



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Ciencias Biológicas

La comunidad de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biosfera
Sierra Gorda y su relación con la heterogeneidad y perturbación ambiental

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de
Maestría en Ciencias Biológicas

Presenta:

Valeria Georgina Agoitia Fonseca

Dirigido por:

Dr. Carlos Alberto López González

Dr. Carlos Alberto López González
Presidente


Firma


Dr. Helí Coronel Arellano
Secretario


Firma

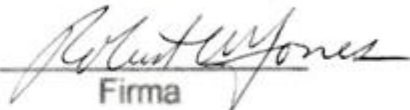
Dr. Rubén Pineda López
Vocal


Firma

Dr. Jaime Manuel Calderón Patrón
Suplente


Firma

Dr. Robert Wallace Jones
Suplente


Firma

Dra. Margarita Teresa de Jesús García
Gasca
Directora de la Facultad

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

RESUMEN

La comunidad biológica se ha definido como un conjunto de especies cuyas características individuales les permite vivir en un hábitat específico. Por lo que es necesario documentar las especies de una comunidad, ya que con esta información es posible identificar áreas de alta diversidad, facilitando la planeación para su conservación. Uno de los factores que determinan la distribución y presencia de las comunidades de mamíferos es la heterogeneidad ambiental. Este estudio compara la riqueza y estructura de las comunidades de mamíferos medianos y grandes en cinco sitios de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (RBSG); así como la relación entre la riqueza y diez variables físicas, de heterogeneidad del paisaje y humanas. Con cámaras trampa se registraron 21 especies de mamíferos silvestres medianos y grandes, siendo el orden Carnivora el más diverso. Se realizó un adecuado esfuerzo de muestreo ya que se documentó más del 98% de la riqueza esperada acorde al estimador de diversidad Chao 2. Por medio de curvas de rango abundancia se encontró una baja equidad entre comunidades. La composición entre sitios se comparó mediante un análisis de similitud y se encontró que en general son disimiles, ya que comparten alrededor del 40% de especies. Con un análisis de correlación de Pearson y modelos de regresiones lineales, se determinó que la riqueza de mamíferos se encuentra relacionada con el área del sitio y la riqueza relativa del paisaje. Además, la heterogeneidad ambiental es una variable explicativa importante para la riqueza de especies.

(Palabras clave: mamíferos medianos y grandes, Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, heterogeneidad ambiental)

SUMMARY

The biological community is defined as a group of species whose individual characteristics enables them to live in a specific habitat. By documenting the species of an area, it is possible to identify the areas with the greatest biodiversity, making easier the planning for its conservation. One of the environmental factors capable of affecting the distribution and presence of mammal communities is the environmental heterogeneity, which can be natural or a result of human impact. This study seeks to analyze the structure of the medium and large mammalian community in five sites along the Sierra Gorda Biosphere Reserve (SGBR). A sampling with camera traps was carried out in the years 2014 and 2015, taking into account only the species with a weight greater than 1000 grams. The richness was obtained by direct counting of the species. Independent records were obtained to calculate the relative abundance of each species and the result was multiplied by the logarithm base 10 to elaborate rank-abundance curves and compare the evenness between communities. The completeness of the sampling was determined by comparing the observed and the expected richness resulting from the Chao 2 estimator. The composition between sites was compared by a similarity analysis using the Jaccard index. The habitat of the five sites was characterized based on three kinds of variables: physical, landscape heterogeneity and anthropogenic. The relationship of the variables with mammalian richness was determined with a Pearson correlation analysis and linear regression models. A total of 21 species of medium and large sized mammals were recorded. The sites presented a different evenness between them and a sampling completeness greater than 98%. The mammalian richness is significantly related to the site area and the relative richness of the landscape. It is concluded that the communities of medium and large mammals of the monitored sites of the SGBR are different. Besides, the results show that the environmental heterogeneity is an important explanatory variable for species richness.

(Key words: mammals, Sierra Gorda Biosphere Reserve, environmental heterogeneity)

A mis padres y mi hermano Joel, que sin su apoyo no hubiera podido concluir con esta etapa de mi vida y que continúan apoyándome.

A Asdrubal, gracias por ayudarme y apoyarme siempre que lo necesité.

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT, por el apoyo económico por medio de una beca para el estudio de mi maestría en esta Institución.

A la CONANP por los PROCER de 2014 (Monitoreo de Felinos y Disponibilidad de presas silvestres dentro de la RB Sierra Gorda, Querétaro) y 2015 (Programa de Conservación de Felinos y Manejo de Hábitat en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda).

A la Universidad Autónoma de Querétaro, por permitirme llevar a cabo mis estudios de maestría.

Al Dr. Carlos A. López González por el apoyo brindado incondicionalmente durante todo el proceso de elaboración de esta tesis, así como por los consejos, regaños y principalmente por su paciencia.

Al Dr. Helí Coronel Arellano por la paciencia que tuvo durante toda la elaboración de mi tesis, así como sus palabras de consuelo, comprensión y tranquilidad en todo momento.

Al Dr. Rubén Pineda López, Dr. Jaime Calderón Patrón y Dr. Robert Jones por los comentarios, gracias a los cuales mi tesis fue enriquecida, así como mi formación profesional.

A la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda y al personal de esta que participó en la gestión de los permisos de acceso y en la ayuda logística.

A los propietarios de los sitios de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda donde se hizo el estudio por permitir que ingresáramos a sus tierras y trabajar con la fauna presente.

A Miguel, Eugenia, Daniel, Sara, Asdrubal, Krisly, Fer y todos los que ayudaron a la obtención de los datos.

A Gaby y Eugenia por ayudar a llevar y traer todos los papeles necesarios para el proceso de titulación.

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	9
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GENERAL:	12
2.2 OBJETIVO PARTICULAR:	12
3. METODOLOGIA.....	13
3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	13
3.2 COLECTA DE DATOS.....	15
3.3 ANÁLISIS DE DATOS.	16
4. RESULTADOS	18
5. DISCUSIÓN	27
6. CONCLUSIONES	31
7. REFERENCIAS	31

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 1 Cinco sitios de monitoreo con trampas cámara para la detección de la comunidad de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, Querétaro. 15

Figura 2 Curvas de rango-abundancia de mamíferos medianos y grandes en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda. Donde, Bas: *Bassariscus astutus*; Cla: *Canis latrans*; Cle: *Conepatus leuconotus*; Dno: *Dasyopus novemcinctus*; Dvi: *Didelphis virginiana*; Eba: *Eira Barbara*; Lpa: *Leopardus pardalis*; Lwi: *Leopardus wiedii*; Lru: *Lynx rufus*; Mte: *Mazama temama*; Mma: *Mephitis macroura*; Mfr: *Mustela frenata*; Nna: *Nasua narica*; Ovi: *Odocoileus virginianus*; Pon: *Panthera onca*; Pta: *Pecari tajacu*; Plo: *Procyon lotor*; San: *Spilogale angustifrons*; Sfl: *Sylvilagus floridanus*; Uci: *Urocyon cinereoargenteus*. 22

Figura 3 Análisis de similitud de la composición de mamíferos terrestres medianos y grandes en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda utilizando el índice de Jaccard. Peñ: Peñamiller; Pin: Pinal; AS1: Arroyo Seco 1; AS2: Arroyo Seco 2; Jal: Jalpan..... 24

Figura 4 Modelo lineal. Riqueza relativa del paisaje y riqueza de mamíferos en los cinco sitios de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (Peñ: Peñamiller; Pin: Pinal; AS1: Arroyo Seco 1; AS2: Arroyo Seco 2; Jal: Jalpan). Se obtuvo un valor de $R^2=0.929$ y de $p=0.008$ 26

Figura 5 Modelo lineal. Área (km²) y riqueza de mamíferos en los cinco sitios de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (Peñ: Peñamiller; Pin: Pinal; AS1: Arroyo Seco 1; AS2: Arroyo Seco 2; Jal: Jalpan). Se obtuvo un valor de $R^2=0.865$ y de $p=0.022$ 27

Cuadro 1 Elevación promedio y porcentaje de los tipos de vegetación en los sitios monitoreados de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. BE: bosque de encino; Pz: pastizal; BEP: bosque de encino-pino; SBC: selva baja caducifolia; BP: bosque

de pino; BPE: bosque de pino-encino; MS: matorral submontano; MC: matorral crasicaule; SM: selva mediana; A: agricultura. Fuente: INEGI (2013a).....	15
Cuadro 2 Variables utilizadas para caracterizar cinco sitios de monitoreo en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Querétaro.....	18
Cuadro 3 Número de cámaras trampa y esfuerzo de muestreo en cinco sitios de monitoreo en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda	19
Cuadro 4 Número de registros fotográficos (número total de fotografías) de fauna (aves y mamíferos) obtenidos por medio de trampas cámara en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda	19
Cuadro 5 Especies de mamíferos medianos y grandes detectadas con cámaras trampa en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Categoría de riesgo basada en la Lista Roja de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2016) y la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT, 2010). Donde: (LC) Preocupación menor, (DD) Datos deficientes, (NT) Casi amenazada, (P) En peligro de extinción. Sitios: Peñamiller (1), Pinal (2), Arroyo Seco 1 (3), Arroyo Seco 2 (4), Jalpan (5)	20
Cuadro 6 Abundancia relativa de mamíferos medianos y grandes en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda.....	21
Cuadro 7 Completitud de muestreo, coeficiente de variación (CV) y riqueza estimada de mamíferos en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.....	23
Cuadro 8 Valores de las variables físicas, heterogeneidad del paisaje y antropogénicas para los cinco sitios monitoreados en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.....	25
Cuadro 9 Matriz de correlación entre las variables físicas, de heterogeneidad del paisaje y de perturbación y la riqueza de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.....	25

1. INTRODUCCIÓN

Una comunidad biológica se ha definido como un conjunto de especies cuyas características individuales les permite vivir en un hábitat o rangos geográficos específicos (Gleason, 1926). Para poder caracterizar a una comunidad es necesario conocer su estructura, definida por su riqueza (número de especies, abundancia de especies y composición (e.g., identidad de las especies: Cruz-Lara et al., 2004; Álvarez et al., 2006a; Domínguez-Castellanos y Ceballos, 2011; Morin, 2011). La abundancia e identidad permiten identificar las especies que determinan las diferencias o similitudes entre las distintas comunidades, conocer la potencial importancia ecológica y dominancia de las especies; además proporciona evidencias indirectas de la disponibilidad de recursos alimenticios, ya que debido a que los recursos de una comunidad no son infinitos, la especie más abundante es la más exitosa (Magurran, 2004; Álvarez et al., 2006a; Morin, 2011).

