamíferos y los tipos de usos de suelo y la riqueza de especies de la vegetación.

	R	r²	t	P
Espacios abiertos	-0.174	0.030	-0.501	0.629
Espacios verdes	0.659	0.426	2.43	0.040*
Zonas urbanas	-0.491	0.241	-1.159	0.149
Cuerpos de agua	0.183	0.033	0.526	0.612
Zonas de pastoreo	-0.474	0.225	-1.526	0.165
Riqueza de árboles	0.526	0.277	1.753	0.117

*Significativo

Discusión

Los números de especies registradas en los dos grupos de espacios verdes (urbanos y no urbanos) muestran que éstos pueden albergar más del 40% del total de las especies registradas para el municipio de San Cristóbal de Las Casas. De esta manera, se refuerza el conocimiento del importante papel que tienen los espacios verdes en zonas urbanas al ser reservorios de la diversidad de fauna. Además, las diferencias en la riqueza y abundancia de especies tanto de roedores y murciélagos entre los dos tipos de espacios verdes, señalan que cada uno de estos espacios verdes tiene importancia ecológica para los dos grupos de mamíferos estudiados.

La captura de mayor número de individuos de especies de roedores nativos en los espacios verdes no urbanos puede deberse a que en ellos hay mayor disponibilidad de recursos como alimento, refugio y sitios de reproducción, debido a que forman parte de un

remanente de bosque. Por otro lado, en los espacios verdes urbanos, se registraron dos especies introducidas, el ratón doméstico (*Mus musculus*) y la rata negra (*Rattus rattus*), las cuales prefieren hábitats abiertos urbanos por sobre los hábitats naturales (Nelson *et al.* 1986). En estudios donde se ha analizado la abundancia de roedores en ciudades, se ha encontrado que el ratón doméstico y las ratas presentan mayor registro en espacios urbanos (Castillo *et al.* 2003), mientras que los roedores silvestres, son mejor representados en espacios verdes rurales (como vegetación de galería; Johnson *et al.* 2011).

Cabe señalar que en un sitio (El Cerrito) de los espacios verdes urbanos, se registró una especie de roedor nativo, *R. mexicanus*. Lo anterior concuerda con lo reportado por Godbard *et al.* (2009), quienes mencionan que los sitios que se encuentran inmersos en una matriz urbana (como el caso de El Cerrito) y que presentan cierto porcentaje cobertura vegetal o elementos arbóreos propios de la región, permiten albergar poblaciones de fauna. Las especies de roedores nativas registradas en los espacios verdes no urbanos (*Peromyscus mexicanus*, *Sigmodon hispidus* y *Reithrodontomys mexicanus*), en su mayoría son especies que toleran disturbios humanos y además generalmente son capturadas en zonas de transición (ecotonos) y en bosques perturbados, cultivos y áreas abiertas (Horváth *et al.* 2001; Cruz *et al.* 2010). Sin embargo, el roedor más abundante en los espacios verdes no urbanos fue *Peromyscus levipes*, especie que fue capturada en el interior del bosque en sitio denominado El Encuentro. Generalmente esta especie es registrada en zonas conservadas, donde encuentra disponibilidad de recursos, como lo reportan Horváth *et al.* (2001).

Para el caso de los murciélagos, no se encontraron diferencias significativas en la diversidad de murciélagos entre los espacios verdes urbanos y los no urbanos. Lo anterior puede llevar a la conclusión de que los murciélagos pueden utilizar indistintamente tanto

los espacios verdes urbanos como los no urbanos en nuestra área de estudio. Sin embargo, la composición de especies de murciélagos varió entre los dos tipos de espacios verdes, compartiendo solamente una especie. De esta manera, en los espacios verdes urbanos se registraron tres especies de murciélagos insectívoros (*Eptesicus fuscus*, *Eptesicus brasiliensis* y *Lasiurus intermedius*) y solo un frugívoro (*Artibeus lituratus*), mientras que en los espacios verdes no urbanos se capturaron dos especies frugívoras (*Artibeus lituratus* y *Dermanura azteca*) y un insectívoro (*Lasiurus cinereus*). El registro de un mayor número de especies de murciélagos insectívoros en los espacios verdes urbanos, se debe básicamente a que las especies que pertenecen a este gremio presentan mayor actividad en zonas urbanas al encontrar mayor cantidad o disponibilidad de alimento en dichas zonas. Se ha reportado que la actividad de murciélagos insectívoros es mayor en lugares donde hay presencia de lámparas y espacios abiertos (Ávila-Flores y Fenton 2005; Coleman y Barclay 2012).

Artibeus lituratus y *Dermanura azteca*, pertenecientes a la familia Phyllostomidae fueron las especies más abundantes. La primera especie fue más abundante en espacios verdes urbanos. Esta especie es frugívora y habita bosques tropicales, donde tiene sus áreas de forrajeo y sus refugios principales (Zortéa y Chiarello 1994); es muy poco frecuente capturar a esta especie en zonas urbanas templadas y sobre todo a una altitud superior a los 2,000 msnm, como fue el caso para este estudio. Sin embargo, esta especie es considerada tolerante a disturbios humanos, su dieta que incluye frutos, insectos, polen y hojas (Zortéa y Mendes 1993), le permite ocupar y utilizar una variedad de ambientes, entre ellos zonas urbanas.

De igual manera, *Dermanura azteca* es una especie que tiende a ser abundante y con una amplia distribución. Esto debido a que es una especie generalista, al utilizar una variedad de hábitats, desde cafetales hasta bosques templados (Davis 1969; Kraker-Castañeda y Pérez-Consuegra 2011). *Dermanura azteca* se encuentra asociada a bosques de niebla aunque también se ha capturado en bosques de coníferas, selva perennifolia, cultivos de plátanos y huertos de mango (Wedster y Jones 1982).

Eptesicus fuscus fue otra especie que se capturó tanto en espacios verdes urbanos y no urbanos, aunque su abundancia no fue muy grande (cuatro individuos en total). Por ser una especie estrictamente aérea de la familia Vespertilionidae, su captura en redes de niebla es muy rara (Barclay 1993). Se ha reportado comúnmente a través de detectores acústicos tanto en sitios con perturbación humana (como zonas urbanas o espacios abiertos), así como en bosques (Everette *et al.* 2001; Gehrt y Chelsvig 2004; Ávila-Flores y Fenton 2005). Sin embargo, hay autores que mencionan que esta especie tiene mayor actividad en áreas urbanas (Rodríguez-Aguilar 2013), debido a que puede utilizar una gran variedad de tipos de refugios, como grietas en rocas, cavidades de árboles y especialmente construcciones humanas (Agosta 2002). Por otro lado, hay autores que afirman que *E. fuscus* es una especie que se restringe a espacios conservados (Ávila-Flores y Fenton 2005). Los diversos resultados obtenidos en trabajos anteriores y en este estudio, sugieren que *E. fuscus* es una especie generalista y adaptable a una variedad de paisajes, y el bosque es potencialmente importante para este quiróptero (Gehrt y Chelsvig 2004).

En este estudio se obtuvieron capturas de un individuo de las especies *Lasiurus intermedius*, *Lasiurus cinereus* y *Eptesicus brasiliensis*. La primera especie fue capturada en espacios verdes urbanos, y ha sido registrada con detectores acústicos en zonas urbanas,

áreas de agricultura y en el interior del bosque en la región de Los Altos de Chiapas (Rodríguez-Aguilar 2013). Se sabe muy poco sobre esta especie, dado que no es muy fácil registrar las frecuencias de ultrasonido. Por otra parte, *Lasiurus cinereus* fue capturada en un sitio de los espacios verdes no urbanos (El Encuentro), contrario a lo reportado por Gehrt y Chelsvig (2004), quienes registraron que esta especie tiene actividad en zonas urbanas, sin embargo, Coleman y Barclay (2012) observaron que esta especie puede tener actividad tanto en áreas urbanas como en zonas conservadas. Es arriesgado predecir si el registro de esta especie en un espacio verde sea exclusivo de zonas no alteradas como El Encuentro, o quizá debido a su tipo de vuelo y hábitos alimenticios (insectívoro aéreo), no se pudo capturar en sitios urbanos, ya que es una especie con una amplia distribución tanto latitudinal como altitudinal (Shump y Shump 1982).