Al documentar las especies registradas en una zona, es posible identificar áreas con biodiversidad alta, facilitando la planeación para su conservación, dado que una gran variedad de organismos se encuentran en peligro de extinción como consecuencia de diferentes actividades humanas (Dirzo y Raven, 1994; Bezaury-Creel et al., 2009; Magurran y McGill, 2011). Asimismo, se puede proponer un mejor uso de los recursos, conocer su papel en el funcionamiento del ecosistema, e incluso generar productos con los mismos.

La composición y riqueza de especies ayudan a obtener una aproximación del estado de conservación de las comunidades de diversos grupos biológicos (e.g. Mares et al., 1986; Chiarello, 1999; Lomolino y Perault, 2000; Cruz-Lara et al., 2004; Gutiérrez-González, 2008; Ahumada et al., 2011; Zamora-Bárcenas, 2013; Coronel-Arellano et al., 2016). También, se ha determinado que diferentes factores ambientales, como el tipo de hábitat, heterogeneidad del hábitat, calidad y nivel de conservación, afectan la distribución y presencia de las comunidades de mamíferos (August, 1983; Kerr y Packer, 1997; Fox y Fox, 2000; Lomolino y Perault, 2000; Ceballos y Ehrlich, 2002; Hernández-García, 2007).

La heterogeneidad ambiental promueve la diversidad de especies al incrementar gradientes ambientales y tipos de hábitat, aumentando a su vez el espacio de nicho disponible y permitiendo la coexistencia de más especies (August, 1983; Kerr y Packer, 1997; Fox y Fox, 2000; Stein et al., 2014). Esta heterogeneidad ambiental puede generarse de manera natural o debido al impacto humano a través de diversas actividades, tales como la introducción de fauna exótica (e.g. ganado bovino, caprino y equino, gatos y perros domésticos), presencia humana y desarrollo de caminos y carreteras (Vaughan et al., 2015). Sin embargo, el manejo humano a largo plazo puede causar un efecto contrario, es decir, homogeneidad ambiental y de especies (Foley et al., 2005; Tjitrosoedirdjo, 2005; Tisdell, 2011).

El pastoreo de ganado genera diversos costos ecológicos, entre los que destacan la pérdida de biodiversidad, cambios en la organización de la comunidad, cambios en la estructura del hábitat y disponibilidad de presas de carnívoros grandes (Fleischner, 1994; Kinnaird y O'Brien, 2012). Esto último debido a que se ha observado que pueden competir e incluso excluir a herbívoros silvestres (Prins, 2000; Madhusudan, 2004). En el caso de gatos y perros domésticos, estos son capaces de depredar fauna silvestre y competir con los depredadores naturales del sistema (May y Norton, 1996; Clout y Russell, 2007).

Se ha determinado que existe una correlación negativa entre el incremento de la densidad poblacional humana con la riqueza y abundancia de especies localmente (Vázquez y Gaston, 2006; Pautasso, 2007). Mientras que la presencia de caminos y carreteras causa pérdida, fragmentación y degradación del hábitat; así como un incremento en la mortalidad de fauna silvestre por colisiones con vehículos, fragmentación de poblaciones de flora y fauna, modificación del comportamiento de los animales y facilitan la dispersión de especies ferales (Coffin, 2007; van der Ree et al., 2011). Incluso los caminos con poco tráfico, al hacer posible el acceso humano, ocasionan densidades reducidas de animales por una mayor presión de cacería (Coffin, 2007). A pesar de los

efectos negativos que el impacto humano puede llegar a causar, se debe de estudiar el nivel de perturbación ya que puede llegar a ser favorable para la riqueza de especies (Fox, 1979; Blair, 1996).

Este impacto ha impulsado la creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP), con la finalidad de conservar la biodiversidad de los ecosistemas que no hayan sido modificados de manera esencial. Además, al establecerse una ANP se regula que el aprovechamiento de recursos sea sustentable, preservando la flora y fauna del sistema, al mismo tiempo que se permite la investigación y estudio de los ecosistemas para generar un mayor conocimiento (CONANP, 2014). Las bases legales que sustentan a las ANP en México están establecidas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente, la cual en su artículo 46 define las categorías de manejo de las ANP como: reserva de la biosfera, parque nacional, monumento natural, área de protección de recursos naturales, área de protección de flora y fauna, santuario y áreas destinadas voluntariamente a la conservación; y en su conjunto abarcan 9.85% de la superficie terrestre de México (Bezaury-Creel et al., 2009).

Las ANPs proporcionan servicios ambientales imprescindibles para el bienestar tanto de la población que vive dentro de las ANP, como de los centros urbanos cercanos a ellas. Algunos de estos servicios son: provisión de agua, captura y almacenamiento de carbono, regulación del clima, reducción de la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, y la posibilidad de desarrollar actividades productivas (CONANP, 2014).

De manera particular, las reservas de la biosfera son áreas representativas, de uno o más ecosistemas, no alterados por actividades humanas o que requieren ser preservados y restaurados, en las cuales habitan especies que representan la biodiversidad nacional, incluyendo las que se consideran endémicas, amenazadas o en peligro de extinción (Bezaury-Creel et al., 2009). La Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (RBSG) en el estado de Querétaro es la séptima en tamaño dentro de las ANP federales en México, incluyendo las

marítimas, y es considerada como la más diversa en ecosistemas. Su relevancia es tan grande a nivel internacional que en 2003 se incluye en la Red Mundial de Reservas de la Biosfera del Programa el Hombre y la Biosfera (MaB) de la UNESCO (CONANP, 2016).

La RBSG es una de las ANP con mayor biodiversidad en especies de flora, fauna y macromicetos del país. Gracias a su diversidad de microclimas y a su orografía única se encuentran especies endémicas convirtiéndola en un sitio prioritario de conservación. La diversidad faunística de vertebrados encontrada en la reserva se encuentra integrada por 111 especies de mamíferos, 333 de aves, 97 de reptiles, 34 de anfibios y 27 de peces. La gran riqueza de mamíferos se ve reflejada en la presencia de las seis especies de felinos que encuentran en México: jaguar, tigrillo, ocelote, puma, lince y onza (Carabias-Lillo et al., 1999; CONANP, 2016). A pesar de la todos los aspectos que caracterizan la importancia biológica de la reserva se han realizado pocos estudios sobre las comunidades de mamíferos presentes en la región (e.g. Gillingwater y Patrikeev, 2000; Monteagudo-Sabaté y León-Paniagua, 2002; Pineda-López et al., 2010; Anaya-Zamora et al., 2017).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Analizar la estructura de la comunidad de mamíferos medianos y grandes en cinco sitios de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.

2.2 Objetivos Particulares:

Comparar la riqueza y diversidad de las comunidades de mamíferos de cinco sitios de monitoreo.

Evaluar la relación entre la riqueza de mamíferos medianos y grandes con la heterogeneidad ambiental.

3. METODOLOGÍA

3.1 Área de estudio

La Sierra Gorda (SG) se localiza en la Sierra Madre Oriental y presenta el relieve más abrupto del estado de Querétaro, lo cual proporciona una gran variedad de climas: semicálido-subhúmedo en la parte central de la SG; seco y semiseco semicálidos en el suroeste; y templados subhúmedos al noroeste y oeste (INEGI, 1986). La diversidad climática anterior permite la presencia de diferentes comunidades vegetales, que a su vez albergan distintas poblaciones de fauna silvestre (INEGI, 1986; Carabias-Lillo *et al.*, 1999). La SG está formada por un relieve de origen sedimentario, conformado por sierras altas con elevaciones mayores a los 3,000 msnm y con cañones amplios y profundos surcados por los ríos Santa María, Extóraz y Moctezuma. Además, está ubicada en la zona de transición de las regiones Neártica y Neotropical (Carabias-Lillo *et al.*, 1999).

La Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (RBSG) se encuentra en el norte del estado de Querétaro y cuenta con una extensión de 383,567 hectáreas (Figura 1). La RBSG se encuentra zonificada en 11 zonas núcleo (24,803 hectáreas) y una zona de amortiguamiento de 358,764 hectáreas. El polígono de la RBSG incluye por completo los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra y Landa de Matamoros, el 88.03% de Pinal de Amoles y el 69.7% de Peñamiller. Dentro de la reserva habitan más de 93,000 habitantes en 638 localidades (Carabias-Lillo *et al.*, 1999).

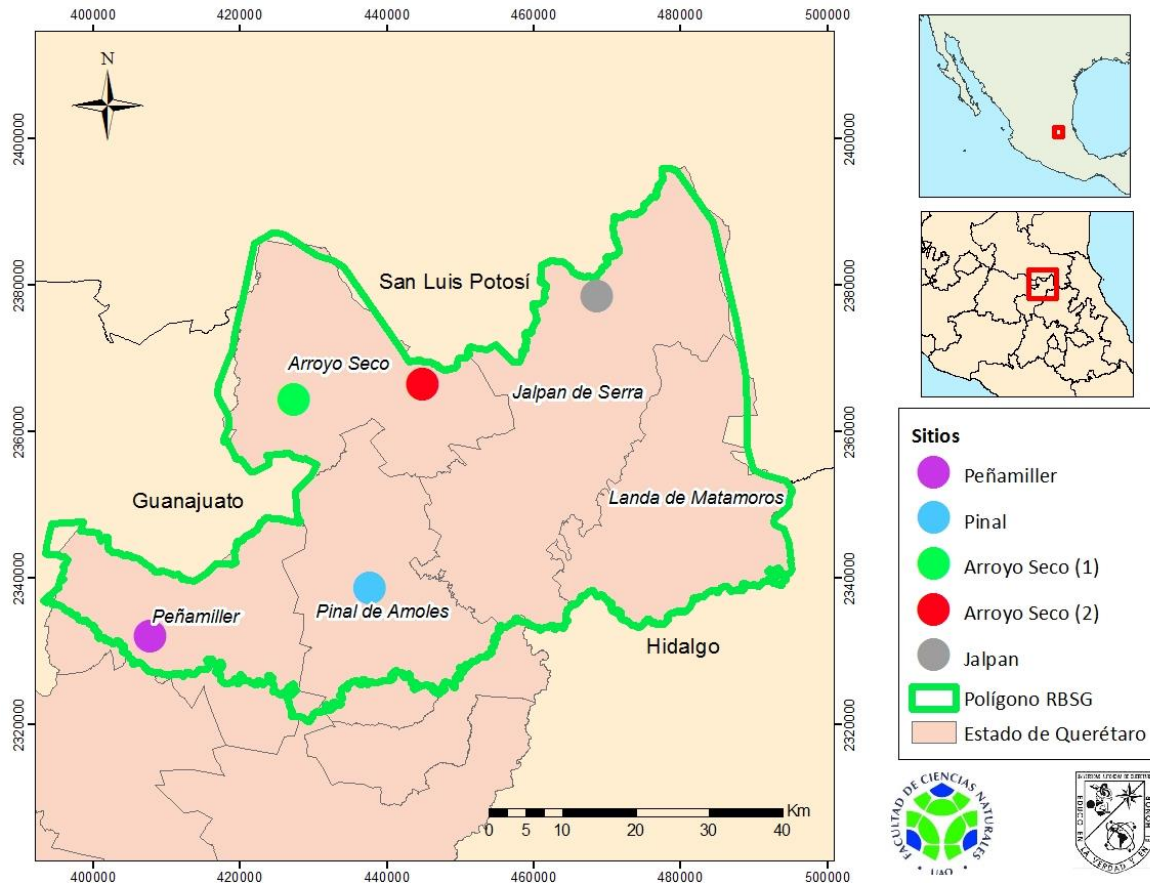


Figura 1. Cinco sitios de muestreo de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, Querétaro.