Para la riqueza de especies de mamíferos, el análisis de correlación arrojó valores muy bajos de relación con respecto a las variables independientes. Lo cual indica que no se encontró relación entre la variable dependiente (riqueza de especies de roedores y murciélagos) con las variables independientes (tipos de usos de suelo y riqueza de árboles). De la misma manera, para la riqueza de especies de mamíferos con los espacios abiertos, coberturas urbanas y zonas de pastoreo e incluso con los cuerpos de agua, sin embargo.

Por otro lado, al correlacionar las variables dependientes (riqueza de especies y abundancia de roedores y murciélagos), con las variables independientes (tipos de usos de suelo: espacios abiertos, espacios verdes, zonas urbanas, cuerpos de agua y zonas de pastoreo, y la riqueza de árboles), se encontró solamente una correlación positiva con los espacios verdes, espacios abiertos y con la riqueza de árboles. Resultados similares encontraron Gehrt y Chelsvig (2003), donde existen correlaciones positivas entre variables

a escala de paisaje como el uso de suelo y variables de micro-hábitat, número de lámparas y estructuras hechas por el humano. De la misma manera, Rodríguez-Aguilar (2013) encontró una relación positiva entre variables locales (número de lámparas, densidad poblacional, porcentaje de asfalto, densidad de edificios) con la actividad de murciélagos insectívoros aéreos. Sin embargo, a pesar de que no se encontraron en este estudio correlaciones significativas tanto positivas como negativas con variables independientes a escala de paisaje (tipos de usos de suelo), con la riqueza y abundancia de roedores y murciélagos, se observó una tendencia de la variable local (riqueza de árboles) que en su mayoría presentó mayor grado de relación. Lo anterior concuerda con los estudios de Gehrt y Chelsvig (2003), quienes sugieren que los efectos de las variables locales son más importantes que las variables a escala de paisaje para la actividad de los murciélagos, dado que los quirópteros al tener la capacidad de volar pueden desplazarse a través de la matriz urbana. De esta manera, los murciélagos pueden ser capaces de evadir los efectos negativos de la urbanización y explotar exitosamente otros ambientes. Caso contrario puede ocurrir con los roedores, quienes por su ámbito de distribución y su capacidad de desplazamiento relativamente corto, las variables a escala local pueden afectar sus poblaciones (Contreras y Rosi 1981; Pearson *et al.* 1987; García-Estrada *et al.* 2002; Corbalán y Ojeda 2005).

Por otro lado, al analizar los valores de riqueza y abundancia de árboles en los sitios muestreados, se encontró que los espacios verdes urbanos (El Cerrito y Na-Bolom) y no urbanos (La UNICH y El Encuentro), presentaron mayor riqueza y abundancia de especies de árboles, y fueron también las que aportaron el mayor número de especies de roedores y murciélagos. Esto debido a que, en estos sitios hay disponibilidad de recursos, tanto alimenticios como de refugio para los individuos de roedores y murciélagos.

Conclusiones

En el presente trabajo se encontró que los espacios verdes urbanos y no urbanos en el interior y periferia de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, son importantes para la fauna nativa de roedores y murciélagos. Algunos sitios como La UNICH y El Encuentro (espacios verdes no urbanos) son importantes al albergar la mayoría de las especies de roedores registradas en el área de estudio. De esta manera, el mantener áreas verdes (con vegetación típica de la región) en la periferia de un paisaje urbano, es determinante para la conservación de la fauna nativa de la región, debido a que son reservorios de la diversidad biológica.

Por otra parte, se encontró que los espacios verdes en el interior de la ciudad (como Na-Bolom, El Cerrito, La Hormiga y La Albarrada), tienen un papel fundamental para la preservación de poblaciones de roedores y murciélagos, dado que las especies de roedores y murciélagos utilizan estos espacios como sitios de descanso, de refugio y como fuentes de recursos alimenticios y de agua. De igual manera, los sitios con mayor cobertura urbana que presentan espacios verdes, ya sea con especies nativas de la región o con un arreglo florístico modificado (por ejemplo, jardines públicos y privados), son importantes al ser una opción más para especies que tienen un ámbito hogareño pequeño (como los roedores). Dichos sitios también pueden ser usados por especies de murciélagos insectívoros, ya que en zonas urbanas pueden encontrarse insectos que estén asociados a características urbanas como disponibilidad de lámparas en las calles o por las estructuras hechas por el humano las cuales pueden ser utilizadas como refugio nocturno.

Los resultados obtenidos en esta investigación servirán para resaltar la importancia de conservar los remanentes de bosques ubicados en la periferia de la ciudad de San Cristóbal de Las Casas, así como para establecer un plan de desarrollo donde se contemplen el establecimiento de más áreas verdes en el interior de la ciudad, con el propósito de proveer las condiciones apropiadas para la conservación de la fauna nativa existente y para otorgar más opciones de hábitats a especies que son sensibles a disturbios humanos. Por otro lado, es importante enfocar la atención al establecimiento de reservas estatales (reservas ecológicas) en la región, para poder contribuir a la conservación de más especies de fauna y flora nativas.

Recomendaciones

Para poder conservar la diversidad de fauna nativa de la región, principalmente de roedores y murciélagos en los espacios verdes de la ciudad de San Cristóbal, es importante generar conocimiento sobre el estado actual de las poblaciones de mamíferos a través de un monitoreo constante en los espacios verdes. Además es necesario realizar campañas de cuidado y protección de los espacios verdes que alberguen poblaciones de mamíferos nativos.

Por otro lado, para evaluar y conocer las características ambientales que determinan la presencia de especies de mamíferos en los espacios verdes en una ciudad, es importante, estudiar otro tipos de espacios verdes, como la vegetación de galería, ya que estos sitios pueden ser utilizados como rutas de desplazamiento por los mamíferos y de esta manera establecer conexión biológica con los distintos espacios verdes urbanos y los no urbanos.

Además es importante considerar medidas de establecimiento, manejo y conservación de los espacios verdes, de tal manera que presenten características biológicas

amigables para la conservación de murciélagos y roedores en San Cristóbal de Las Casas. Por ejemplo, establecer conectores con vegetación nativa entre los espacios verdes urbanos y los no urbanos, para que las poblaciones de animales nativos se preserven.

Literatura citada

- Agosta, S. J. 2002. Habitat use, diet and roost selection by the Big Brown Bat (*Eptesicus fuscus*) in North America: a case for conserving an abundant species. *Mammal Review* 32:179-198.
- Alba López, M. P., D. A. Navarrete Gutiérrez, y I. Fuentes Chávez. 1995. Fauna del municipio de San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. Serie de divulgación FAUNA DE MÉXICO, Cuaderno 1.
- Alberti, M. 2009. Advances in urban ecology. Integrating humans and ecological process in urban ecosystems. Springer, Seattle, Washington, EE.UU.
- Álvarez-Solórzano, J. 1959. Catálogo y claves de los roedores mexicanos. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Tesis de Licenciatura. México. 428 p.
- Andersson, E. 2006. Urban landscapes and sustainable cities. *Ecology and Society* 11(1):1-7.
- Arriaga Cabrera, L., J. M. Espinoza Rodríguez, C. Zúñiga, E. Martínez Romero, y E.L. Loza. 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Ávila-Flores, R., y M. B. Fenton. 2005. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape. *Journal of Mammalogy* 86(6):1193-1204.
- Aubry, A. 2008. San Cristóbal de las Casas. Su historia urbana, demográfica y

- monumental 1528-1990. Fray Bartolomé de Las Casas, México.
- Baker, P.J., P.A.A. Dodds, C.E. Webber, y S. Harris. 2003. Factors affecting the distribution of small mammals in an urban area. *Mammal Reviews* 33 (1):95–100.
- Barclay, R. M. R. 1993. The biology of Prairie bats. Pp. 352-357 in *The 3rd Prairie Conservation and Endangered Species Workshop* (Holroyd, G. L., H. L. Dickson, M. Regnier, y H. Smith, eds.), Provincial Museum of Alberta, Brandon, Manitoba.
- Brosser, A., P. Charles-Dominique, A. Cockle, J. Cosson, y D. Masson. 1996. Bat communities and deforestation in French Guiana. *Canadian Journal of Zoology* 74(1):1974-1982.
- Bustamante, R., y A. Grez. 1995. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo* 11(2):58-63.
- Cannon, A.R., D. E. Chamberlain, M. P. Toms, B. J. Hatchwell, y K. J. Gaston. 2005. Trends in the use of private gardens by wild birds in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 42:659–671.
- Castillo, E., J. Priotto, A. M. Ambrosio, M. C. Provencal, N. Pini, M. A. Morales, A. Steinmann, y J. J. Polop. 2003. Comensal and wild rodents in an urban area of Argentina. *International Biodeterioration y Biodegradation* 52(1):135-141.
- Cavia, R., G. R. Cueto, y O. V. Suárez. 2009. Changes in rodent communities according to the landscape structure in an urban ecosystem. *Landscape and Urban Planning* 90:11-19.
- Ceballos, G., y J. Arroyo-Cabrales. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología (nueva época)* 2(2):27-80.