La RBSG cuenta con diferentes paisajes: el semidesierto en Peñamiller con altitudes que van de los 1,300 a 1,700 msnm; el macizo montañoso de Pinal de Amoles que se eleva a más de 3,000 msnm y está compuesto por bosques de coníferas, encinos, mixtos de pino-encino y fragmentos de bosque mesófilo; bosque tropical caducifolio en los valles; y finalmente, cerca del límite con el estado de San Luis Potosí, bosques de coníferas, bosques mixtos y bosque mesófilo de montaña, junto con un fragmento de selva mediana. La presencia de esta gran variedad de tipos de vegetación, sitúan a la RBSG como la reserva de la biósfera con mayor importancia vegetal del país (Carabias-Lillo *et al.*, 1999).

Dentro de la RBSG se muestrearon cinco sitios o localidades en cuatro municipios: dos en el municipio de Arroyo Seco, uno en Peñamiller, otro en Jalpan

de Serra, y uno en Pinal de Amoles (Figura 1). El régimen de tenencia de la tierra en los sitios es principalmente ejidal.

El sitio de muestreo con mayor heterogeneidad ambiental es el que se encuentra en Pinal de Amoles con nueve tipos de vegetación y una gran variación altitudinal, sin embargo, el que parece estar más conservado (debido a la ausencia de vegetación secundaria) es el sitio de Peñamiller (Cuadro 1). El porcentaje de cada tipo de vegetación en cada sitio se calculó mediante la proporción de cámaras por tipo de vegetación dividido entre el número total de cámaras, y el resultado se multiplicó por 100.

Cuadro 1. Elevación promedio y porcentaje de los tipos de vegetación en los sitios monitoreados de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. BE: bosque de encino; Pz: pastizal; BEP: bosque de encino-pino; SBC: selva baja caducifolia; BP: bosque de pino; BPE: bosque de pino-encino; MS: matorral submontano; MC: matorral crasicaule; SM: selva mediana; A: agricultura. Fuente: INEGI (2013a).

Sitios	Elevación (m)	BE (%)	Pz (%)	BEP (%)	SBC (%)	BP (%)	BPE (%)	MS (%)	MC (%)	SM (%)	A (%)
Peñamiller	1707.160±139.849	-	-	-	-	-	-	58.62	41.38	-	-
Pinal	2169.417±509.85	7.41	7.41	25.93	-	11.11	37.04	-	-	-	3.7
Arroyo Seco (1)	1680.562±257.938	16.67	20	46.67	16.67	-	-	-	-	-	-
Arroyo Seco (2)	1078.680±266.278	60.71	7.14	-	32.14	-	-	-	-	-	-
Jalpan	1006.931±335.178	79.41	-	-	2.94	-	-	-	-	17.65	-

3.2 Colecta de datos

El muestreo en el sitio de Pinal de Amoles se realizó en 2014, mientras que los muestreos en el resto de los sitios en el año 2015. Se utilizaron cámaras trampa para la detección de mamíferos medianos y grandes, debido a que son una herramienta efectiva en la obtención de datos de manera no invasiva de especies crípticas, que se distribuyen en densidades bajas y con un ámbito hogareño amplio (Karanth *et al.*, 2004; Azlan y Sharma, 2006; Chávez *et al.*, 2013). En cada sitio se colocaron de 27 a 34 estaciones de muestreo con una cámara trampa Wildview X5IR® o Wildview X8IR® (Wildview, Grand Prairie, USA).

En cada estación se registró la posición geográfica (coordenadas UTM) y altitud. Las cámaras permanecieron activas por un mínimo de 30 días en cada sitio.

Las cámaras fueron fijadas a árboles a una altura entre 50–100 cm y orientadas en dirección S-N para evitar que fueran activadas por la luz del sol (Si *et al.*, 2014; Swan *et al.*, 2014). Además, se colocaron en veredas para capturar el mayor número posible de especies (Fonseca *et al.*, 2005). Todas las cámaras fueron programadas para operar de manera continua (24 horas al día), en intervalos de un minuto, tomando tres fotografías al ser activadas. La fecha y hora fueron registradas en cada fotografía en formato militar. Como atrayentes de las estaciones se utilizó una imitación de la loción para caballero “Obsession” de Calvin Klein frente a cada cámara (3–5 m), debido a su eficiencia para atraer una gran variedad de especies de mamíferos (González-Maya *et al.*, 2012), o en su defecto, una mezcla de sardinas y esencia de vainilla. Las estaciones de foto trapeo tuvieron una separación aproximada de un kilómetro entre sí (Kelly, 2008; Tobler *et al.*, 2008) en la medida que el sitio lo permitía.

3.3 Análisis de datos

Una vez que se obtuvieron los registros fotográficos, para cada fotografía se capturó la siguiente información en una base de datos: sitio, coordenadas geográficas, altitud, especie, número de individuos, sexo (de ser posible su identificación), día, mes, año y hora en que se tomó la fotografía. Las especies de mamíferos se identificaron con base en Reid (2006) y Gutiérrez-García *et al.* (2007). Se obtuvo la riqueza específica mediante el conteo directo de especies.

El esfuerzo de muestreo de cada sitio se obtuvo sumando el total de días (un día = 24 horas) que estuvo operando cada cámara en cada uno de los sitios. El resultado de cada sitio se sumó para obtener un esfuerzo de muestreo total del estudio. Posteriormente, se aplicó un intervalo de 24 horas entre fotografías de la misma especie para asegurar que los registros fueran independientes (Tobler *et al.*, 2008; Porfirio *et al.*, 2014). Una vez que se obtuvieron los registros

independientes, se sumaron los registros de cada especie y se dividieron entre el total de registros independientes del total de especies para obtener su abundancia relativa. El resultado obtenido se multiplicó por el logaritmo base 10 para elaborar curvas de rango abundancia y comparar la equidad entre comunidades (Murray *et al.*, 1999).

La completitud del muestreo se determinó comparando la riqueza observada de especies con la riqueza esperada de un estimador de riqueza. En este análisis se utilizó el estimador Chao 2 ya que se ha demostrado que es eficaz cuando se tienen datos de ocupación, (i.e., presencia-ausencia: Álvarez *et al.*, 2006b; Gotelli y Colwell, 2011). Para calcular la completitud del muestreo sólo se incluyeron registros de mamíferos silvestres y con un peso corporal mayor a 1000 gramos; debido a que el monitoreo con trampas cámara está diseñado para detectar especies medianas y grandes, e individuos de peso corporal pequeño no son identificados de manera fiable (López-Cepeda, 2010; Chávez *et al.*, 2013). Los registros independientes se organizaron en matrices de presencia-ausencia para obtener el total de días en que se detectó cada especie. El estimador se calculó con el programa SpadeR (Chao *et al.*, 2015), y se generaron 1,000 iteraciones.

La composición entre sitios, se comparó mediante un análisis de para expresar el grado de semejanza entre comunidades (Álvarez *et al.*, 2006b). El índice utilizado fue el de Jaccard, ya que expresa el grado en el que dos o más muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, y está basado en datos de presencia y ausencia de especies (Magurran, 1988; Álvarez *et al.*, 2006b; Jost *et al.*, 2011). Este análisis se elaboró con el programa Past® (Hammer *et al.*, 2001).

Para caracterizar la variabilidad ambiental de los cinco sitios de estudio se calculó un buffer de un kilómetro de las estaciones de muestreo (trampas cámara): se utilizó la herramienta Buffer del programa ArcMap 10.1, se generó un polígono del área de muestreo de cada uno de los sitios. A continuación, se obtuvo el valor

de tres variables: físicas, heterogeneidad del paisaje y antropogénicas para cada sitio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Variables utilizadas para caracterizar cinco sitios de monitoreo en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda, Querétaro.

Tipo de variable	Variable	Origen	Fuente
Física	Área	Herramienta Calculate Geometry en ArcMap 10.1	NA
	Altitud promedio	Continuo Nacional de Elevaciones. Resolución 30 m.	INEGI, 2013b
	Temperatura promedio	BIO ₁ : Temperatura Promedio Anual. WORLDCLIM versión 1.4.	Hijmans <i>et al.</i> , 2005
	Precipitación anual	BIO ₁₂ : Precipitación Anual. WORLDCLIM versión 1.4.	Hijmans <i>et al.</i> , 2005
Heterogeneidad del paisaje	Riqueza relativa	$R = \frac{S}{S_{max}}$	Turner, 1989
	Uniformidad relativa	$E = \frac{H_2(j)}{H_2(max)}$ $H_2 = - \ln \sum_{i=1}^S (Pk)^2$	Turner, 1989
	Diversidad	$H = - \sum_{k=1}^S (Pk) \ln(Pk)$	Turner, 1989
Antropogénica	Proporción de fauna doméstica	Registros fotográficos (número de fotografías de fauna doméstica dividido entre el total de registros de fauna).	NA
	Densidad poblacional	Localidades de la República Mexicana. Escala: 1:250000	INEGI, 2010
	Densidad de caminos y carreteras	Red Nacional de Caminos	INEGI, 2015

S: número de tipos de hábitats terrestres; S_{max} : máximo posible de tipos de hábitat; H_2 : Índice de dominancia de Simpson modificado para el paisaje j ; $H_{2(max)}$: valor máximo de H_2 para los S tipos de la comunidad; Pk : proporción del área total del paisaje cubierta por el hábitat k .