- Chace, J. F., y J. J. Walsh. 2004. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning* 74(1):46-69.
- Champion, T. 2001. Urbanization, suburbanization, counter urbanization and reurbanization. Pp. 143-160 in *Handbook of Urban Studies* (Padison, R., ed.). London.
- Cimé-Pool, J. A., S. F. Hernández-Betancourt, R. C. Barrientos, y A. A. Castro-Luna. 2010. Diversidad de pequeños roedores en una selva baja caducifolia espinosa del noreste de Yucatán, México. *Therya* 1(1):23-40.
- Coleman, J. L., y R. M. R. Barclay. 2012. Urbanization and the abundance and diversity of prairie bats. *Urban Ecosystem* 15:87-102.
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas (CEIEG). 2012. Consultado En:
http://www.ceieg.chiapas.gob.mx/home/?page_id=9571&maccion=957
- Contreras, J. R., y M. I. Rosi. 1981. Investigaciones sociobiológicas acerca de roedores silvestres de Mendoza. *Serie Científica Año IV* 22:12-17.
- Corbalán, V. E., y R. A. Ojeda. 2005. Áreas de acción en un ensamble de roedores del desierto del Monte (Mendoza, Argentina). *Mastozoología Neotropical* 12(2):145-152.
- Cousins, S. H. 1982. Species size distributions of birds and snails in an urban area. Pp. 99-109 in *Urban Ecology* (Bornkamm, R., J. A. Lee, y M. R. D. Seaward, eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Courtney, P. A., y M. B. Fenton. 1976. The effects of a small rural garbage dump on populations of *Peromyscus leucopus* Rafinesque and other small mammals. *Journal*

- of Applied Ecology 13: 413-422.
- Cruz, E. L., C. Lorenzo, O. G. Retana, y E. C. Sántiz. 2010. Interspecific variability in the abundance of small rodents in the highlands of Chiapas, Mexico. *Therya* 1(2):129-136.
- Dana, E. D., S. Vivas, y J. F. Mota. 2002. Urban vegetation of Almeria city a contribution to urban ecology in Spain. *Landscape Urban Plan* 59:203–216.
- Davis, W.B. 1969. A review of the small fruit bats (genus *Artibeus*) of Middle America. Part I. *Southwestern Naturalist* 14:15-19.
- DeFries, R. S., T. Rudel, M. Uriarte, y M. Hansen. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. *Nature Geoscience* 3(3):178–181.
- Ellison, L., T. O’Shea, D. Neubaum, y R. Bowen. 2007. Factors influencing movement probabilities of big Brown bats (*Eptesicus fuscus*) in buildings. *Ecological Applications* 17 (2):620–627.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada, y D. Meritt Jr. 1993. Bats species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography* 16(4):309-318.
- Everette, A. L., T. J. O’Shea, L. E. Ellison, L. A. Stone, y J. L. McCance. 2001. Bat use of a high-plains urban wildlife refuge. *Wildlife Society Bulletin* 29(3):967-973.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* 34:487-515.
- Farmer, M. C., M. C. Wallace, y M. Shiroya. 2011. Bird diversity indicates ecological value in urban home prices. *Urban Ecosystems* 1:1-14.

- Fenton, M. B., y G. P. Bell. 1981. Recognition of species of insectivorous bats by their Echolocation Calls. *Journal of Mammalogy* 62:233-243.
- Fetridge, E. D., J. S. Ascher, y G. A. Langellotto. 2008. The bee fauna of residential gardens in a suburb of New York City (Hymenoptera: Apoidea). *Annals of the Entomological Society of America* 101:1067–1077.
- Fleming, T. H. 1981. Fecundity, fruiting patterns and seed dispersal in *Piper amalago* (Piperaceae), a bats dispersed tropical shrub. *Oecología* 51:42-46.
- Forman, R. T. T. 2008. Urban región. Ecology and planning beyond the city. Cambridge University Press.
- Galindo-González, J. 1998. Dispersión de semillas por murciélagos: su importancia en la conservación y regeneración del bosque tropical. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 73(1):57-74.
- Galindo-Jaimes, L., M. Martínez-Icó, M. López-Carmona, A. Camacho-Cruz, N. Ramírez-Marcial, y J. A. Santiago-Lastra. 2008. Humedales de montaña en Chiapas. Biodiversidad, Conservación y Restauración, A.C. y El Colegio de La Frontera Sur.
- Gaisler, J., J. Zukal, Z. Rehak, y M. Homolka. 1998. Habitat preference and flight activity of bats in a city. *The Zoological Society of London* 244(3):439-445.
- García-Estrada, C., M. L. Romero-Almaraz, y C. Sánchez-Hernández. 2002. Comparison of rodent communities in sites with different degrees of disturbance in deciduous forest of southeastern Morelos, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 85:153-168.
- García-García, A. 2005. La cuenca hidrológica de San Cristóbal de las Casas, Chiapas: entre la gestión local y la nacional. Pp 42-141 in *Problemas Socio-económicos y*

- Experiencias Organizativas en las Cuencas de México. IMTA, IRD (Vargas, S., y E. Mollard, eds.). Cuernavaca, Morelos, México.
- Gehrt, S., y J. Chelsvig. 2003. Bat activity in an urban landscape: Patterns at the landscape and microhabitat scale. *Ecological Applications* 13(4):939-950.
- Gehrt, S., y J. Chelsvig. 2004. Species-specific patterns of bat activity in an urban landscape. *Ecological Applications* 14(2):625-635.
- Gibson, J. D., S. L. Collins, y R. E. Good. 1988. Ecosystem fragmentation of oak-pine forest in the New Jersey pineland. *Forest Ecology and Management* 25:105-122.
- Godbard, M. A., A. J. Dougill, y T. G. Benton. 2009. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology & Evolution* 25:90–98.
- González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial, L. Galindo- Jaimes, A. Camacho-Cruz, D. Golicher, L. Cayuela, y J. M. Rey-Benayas. 2009. Tendencias y proyecciones del uso del suelo y la diversidad florística en Los Altos de Chiapas, México. *Investigación Ambiental: Ciencia y Política Pública* 1:40-53.
- González-García, A., y A. Gómez-Sal. 2008. Private urban greenspaces or “patios” as a key element in the urban ecology of tropical Central America. *Human Ecology* 36:291-300.
- González-García, A., J. Belliure, A. G. Sal, y P. Dávila. 2009. The role of urban greenspaces in fauna conservation: the case of the iguana *Ctenosaura similis* in the “patios” of León city, Nicaragua. *Biodiversity Conservation* 18:1909-1920.

- Gorresen, P. M., M. R. Willig, y R. E. Strauss. 2005. Multivariate analysis of scale-dependent associations between bats and landscape structure. *Ecological Application* 15(6):2126-2136.
- Grimm, N. B., S. Faeth H., N. E. Golubiewski, C. Redman, L. Wu J., X. Bai, y J. Briggs. 2008. Global Change and the Ecology of Cities. *Science* 319(5864):756–760.
- Hammer, Q., D. A. T. Harper, y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistic software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1):9.
- Hayes, J. P. 1997. Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation-monitoring studies. *Journal of Mammalogy* 78(2):514-524.
- Horváth, A., I. J. March, y J. D. Wolf. 2001. Rodent diversity and land use in Montebello, Chiapas, Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 36(3):169-176.
- Hourigan, C., C. Johnson, y S. Robson. 2006. The structure of a micro-bat community in relation to gradients of environmental variation in a tropical urban area. *Urban Ecosystems* 9(2):67–82.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Cuéntame. Consultado En: http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2012. México en cifras. Consultado En: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=07>.
- Johnson, J., R. Lever, y J. Storm. 2011. Small mammal community structure in urban greenways. *USC Upstate Undergraduate Research Journal* 4:19-22.
- Klingbeil, B. T., y M. R. Willig. 2009. Guild-specific responses of bats to landscape composition and configuration in fragmented Amazonian rainforest. *Journal of Applied Ecology* 1-11.