Finalmente, se realizó un análisis de correlación de Pearson con el programa Past® (Hammer *et al.*, 2001), con la finalidad de determinar la relación entre variables y riqueza de mamíferos medianos y grandes. Adicionalmente, se efectuaron regresiones lineales simples entre el número de especies de mamíferos y las variables cuya correlación fuera significativa ($P < 0.05$).

4. RESULTADOS

El esfuerzo de muestreo en los sitios fue de 5,696 días-cámara, con un promedio entre sitios de $1,139.20 \pm 110.54$ días-cámara (Cuadro 3). El sitio con mayor esfuerzo de muestreo fue Pinal, mientras que el menor esfuerzo se realizó en Peñamiller (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de cámaras trampa y esfuerzo de muestreo en cinco sitios de monitoreo en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.

Sitio	No. de cámaras trampa	Esfuerzo de muestreo (días-trampa)
Peñamiller	29	1,019
Pinal	27	1,317
Arroyo Seco (1)	30	1,143
Arroyo Seco (2)	28	1,087
Jalpan	34	1,130

Se obtuvo un total de 14,513 registros fotográficos de aves, mamíferos silvestres, y fauna doméstica. El mayor número de registros fotográficos de fauna, se obtuvo en Peñamiller y el menor en Arroyo Seco 1 (Cuadro 4). Esta misma relación se encuentra al tomar en cuenta únicamente los registros de fauna silvestre. Por otro lado, se obtuvieron más registros de fauna doméstica en Arroyo Seco 2, mientras que el otro sitio de ese municipio fue el que registró una menor cantidad de fotografías.

Cuadro 4. Número de registros fotográficos (número total de fotografías) de fauna (aves y mamíferos) obtenidos por medio de trampas cámara en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.

Sitios	Fotografías		Total
	Fauna silvestre	Fauna doméstica*	
Peñamiller	2864	2509	5373
Pinal	1266	1256	2522
Arroyo Seco (1)	805	121	926
Arroyo Seco (2)	966	3690	4656
Jalpan	842	194	1036

*Ganado bovino, caprino, porcino, equino, gatos y perros.

En total, se registraron 21 especies de mamíferos silvestres de talla mediana y grande (Cuadro 5), agrupados en cinco órdenes, 10 familias y 20 géneros, siendo el orden Carnivora el que registró una mayor cantidad de especies (n = 15). El sitio con una mayor riqueza fue el de Pinal (n = 16), mientras que el menor número de especies se registró en Peñamiller (n = 9) (Cuadro 5). Del total de especies registradas, cuatro se encuentran en una categoría de riesgo de la Norma Oficial Mexicana (NOM-059: SEMARNAT, 2010) y tres dentro de una categoría de riesgo de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2016: Cuadro 5).

Cuadro 5. Especies de mamíferos medianos y grandes detectadas con cámaras trampa en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. Categoría de riesgo basada en la Lista Roja de la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2016) y la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT, 2010). Dónde: (LC) Preocupación menor, (DD) Datos deficientes, (NT) Casi amenazada, (P) En peligro de extinción. Sitios: Peñamiller (1), Pinal (2), Arroyo Seco 1 (3), Arroyo Seco 2 (4), Jalpan (5).

Orden	Familia	Especie	Nombre común	IUCN	NOM-059	1	2	3	4	5
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis virginiana</i> (Kerr, 1792)	Tlacuache	LC		X	X	X	X	X
Carnivora	Canidae	<i>Canis latrans</i> (Say, 1823)	Coyote	LC		X		X		
		<i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Schreber, 1775)	Zorrita gris	LC		X	X	X	X	X
	Mephitidae	<i>Conepatus leuconotus</i> (Lichtenstein, 1832)	Zorrillo	LC		X	X	X	X	
		<i>Mephitis macroura</i> (Lichtenstein, 1832)	Zorrillo	LC		X	X	X	X	
		<i>Spilogale angustifrons</i> (Howell, 1902)	Zorrillo manchado	LC		X	X			
	Mustelidae	<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	Cabeza de viejo o tayra	LC	P		X			
		<i>Mustela frenata</i> (Lichtenstein, 1831)	Comadreja	LC				X		
	Procyonidae	<i>Bassariscus astutus</i> (Lichtenstein, 1830)	Cacomixtle o pintorrabo	LC			X	X		
		<i>Nasua narica</i> (Linnaeus, 1766)	Coatí o tejón	LC				X	X	X
		<i>Procyon lotor</i> (Linnaeus, 1758)	Mapache	LC			X	X		X
Felidae	<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Ocelote	LC	P		X		X	X	
	<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821)	Tigrillo	NT	P		X	X		X	

		<i>Lynx rufus</i> (Schreber, 1777)	Lince	LC		X		
		<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	Jaguar o tigre	NT	P			X
		<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Puma o león	LC		X	X	X
Artiodactyla	Cervidae	<i>Mazama temama</i> (Kerr, 1792)	Temazate	DD				X
		<i>Odocoileus virginianus</i> (Zimmermann, 1780)	Venado cola blanca	LC		X	X	X
	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	Jabalí de collar o pecarí	LC			X	X
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasyopus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Armadillo	LC		X	X	
Lagomorpha	Leporidae	<i>Sylvilagus floridanus</i> (J. A. Allen, 1890)	Conejo	LC		X	X	X

La especie con mayor abundancia relativa en todos los sitios fue la zorrilla gris, mientras que las especies con la menor abundancia fueron el cabeza de viejo, la comadreja y el zorrillo manchado (Cuadro 6).

Cuadro 6. Abundancia relativa de mamíferos medianos y grandes en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda.

Especie	Sitios				
	Peñamiller	Pinal	Arroyo Seco 1	Arroyo Seco 2	Jalpan
<i>Bassariscus astutus</i>	0.145	0.065	-	-	-
<i>Canis latrans</i>	0.104	-	0.011	-	-
<i>Conepatus leuconotus</i>	0.05	0.017	0.021	0.05	-
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	-	0.031	0.016	-	-
<i>Didelphis virginiana</i>	0.006	0.085	0.176	0.144	0.146
<i>Eira barbara</i>	-	0.003	-	-	-
<i>Leopardus pardalis</i>	-	0.007	-	0.029	0.049
<i>Leopardus wiedii</i>	-	0.024	0.027	-	0.02
<i>Lynx rufus</i>	-	0.014	-	-	-
<i>Mazama temama</i>	-	-	-	-	0.005
<i>Mephitis macroura</i>	0.03	0.051	0.032	0.05	-
<i>Mustela frenata</i>	-	0.003	-	-	-
<i>Nasua narica</i>	-	-	0.011	0.022	0.205
<i>Odocoileus virginianus</i>	-	0.232	0.101	0.129	0.171
<i>Panthera onca</i>	-	-	-	-	0.049
<i>Pecari tajacu</i>	-	-	0.181	0.007	-
<i>Procyon lotor</i>	0.012	0.034	-	-	0.005

<i>Puma concolor</i>	-	0.038	-	0.065	0.059
<i>Spilogale angustifrons</i>	0.012	0.003	-	-	-
<i>Sylvilagus floridanus</i>	0.059	0.014	0.011	0.165	0.063
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	0.583	0.382	0.415	0.338	0.229

Se puede observar que los sitios presentan una equidad distinta entre sí (Figura 2), ya que aunque comparten especies, éstas no tienen la misma abundancia entre ellos.

La localidad de Peñamiller se caracteriza por poseer una composición de especies de tamaño corporal mediano, siendo la zorra gris la especie dominante y el tlacuache la especie rara dentro de la comunidad (figura 2). También, Peñamiller se caracteriza por la ausencia de especies de peso corporal grande (>20 kg) y presencia de dos mesocarnívoros (i.e., *U. cinereoargenteus*, *C. latrans*), seis omnívoros (i.e., *B. astutus*, *C. leuconotus*, *M. macroura*, *P. lotor*, *S. angustifrons*, *D. virginiana*); cabe señalar la presencia de dos especies con alta abundancia y de ambientes templados (i.e., *B. astutus*, *S. floridanus*), siendo que esta comunidad se caracteriza por la presencia exclusiva de matorrales (Figura 2).

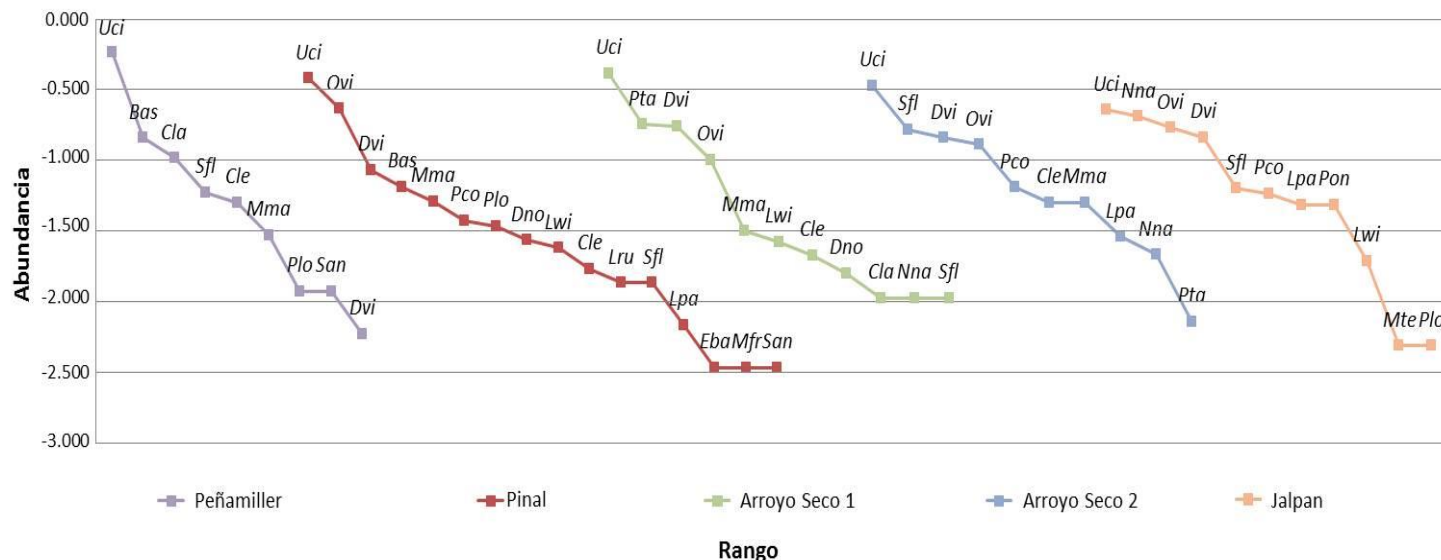


Figura 2. Curvas de rango-abundancia de mamíferos medianos y grandes en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda. Donde, *Bas*: *Bassariscus astutus*; *Cla*: *Canis latrans*; *Cle*: *Conepatus leuconotus*; *Dno*: *Dasyopus novemcinctus*; *Dvi*: *Didelphis virginiana*; *Eba*:

Eira Barbara; *Lpa*: *Leopardus pardalis*; *Lwi*: *Leopardus wiedii*; *Lru*: *Lynx rufus*; *Mte*: *Mazama temama*; *Mma*: *Mephitis macroura*; *Mfr*: *Mustela frenata*; *Nna*: *Nasua narica*; *Ovi*: *Odocoileus virginianus*; *Pon*: *Panthera onca*; *Pta*: *Pecari tajacu*; *Plo*: *Procyon lotor*; *San*: *Spilogale vittata*; *Sfl*: *Sylvilagus floridanus*; *Uci*: *Urocyon cinereoargenteus*.

Al comparar la riqueza observada de mamíferos medianos y grandes de los cinco sitios contra el estimado de riqueza (Chao 2), se observó que la completitud de muestreo de todos los sitios es mayor a 98%, destacando los sitios de Peñamiller y Arroyo Seco 1, ya que alcanzan el 100% de completitud (Cuadro 7). Sin embargo en algunos sitios (e.g., Pinal y Jalpan) es probable detectar un mayor número de especies (e.g., *Sylvilagus audubonii*, *Taxidea taxus*, *Galictis vittata*, etc.). Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) de todos los sitios es bastante alto, siendo el sitio con el valor más elevado el de Pinal ($n = 1.14$), lo que denota la presencia de un alto grado de heterogeneidad de las probabilidades de incidencia entre las especies (Cuadro 7).

Cuadro 7. Completitud de muestreo, coeficiente de variación (CV) y riqueza estimada de mamíferos en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.

Sitios	Especies observadas	Completitud de muestreo	CV	Chao 2
Peñamiller	9	100%	0.72	9
Pinal	16	98.50%	1.14	20.5
Arroyo Seco 1	11	100%	0.99	11
Arroyo Seco 2	10	99.10%	0.76	10
Jalpan	11	99.30%	0.71	11.5

De las 21 especies de mamíferos silvestres registradas, tres especies se detectaron en los cinco sitios (*Didelphis virginiana*, *Urocyon cinereoargenteus* y *Sylvilagus floridanus*). Al comparar la composición de las comunidades, se observó que los dos sitios de Arroyo Seco son los más similares entre sí (0.62) ya que tienen ocho especies compartidas (i.e., *Pecari tajacu*, *Nasua narica*, *Odocoileus virginianus*, *U. cinereoargenteus*, *S. floridanus*, *D. virginiana* y dos especies de zorrillos) y cinco especies distintas (i.e., *Canis latrans*, *Leopardus wiedii*, *Dasyopus novemcinctus*, *Puma concolor* y *Leopardus pardalis*) entre los dos sitios.

Los sitios Peñamiller y Pinal (0.47), comparten ocho especies de mamíferos (i.e., *U. cinereoargenteus*, *S. floridanus*, *D. virginiana*, las tres especies de zorrillo, *Bassariscus astutus* y *Procyon lotor*), sin embargo, en este caso presentan nueve especies distintas (i.e., *C. latrans*, *L. wiedii*, *D. novemcinctus*, *O. virginianus*, *P. concolor*, *L. pardalis*, *Mustela frenata*, *Lynx rufus* y *Eira barbara*; las últimas tres siendo únicas del sitio de Pinal) entre estos sitios. El sitio más disímil es Jalpan (0.47), esto se debe a la presencia de especies que no se encuentran en ningún otro sitio, como lo son *Panthera onca* y *Mazama temama* (Figura 3).

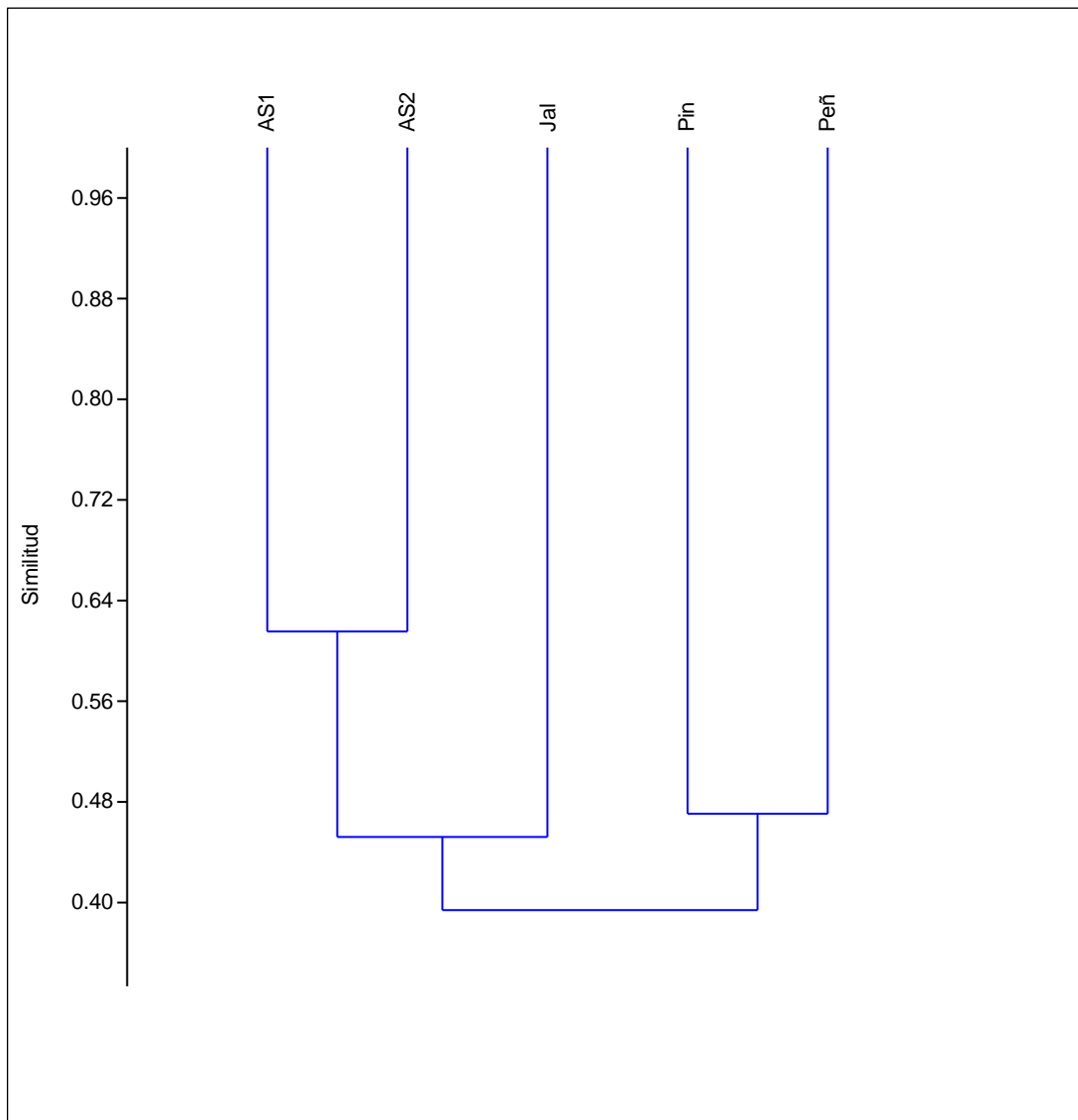


Figura 3. Análisis de similitud de la composición de mamíferos terrestres medianos y grandes en cinco sitios de monitoreo de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda utilizando el índice de Jaccard. Peñ: Peñamiller; Pin: Pinal; AS1: Arroyo Seco 1; AS2: Arroyo Seco 2; Jal: Jalpan.

Al llevar a cabo la caracterización del hábitat se observó que el sitio que presenta algunos de los valores más altos es el de Pinal (Cuadro 8). Por su parte, el sitio de Jalpan presentó la mayor productividad ya que los valores de temperatura y precipitación mostrados en este sitio son los más altos (Gómez y Gallopín, 1991), además de que tiene algunos de los valores más bajos de antropización (Cuadro 8). Asimismo, resalta el hecho de que el sitio de Arroyo Seco 1, es el único que carece de caminos y carreteras (Cuadro 8).

Cuadro 8. Valores de las variables físicas, heterogeneidad del paisaje y antropogénicas para los cinco sitios monitoreados en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.

Variable	Peñamiller	Pinal	Arroyo Seco 1	Arroyo Seco 2	Jalpan
Área (km²)	41.133	75.962	40.916	45.428	55.752
Altitud promedio (msnm)	1707.160	2169.417	1680.562	1078.680	1006.931
Temperatura promedio (°C)	19.54	16.98	19.31	21.56	21.75
Precipitación anual (mm)	448.39	834.1	720.87	851.35	1343.06
Riqueza relativa del paisaje	0.222	0.666	0.444	0.333	0.333
Uniformidad relativa del paisaje	0.298	0.705	0.540	0.373	0.292
Diversidad del paisaje	0.674	1.498	1.281	0.899	0.759
Proporción de fauna doméstica	0.467	0.498	0.131	0.793	0.187
Densidad poblacional	22.366	21.195	0.220	2.289	0.072
Densidad de caminos y carreteras	0.956	1.578	0	0.505	0.078
RIQUEZA DE MAMÍFEROS	9	16	11	10	11

La riqueza de mamíferos se encuentra mayormente relacionada con el área del sitio (A) y la riqueza relativa del paisaje (RR) (Cuadro 9). Estas dos variables, al igual que la riqueza de mamíferos poseen una distribución normal.

Cuadro 9. Matriz de correlación entre las variables físicas, de heterogeneidad del paisaje y de perturbación y la riqueza de mamíferos medianos y grandes en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda.