- Kraker-Castañeda, C., y G. Pérez-Consuegra. 2011. Contribución de los cafetales bajo sombra en la conservación de murciélagos en la Antigua Guatemala, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 27(2):291-303.
- Kunz, T.H. 1996. Methods of marking bats. Pp. 304-310 in *Measuring and monitoring biological diversity standard methods for mammals* (Wilson, R. Cole, N. Rudran, y Foster, eds.) Smithsonian Press.
- Kunz, T. H., y D. S. Reynolds. 2003. Bat colonies in buildings. *Information and Technology Report 2003-0003*: 91-102.
- Loram, A., P. Warren, K. Thompson, y K. Gaston. 2011. Urban domestic gardens: the effects of human interventions on garden composition. *Environmental Management* 48:808-824.
- Mahan, C. G., y T. J. O'Connell. 2005. Small mammal use of suburban and urban parks in central Pennsylvania. *Northeastern Naturalist* 12(3):307-314.
- Mason, J., C. Moorman, G. Hess, y K. Sinclair. 2007. Designing suburban greenways to provide habitat for forest-breeding birds. *Landscape and Urban Planning* 80:153-164.
- McDonnell, M. J., y S. T. A. Pickett. 1990. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. *Ecology* 71(1):1232-1237.
- McDonnell, M. J., y S. T. A. Pickett. 1993. *Humans as components of eco- systems: The ecology of subtle human effects and populated areas.* Springer-Verlag New York.
- McKinney, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience* 52(1):883-90.
- McKinney, M. L. 2008. Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals. *Urban Ecosystem* 11:161-176.

- Medellín, R. A., H. Arita, y O. Sánchez. 1997. Identificación de los murciélagos de México, clave de campo. 1ª edición, Publicaciones Especiales, Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C., México.
- Medellín, R. A., M. Equihua, y M. A. Amin. 2000. Bat diversity and abundance as indicators of disturbance in neotropical rainforest. *Conservation Biology* 14(1):1666-1675.
- Mera Ovando, L. M. 1984. Regionalización de la Subregión San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Tesis de Licenciatura en Biología. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.
- Miller, J. R., y R. J. Hobbs. 2002. Conservation where people live and work. *Conservation Biology* 16: 330–337.
- Moreno, C. E., y G. Halffter. 2001. Spatial and temporal analysis of α , β and γ diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation* 10:367-382.
- Morzillo, A. T., y A. G. Mertig. 2010. Urban resident attitudes toward rodents, rodent control products, and environmental effects. *Urban Ecosystems* 14:243-260.
- Naciones Unidas. 2012. World urbanization prospects: The 2009 Revision. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs. New York.
- Naranjo, E., y E. Espinoza. 2001. Los mamíferos de la reserva ecológica Huitepec, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 5(1):58-67.
- Nelson, B. C., M. B. Madon, y A. Tilzer. 1986. The complexities at the interface among domestic wild rodents, fleas, pets and man in urban plague ecology in Los Angeles, country, California. *Vertebrate Pest Conference Proceedings Collection* 1:88-96.

- O'Farrell, M. J., B. Miller, y W. L. Gannon. 1999. Qualitative identification of free-flying bats using the anabat detector. *Journal of Mammalogy* 89(1):11-23.
- Pearson, O. P., S. Martin, y J. Bella. 1987. Demography and reproduction of the silky desert mouse (*Eligmodontia*) in Argentina. *Fieldiana Zoology* 23:433-446.
- Pickett, S. T. A., M. L. Cadenasso, J. M. Grove, C. H. Nikon, E. V. Pouyat, W. C. Zipperer, y B. Constanza. 2001. Urban ecological systems. Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32:127-157.
- Quintana-Ascencio, P. F., y M. González-Espinosa. 1993. Afinidad fitogeográfica y papel sucesional de la flora leñosa de los bosques de Pino-Encino de los Altos de Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 21:46-57.
- Ramírez-Marcial, N., A. Camacho-Cruz, M. Martínez-Icó, A. Luna-Gómez, D. Golicher, y M. González-Espinosa. 2010. Árboles y arbustos de los bosques de montaña en Chiapas. El Colegio de La Frontera Sur, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo-Cabrales, y A. Castro-Campillo. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 21(1):21-82.
- Rebele, F. 1994. Urban ecology and special features of urban ecosystems. *Global Ecology Biogeography* 4:173-187.
- Reid, A. F. 1997. A field guide to the mammals of central and southeast Mexico. Oxford University Press, New York.