	A	AP	TP	PA	RR	UR	D	PFD	DP	DC	R
A	0	0.453	0.334	0.530	0.100	0.250	0.303	0.901	0.533	0.242	0.022*
AP	0.445	0	0.001	0.314	0.240	0.125	0.194	0.922	0.151	0.172	0.255
TP	-0.553	-0.990	0	0.428	0.150	0.074	0.131	0.931	0.187	0.159	0.160
PA	0.378	-0.571	0.466	0	0.835	0.818	0.914	0.647	0.293	0.509	0.732
RR	0.805	0.645	-0.743	0.130	0	0.011	0.013	0.931	0.751	0.414	0.008*
UR	0.634	0.773	-0.841	-0.143	0.956	0	0.001	0.964	0.658	0.395	0.056
D	0.582	0.693	-0.766	-0.067	0.950	0.988	0	0.869	0.840	0.550	0.076
PFD	0.078	-0.061	0.054	-0.281	-0.054	-0.028	-0.103	0	0.622	0.387	0.970
DP	0.376	0.742	-0.702	-0.592	0.197	0.272	0.126	0.301	0	0.036	0.593
DC	0.643	0.718	-0.733	-0.396	0.479	0.497	0.361	0.504	0.902	0	0.289
R	0.930	0.629	-0.732	0.212	0.964	0.869	0.838	-0.023	0.326	0.596	0

A: Área; AP: Altitud promedio; TP: Temperatura promedio; PA: Precipitación anual; RR: Riqueza relativa; UR: Uniformidad relativa; D: Diversidad; PFD: Proporción de fauna doméstica; DP: Densidad poblacional; DC: Densidad de caminos; R: Riqueza de mamíferos medianos y grandes.

*Correlaciones significativas a $P < 0.05$.

El modelo lineal obtenido de la relación entre la riqueza de mamíferos y la riqueza relativa del paisaje registró una relación significativa ($R^2 = 0.93$ y $P = 0.008$) (Figura 4).

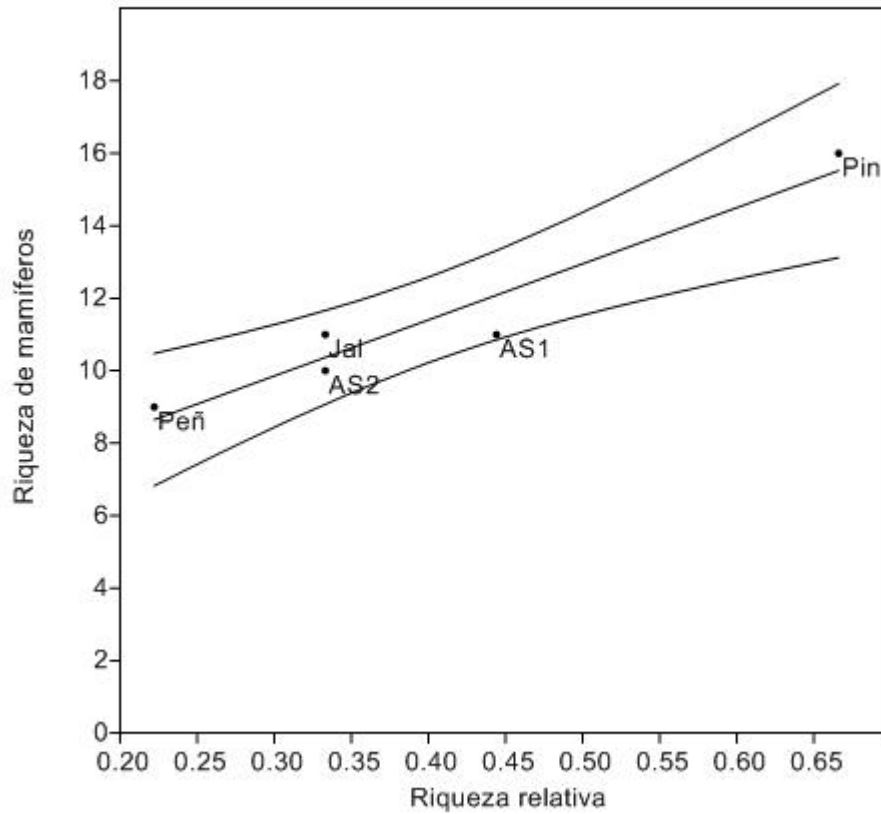


Figura 4. Modelo lineal. Riqueza relativa del paisaje y riqueza de mamíferos en los cinco sitios de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (Peñ: Peñamiller; Pin: Pinal; AS1: Arroyo Seco 1; AS2: Arroyo Seco 2; Jal: Jalpan). Se obtuvo un valor de $R^2=0.929$ y de $p=0.008$.

Por su parte, el modelo lineal derivado de la relación entre la riqueza de mamíferos y el área del sitio mostró una relación significativa ($R^2 = 0.87$ y $P = 0.02$) (Figura 5).

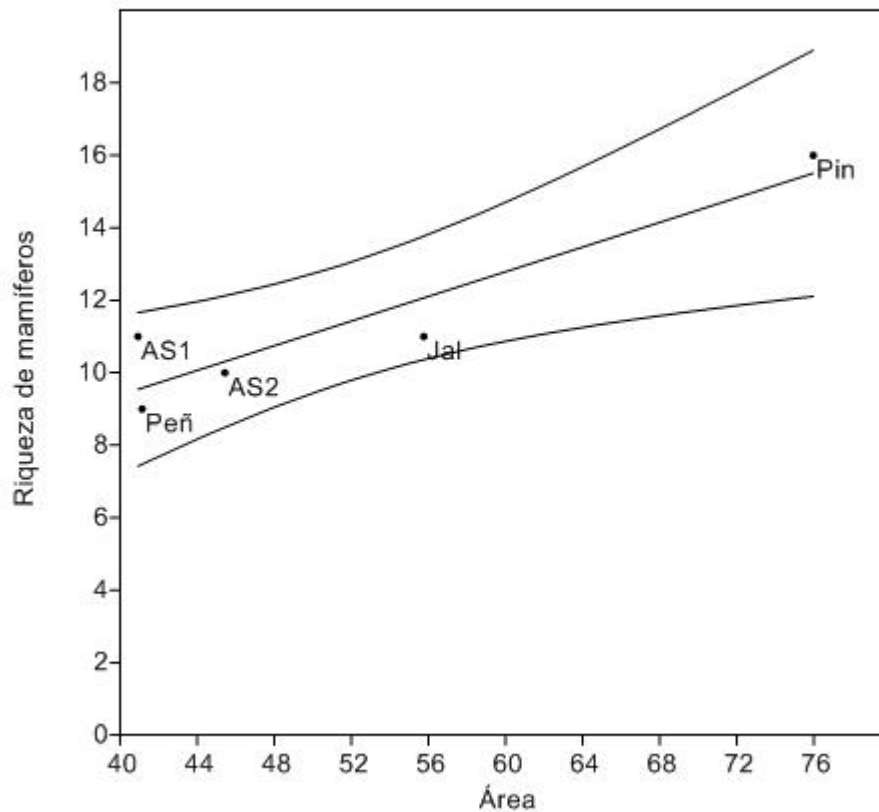


Figura 5. Modelo lineal. Área (km²) y riqueza de mamíferos en los cinco sitios de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (Peñ: Peñamiller; Pin: Pinal; AS1: Arroyo Seco 1; AS2: Arroyo Seco 2; Jal: Jalpan). Se obtuvo un valor de $R^2=0.865$ y de $p=0.022$.

5. DISCUSIÓN

Dado que en todos los sitios de muestreo se superaron los 1000 días-trampa (Cuadro 3), se cumple el supuesto de Carbone y colaboradores (2001) que dice que se requiere un mínimo de 1000 días-trampa para asegurar el registro de especies raras, por lo que se supondría que no deberían faltar especies por registrar. Sin embargo, para el área de estudio existen 23, 18 y 26 especies de mamíferos medianos y grandes de acuerdo a los estudios de Hall (1981), Ceballos y Oliva (2005) y Gutiérrez-García y colaboradores (2007), respectivamente. Como se documentaron 21 especies, registramos el 91.30%, 100% y 80.76% de las

especies reportadas por cada uno de estos autores, correspondientemente. Acorde a las distribuciones de Hall (1981) las especies que no se detectaron fueron *Sylvilagus audubonii*, *Lepus californicus* y *Lepus callotis*, sin embargo en este estudio se registró ocelote y tigrillo, especies cuya distribución no se encuentra documentada en ese momento para la región. En el caso de Ceballos y Oliva (2005), detectamos armadillo, ocelote, tigrillo, jaguar, cabeza de viejo y coatí, especies que no tienen registradas en el área de estudio, no obstante faltó el registro de *Taxidea taxus*, así como las especies de lagomorfos mencionadas por Hall (1981). De manera particular, la Guía de Mamíferos del Estado de Querétaro (Gutiérrez-García *et al.*, 2007) indica que faltó detectar *Puma yagouarondi*, *Taxidea taxus*, *Galictis vittata*, *Agouti paca* y *Sylvilagus audubonii*. Cabe destacar que se cuenta con registros de *Puma yagouarondi* y *Agouti paca* para la región estudiada, no obstante esos registros no forman parte de las bases de datos utilizadas en este estudio. La falta de registro de las especies antes mencionadas fue debido a que el tipo de hábitat en el que se encuentran no fue adecuadamente muestreado, la probabilidad de detección de las cámaras trampa es baja a causa de sus hábitos de forrajeo y descanso, o son especies cuyas densidades poblacionales son naturalmente bajas, lo que dificulta su detección.

No fue posible detectar a *Lepus californicus* ya que esta especie se encuentra en pastizales y hábitats poco rugosos (Best, 1996), y los sitios muestreados no presentan el hábitat adecuado. De manera similar, *Lepus callotis* es una especie de liebre que únicamente está presente en pastizales de altura y en planicies con pastizales abiertos (Best y Henry, 1993). En el caso de *Sylvilagus audubonii*, aún cuando es una especie presente en una amplia diversidad de hábitats, abarcando desde bosques, desiertos y pastizales, no fue posible detectar esta especie de conejo porque suele estar en áreas abiertas y de baja altitud (Chapman y Willner, 1978).

Por otro lado, *Taxidea taxus* no se detectó porque el hábitat en el que se encuentra la especie no se muestreó de manera suficiente, ya que su ambiente

idóneo está conformado por zonas abiertas y con poca cobertura de sotobosque (Long, 1973). Finalmente, la especie *Galictis vittata* está considerada como poco común y rara, de tal forma que incluso pocas veces se observa en campo (Yensen y Tarifa, 2003), lo que hace que la probabilidad de detección sea baja.

Por su parte las curvas de rango-abundancia muestran que las especies generalistas, resilientes y ampliamente distribuidas, se encuentran entre las más abundantes (e.g.: zorrilla gris, tlacuache y venado cola blanca). Además, se observa que los carnívoros son las especies predominantes en las comunidades de todos los sitios, mientras que los mamíferos no carnívoros solamente presentan abundancias relativas medianamente altas. Por otro lado, el sitio de Peñamiller, presenta el menor número de especies de presas potenciales en su comunidad ($n = 2$). En el caso de Pinal, se puede observar que es el sitio que presenta una mayor equidad entre las especies (Murray *et al.*, 1999). Cabe destacar, que aunque el sitio de Arroyo Seco 1 presenta valores bajos de antropización (Cuadro 8), no tiene especies de carnívoros grandes (e.g. *Puma concolor*), sin embargo es la única comunidad que presenta un número casi equitativo de especies de presas potenciales ($n = 5$) y de especies de carnívoros ($n = 6$).

Por otro lado, si se sigue el criterio de similitud de Sánchez y López (1988) cuando se observa el análisis de la composición de los sitios, se podría determinar que existe un grado bajo de similitud entre ellos, denotando que son distintos entre sí. Además, el cladograma muestra que los sitios se están agrupando en regiones, donde los sitios de Pinal y Peñamiller representan la región templada, mientras que Arroyo Seco 1, Arroyo Seco 2 y Jalpan conforman la región tropical (CONABIO, 1999).

La relación significativa encontrada entre la riqueza relativa del paisaje y la riqueza de mamíferos cumple con el objetivo del estudio y permite confirmar que una alta heterogeneidad del paisaje se corresponde con una elevada riqueza específica (Priego *et al.*, 2004). Esto se debe a que áreas ambientalmente heterogéneas y complejas son capaces de proporcionar refugio de condiciones

ambientales adversas y periodos de cambio climático, promoviendo la persistencia de las especies (Stein *et al.*, 2014), tanto a escala local como regional y continental (van Rensburg *et al.*, 2002).

Aún cuando las variables climáticas (temperatura promedio y precipitación anual) no tuvieron una relación significativa con la riqueza, el clima afecta indirectamente la riqueza de especies a través de sus efectos en la vegetación (e.g. crecimiento por precipitación, temperatura, etc.) (Stein *et al.*, 2014). Las variables climáticas podrían tomarse como una aproximación de la productividad primaria de los ecosistemas, de tal forma que los ecosistemas más productivos deberían ser capaces de mantener a una mayor cantidad de especies (Waide *et al.*, 1999), sin embargo a pesar de que Pinal no es el sitio más productivo, es el que tiene el mayor número de especies de mamíferos medianos y grandes.

En el caso de las variables de impacto humano es probable que no hayan estado correlacionadas con la riqueza de mamíferos debido a que los mamíferos en México tienen una alta resiliencia a las actividades humanas a escala regional (Vázquez y Gaston, 2006). Además, en el caso particular de la Sierra Gorda, debido a que el proceso de colonización se dio de manera intermitente, así como al hecho de que históricamente no ha sido una región de fácil acceso (Galaviz de Capdevielle, 1971), el impacto humano ha sido poco y reciente.

El sitio de Pinal tuvo la mayor riqueza probablemente gracias a su topografía, ya que se ha observado que las regiones de hábitat escarpado en áreas relativamente pequeñas tienen una gran heterogeneidad, promoviendo la rotación espacial de las especies en diferentes condiciones (August, 1983; Stein *et al.*, 2014). Además, al ser el sitio con mayor área muestreada se cumple el supuesto de que a mayor área, existe una mayor riqueza (Chiarello, 1999). Por esto mismo, es probable que la relación entre la riqueza de mamíferos y el área muestreada haya sido significativa, sin embargo esta es una variable artificial dada por el muestreo.

6. CONCLUSIONES

Se puede concluir que las comunidades de mamíferos medianos y grandes de los cinco sitios monitoreados de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda son distintas, aún cuando forman parte de una misma región. Asimismo, se podría decir que las comunidades de mamíferos se encuentran en un buen estado de conservación ya que fue posible detectar a las especies raras.

Además, los resultados muestran que la variable de riqueza relativa del paisaje, como aproximación de la heterogeneidad, funciona como una buena herramienta que permite la caracterización de los sitios dado que hubo una relación estrecha entre los valores de esta variable y la riqueza de mamíferos terrestres medianos y grandes. Por lo tanto, se concluye que la heterogeneidad ambiental es una variable explicativa importante para la riqueza de especies.

7. REFERENCIAS

- Ahumada, J.A., C.E.F. Silva, K. Gajapersad, C. Hallam, J. Hurtado, E. Martin, A. McWilliam, B. Mugerwa, T. O'Brien, F. Rovero, D. Sheil, W.R. Spironello, N. Winarni y S.J. Andelman. (2011). Community structure and diversity of tropical forest mammals: data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 366: 2703-2711. doi: 10.1098/rstb.2011.0115.
- Álvarez, M., S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña y H. Villarreal. (2006a). Capítulo 5. Aves. *En*: M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña y H. Villarreal. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 235 pp.
- Álvarez, M., S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña y H. Villarreal. (2006b). Capítulo 7. Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. *En*: M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast,

- H. Mendoza, M. Ospina, A.M. Umaña y H. Villarreal. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 235 pp.
- Anaya-Zamora, V., C.A. López-González y R.F. Pineda-López. (2017). Factores asociados en el conflicto humano-carnívoro en un área natural protegida del centro de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 4(11): 381-393.
- August, P.V. (1983). The Role of Habitat Complexity and Heterogeneity in Structuring Tropical Mammal Communities. *Ecology*. 64(6): 1495-1507.
- Azlan, J.M. y D.S.K. Sharma. (2006). The diversity and activity patterns of wild felids in a secondary forest in Peninsular Malaysia. *Oryx*. 40(1): 36-41.
- Best, T.L. (1996). *Lepus californicus*. *Mammalian Species*. 530: 1-10.
- Best, T.L. y T.H. Henry. (1993). *Lepus callotis*. *Mammalian Species*. 442: 1-6.
- Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez-Carbonell, J.F. Remolina, J.J. Pérez, J. González-cano, N. Betancourt, M. Trigo, J. Antele, R. Frías, J. de la Maza, V. Sánchez-Cordero, F. Figueroa, P. Illoldi, M. Linaje, C.A. Sifuentes, R. González-Montagut, H.A. López-López, A. Durán-Fernández, R.G. de la Maza, S. Anta-Fonseca y G. Sánchez. (2009). Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. *En: Capital Natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. 385-431 pp.
- Blair, R.B. (1996). Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications*. 6(2): 506-519.
- Carabias-Lillo, J., E. Provencio, J. De la Maza-Elvira y M.I. Ruiz-Corzo. (1999). Programa de Manejo Reserva de la Biósfera Sierra Gorda. Instituto Nacional de Ecología. México. 172 pp.
- Carcone, C., S. Christie, K. Conforti, T. Coulson, N. Franklin, J.R. Ginsberg, M. Griffiths, J. Holdens, K. Kawanishi, M. Kinnaird, R. Laidlaw, A. Lynam, D.W. Macdonald, D. Martyr, C. McDougal, L. nath, T. O'Brien, J. Seidensticker, D.J.L. Smith, M. Sunquist, R. Tilson y W.N. Wan Shahrudin. (2001). The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. *Animal Conservation*. 4: 75-79.

- Ceballos, G.E. y P.R. Ehrlich. (2002). Mammal Population Losses and the Extinction Crisis. *Science*. 296: 904-907.
- Ceballos, G. y G. Oliva. (2005). *Los Mamíferos Silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fondo de Cultura Económica. México.
- Chao, A., K.H. Ma, T.C. Hsieh y C.H. Chiu. (2015). Online Program SpadeR (Species-richness Prediction And Diversity Estimation in R). Programa y guía del usuario publicados en http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/.
- Chapman, J.A. y G.R. Willner. (1978). *Sylvilagus audubonii*. *Mammalian Species*. 106: 1-4.
- Chávez, C. A. de la Torre, H. Bárcenas, R.A. Medellín, H. Zarza y G. Ceballos. (2013). Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Chiarello, A.G. (1999). Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. *Biological Conservation*. 89: 71-82.
- Clout, M.N. y J.C. Russell. (2007). The invasion ecology of mammals: a global perspective. *Wildlife Research*. 35: 180-184.
- Coffin, A.W. (2007). From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*. 15: 396-406. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1999). *Ecorregiones de México*. Escala 1:1,000,000. México.
- CONANP (Comisión de Áreas Naturales Protegidas). (2014). *Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018*. México.
- CONANP (Comisión de Áreas Naturales Protegidas). (2016). *Reserva de la Biosfera sierra Gorda de Querétaro*. Disponible en: <http://sierragorda.conanp.gob.mx/>. Fecha de consulta: 15/07/2017.