- Riem, G. J., R. B. Blair, D. N. Pennington, y N. G. Solomon. 2012. Estimating mammalian species diversity across an urban gradient. *The American Midland Naturalist* 168(2):315-332.
- Rodríguez-Aguilar, G. 2013. Efecto de la urbanización sobre el ensamble de murciélagos insectívoros aéreos en Los Altos de Chiapas, México. Tesis de Maestría. 66 p.
- Romero-Almaraz, M. L., C. Sánchez-Hernández, C. García-Estrada, y R. D. Owen. 2007. Mamíferos pequeños. Manual de técnicas de captura, preparación, preservación y estudio. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Rydell, J. 1992. Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Functional Ecology* 6(6):744-750.
- Rydell, J., A. Entwistle, y P. Racey. 1996. Timing of foraging flights of three species of bats in relation to insect activity and predation risk. *Oikos* 76(2):243-252.
- Rydell, J., H. T. Arita, M. Santos, y J. Granados. 2002. Acoustic identification of insectivorous bats (Order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. *Journal of Zoology* 257: 27-36.
- Saldaña-Vázquez, R. A., V. J. Sosa, J. R. Hernández-Montero, y F. López-Barrera. 2010. Abundance responses of frugivorous bats (Stenodermatinae) to coffee cultivation and selective logging practices in mountainous central Veracruz, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 19:2111-2124.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs, y C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5:18-32.

- Sauvajot, R. M., M. Buechner, y C. M. Schonewald. 1998. Patterns of human disturbance and response by small mammals and birds in chaparral near urban development. *Urban Ecosystems* 2:279-297.
- Shump, K. A. Jr., y A. U. Shump. 1982. *Lasiurus cinereus*. *Mammalian species* 185:1-5.
- Smith, R. M., K. J. Gaston, P. H. Warren, y K. Thompson. 2006. Urban domestic gardens (IX): composition and richness of the vascular plant flora, and implications for native biodiversity. *Biological Conservation* 129:312–322.
- Suarez, A. V., D. T. Bolger, y T. J. Case. 1998. Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in coastal southern California. *Ecology* 79(6):2041-2056.
- Sukopp, H., y P. Werner. 1982. Nature in cities: A report and review of studies and experiments concerning ecology, wildlife and nature conservation in urban and suburban areas. strasbourg (France): Council of Europe. Nature and Environment Series 28.
- United Nations (UN). 2010. World Population Prospects: The 2010 Revision and World Urbanization Prospects: The 2011 Revision. Consultado En: <http://esa.un.org/unpd/wup/unup/p2k0data.asp>
- Vásquez, L. 2010. La agricultura urbana como elemento promotor de la sustentabilidad urbana. Situación actual y potencial en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Tesis de Maestría. 164 p.
- Vitousek, P. M., H. A. Mooney, J. Lubchenco, y J. M. Melillo. 1997. Human domination of the Earth's ecosystems. *Science* 277: 494–499.
- Wedster, Wm. D., y J. K. Jones, Jr. 1982. *Artibeus aztecus*. *Mammalian species* 177:1-3.
- Wilcove, D. V., C. H. McLellan, y A. P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the

- temperate zone. Pp. 237-256 in Conservation Biology The Science of Scarcity and Diversity (Soulé, M.E., ed.). Sunderland, Massachusetts.
- Wu, J. 2008. Toward a landscape ecology of cities: beyond buildings, trees, and urban forests. Pp. 10-28 in Ecology, planning, and management of urban forests international perspectives (Margaret C. J., J. Wu, y Y. C. Song, eds.). New York.
- Zortéa, M., y A. G. Chiarello. 1994. Observations on the big fruit-eating bat, *Artibeus lituratus* in an urban reserve of south-east Brazil. Mammalia 58: 665-670.
- Zortéa, M., y S. L. Mendes. 1993. Folivory in the Big Fruit-eating Bat, *Artibeus lituratus* (Chiroptera: Phyllostomidae) in eastern Brazil. Journal of Tropical Ecology 9:117-120.