- Coronel-Arellano, H., N.E. Lara-Díaz, R.E. Jiménez-Maldonado y C.A. López-González. (2016). Species richness and conservation status of médium and large terrestrial mammals from four Sky Islands in Sonora, northwestern Mexico. *Check List*. 12(1): 1839. Doi: <http://dx.doi.org/10.15560/12.1.1839>.
- Cruz-Lara, L.E., C. Lorenzo, L. Soto, E. Naranjo y N. Ramírez-Marcial. (2004). Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la selva lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.). 20(1): 62-81.
- Dirzo, R. y P.H. Raven. (1994). Un inventario biológico para México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 55: 29-34.
- Domínguez-Castellanos, Y. y G. Ceballos. (2011). Variación temporal y espacial en la estructura de la comunidad de pequeños mamíferos en un bosque tropical seco. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*. 1(1): 19-38.
- Fleischner, T.L. (1994). Ecological Costs of Livestock Grazing in Western North America. *Conservation Biology*. 8(3): 629-644.
- Foley, J.A., R. DeFries, G.P. Asner, C. Barford, G. Bonan, S. R. Carpenter, F.S. Chapin, M.T. Coe, G.C. Daily, H.K. Gibbs, J.H. Helkowski, T. Holloway, E.A. Howard, C.J. Kucharik, C. Monfreda, J.A. Patz, I.C. Prentice, N. Ramankutty y P.K. Snyder. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*. 309: 570-574. DOI:10.1126/science.1111772.
- Fonseca, G., T.E. Lacher Jr., P. Batra, J. Sanderson, S. Brandes, A. Espinel, C. Kuebler, A. Bailey y J. Heath. (2005). Tropical ecology, assessment, and monitoring (TEAM) initiative camera trapping protocol. Center for Applied Biodiversity Science. Conservation International. 8 pp.
- Fox, J.F. (1979). Intermediate-Disturbance Hypothesis. *Science*. 204(4399): 1344-1345.
- Fox, B.J. y M.D. Fox. (2000). Factors determining mammal species richness on habitat islands and isolates: habitat diversity, disturbance, species

- interactions and guild assembly rules. *Global Ecology and Biogeography*. 9: 19-37.
- Galaviz de Capdevielle, M.E. (1971). Descripción y pacificación de la Sierra Gorda. *Estudios de historia novohispana*. 4(4): 1-37.
- Gillingwater, S. y M. Patrikeev. (2000). Herpetological Records from Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (Querétaro, México). Institute for the Conservation of World Biodiversity.
- Gleason, H.A. (1926). The individualistic concept of the plant association. *Bulletin Torrey Botanical Club*. 53:7-26.
- Gómez, I.A. y G.C. Gallopín. (1991). Estimación de la productividad primaria neta de ecosistemas terrestres del mundo en relación a factores ambientales. *Ecología Austral*. 1: 24-40.
- González-Maya, J.F., J. Schipper, B. Polidoro, A. Hoepker, D. Zárrate-Charry & J.L. Belant. (2012). Baird's tapir density in high elevation forests of the Talamanca region of Costa Rica. *Integrative Zoology*. 7: 381-388.
- Gotelli, N.J, y R.K. Colwell. (2011). Capítulo 4. Estimating species richness. *En: A.E. Magurran y B.J. McGill (editores). Biological Diversity: frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press.*
- Gutiérrez-García, D., H. Luna-Soria, C.A. López-González y R.F. Pineda-López. (2007). Guía de Mamíferos del Estado de Querétaro. Universidad Autónoma de Querétaro. Serie Ciencias Naturales. 264 pp.
- Gutiérrez-González, C.E. (2008). La comunidad de carnívoros en dos tipos de vegetación de la zona semiárida de Cadereyta, Qro. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A.C. 119 pp.
- Hall, E.R. (1981). *The Mammals of North America*. Second Edition. A Wiley-Interscience Publication. EUA.
- Hammer, O., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*. 4(1): 9 pp.

- Hernández-García, L. (2007). Diversidad de roedores en la Reserva de la Biósfera La Michilía en relación con la heterogeneidad ambiental a nivel macrohábitat y microhábitat. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A.C. 94 pp.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones y A. Jarvis. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25: 1965-1978.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (1986). Síntesis Geográfica, Nomenclator y Anexo Cartográfico del Estado de Querétaro. INEGI. México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2010). Localidades de la República Mexicana, escala 1:250000. Censo de Población y Vivienda 2010. Editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2013a). Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación, escala 1:250000, serie V (Capas F1407, F1408 y F1411). Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática – INEGI. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2013b). Continuo Nacional de Elevaciones, resolución 30m. Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática – INEGI. Aguascalientes, Ags., México.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). (2015). Red Nacional de Caminos, Actualización 2015. México.
- IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2016-3. Disponible en: www.iucnredlist.org. Fecha de consulta: 21/02/2017.
- Jost, L., A. Chao y R.L. Chazdon. (2011). Capítulo 6. Compositional similarity and β (beta) diversity. *En*: A.E. Magurran y B.J. McGill (editores). *Biological*

- Diversity: frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press.
- Karanth, K.U., J.D. Nichols y N.S. Kumar. (2004). Photographic sampling of elusive mammals in tropical forest. 229-247. *En*: W.L. Thomson (editor). Sampling rare or elusive species. Island Press. Washington.
- Kelly, M.J. (2008). Design, evaluate, refine: camera trap studies for elusive species. *Animal Conservation*. 11: 182-184.
- Kerr, J.T. y L. Packer. (1997). Habitat heterogeneity as a determinant of mammal species richness in high-energy regions. *Nature*. 385: 252-254.
- Kinnaird, M.F. y T.G. O'Brien. (2012). Effects of Private-Land Use, Livestock Management, and Human Tolerance on Diversity, Distribution, and Abundance of Large African Mammals. *Conservation Biology*. 26(6): 1026-1039. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2012.01942.x.
- Lomolino, M.V. y D.R. Perault. (2000). Assembly and disassembly of mammal communities in a fragmented temperate rain forest. *Ecology*. 81(6): 1517-1532.
- Long, C.A. (1973). *Taxidea taxus*. *Mammalian Species*. 26: 1-4.
- López-Cepeda, N.A. (2010). Evaluación preliminar de la distribución y abundancia relativa de mamíferos silvestres en el Santuario de Fauna y Flora de Otún Quimbaya mediante el uso de cámaras-trampa. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia.
- Madhusudan, M.D. (2004). Recovery of wild large herbivores following livestock decline in a tropical Indian wildlife reserve. *Journal Applied Ecology*. 41: 858-869.
- Magurran, A.E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing. 256 pp.
- Magurran, A.E. y B.J. McGill. (2011). Capítulo 1. Challenges and opportunities in the measurement and assessment of biological diversity. *En*: A.E. Magurran y B.J. McGill (editores). *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press. 345 pp.

- Mares, M.A., K.A. Ernest y D.D. Gettinger. (1986). Small mammal community structure and composition in the Cerrado Province of Central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*. 2: 289-300.
- May, S.A. y T.W. Norton. (1996). Influence of Fragmentation and Disturbance on the Potential Impact of Feral Predators on Native Fauna in Australian Forest Ecosystems. *Wildlife Research*. 23: 387-400.
- 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.
- Morin, P. (2011). *Community Ecology*. Segunda Edición. Wiley-Blackwell. 407 pp.
- Murray, B.R., B.L. Rice, D.A. Keith, P.J. Myerscough, J. Howell, A.G. Floyd, K. Mills y M. Westoby. (1999). Species in the Tail of Rank-Abundance Curves. *Ecology*. 80(6): 1806-1816.
- Pautasso, M. (2007). Scale dependence of the correlation between human population presence and vertebrate and plant species richness. *Ecology Letters*. 10:16-24. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2006.00993.x.
- Pineda-López, R., A. Arellano-Sanaphre, R.C. Almazán-Núñez, C. López-González y F. González-García. (2010). Nueva información para la avifauna del estado de Querétaro, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. 26(1): 47-57.
- Porfirio, G., P. Sarmiento, N. L. X. Filho, J. Cruz y C. Fonseca. (2014). Medium to large size mammals of southern Serra do Amolar, Mato Grosso do Sul, Brazilian Pantanal. *Check List*. 10(3): 473– 482. doi: 10.15560/10.3.473.
- Priego-Santander, A.G., J.L. Palacio-Prieto, P. Moreno-Casasola, J. López-Portillo y D. Geissert-Kientz. (2004). Heterogeneidad del paisaje y riqueza de flora: su relación en el archipiélago de Camagüey, Cuba. *Interciencia*. 29(3): 138-144.
- Prins, H.H.T. (2000). Competition between wildlife and livestock in Africa. *En*: H.H.T. Prins, J.G. Grootenhuis y T.T. Dolan (editores). *Wildlife Conservation by Sustainable Use*. Springer Netherlands.

- Reid, F.A. (2006). *Mammals of North America*. Peterson Field Guides. Houghton Mifflin. 579 pp.
- Sánchez, O. y G. López. (1988). A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomológica Mexicana*. 75: 119-145.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2010). 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. Diario Oficial de la Federación. Segunda Sección.
- Si, X., R. Kays y P. Ding. (2014). How long is enough to detect terrestrial? Estimating the minimum trapping effort on camera traps. *PeerJ* 2:e374; DOI 10.7717/peerj.374
- Stein, A., K. Gerstner y H. Kreft. (2014). Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*. 17(7): 866-880. DOI: 10.1111/ele.12277.
- Swan, M., J. Di Stefano, F. Christie, E. Steel y A. York. (2014). Detecting mammals in heterogeneous landscapes: implications for biodiversity monitoring and management. *Biodiversity and Conservation*. 23(2): 343-355. DOI: 10.1007/s10531-013-0604-3.
- Tisdell, C.A. (2011). Core issues in the economics of biodiversity conservation. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1219: 99-112. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2010.05889.x,
- Tjitrosoedirdjo, S.S. (2005). Inventory of the invasive alien plant species in Indonesia. *Biotropia*. 25: 60-73.
- Tobler, M.W., S.E. Carrillo-Percestequi, R.L. Pitman, R. Mares y G. Powell. (2008). An evaluation of camera traps for inventorying large and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*. 11(3): 187–189. doi: 10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x.
- Turner, M.G. (1989). Landscape Ecology: The Effect of Pattern on Process. *Annual Review of Ecology and Systematics Journal*. 20: 171-197.

- van der Ree, R., J.A.G. Jaeger, E.A. van der Grift y A.P. Clevenger. (2011). Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving toward larger scales. *Ecology and Society*. 16(1): 48.
- van Rensburg, B.J., S.L. Chown y K.J. Gaston. (2002). Species Richness, Environmental Correlates, and Spatial Scale: A Test Using South African Birds. *The American Naturalist*. 159(5): 566-577.
- Vaughan, T.A., J.M. Ryan y N.J. Czaplewski. (2015). Parte IV. Ecology, Behavior and Conservation. Capítulo 23. Ecology. *En*: T.A. Vaughan, J.M. Ryan y N.J. Czaplewski. *Mammalogy*. Sexta edición. Jones and Bartlett Learning. 755 pp.
- Vázquez, L.B. y K.J. Gaston. (2006). People and mammals in Mexico: conservation conflicts at a national scale. *Biodiversity and Conservation*. 15: 2397-2414. DOI: 10.1007/s10531-004-3954-z.
- Waide, R.B., M.R. Willig, C.F. Steiner, G. Mittelbach, L. Gough, S.I. Dodson, G.P. Juday y R. Parmenter. (1999). The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 30: 257-300.
- Yensen, E. y T. Tarifa. (2003). *Galictis vittata*. *Mammalian Species*. 727: 1-8.
- Zamora-Bárceñas, D.F. (2013). Diversidad de roedores en remanentes de vegetación nativa del suroeste de Querétaro, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. 66 pp.