



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN
DE MAMÍFEROS DEL COMPONENTE MEXICANO
DE MONTAÑA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

RICARDO ARCADIO MORALES VIRRUETA



**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. TANIA ESCALANTE ESPINOSA
México, D.F. 2014**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de datos del jurado

1. Datos del alumno

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre(s)

Teléfono

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad

Carrera

Número de cuenta

2. Datos del tutor

Grado

Nombre (s)

Apellido paterno

Apellido materno

3. Datos del sinodal 1

Grado

Nombre (s)

Apellido paterno

Apellido materno

4. Datos del sinodal 2

Grado

Nombre (s)

Apellido paterno

Apellido materno

5. Datos del sinodal 3

Grado

Nombre (s)

Apellido paterno

Apellido materno

6. Datos del sinodal 4

Grado

Nombre (s)

Apellido paterno

Apellido materno

7. Datos del trabajo escrito

Título

Número de páginas

Año

Morales

Virrueta

Ricardo Arcadio

56566241

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Biología

30510720-6

Dra.

Tania

Escalante

Espinosa

Dra.

Verónica

Farías

González

Dr.

Mario Ernesto

Suárez

Mota

Biól.

Niza

Gámez

Tamariz

Biól

José Gerardo

Rodríguez

Tapia

Áreas prioritarias para la conservación de mamíferos del Componente Mexicano de Montaña.

62p.

2014

AGRADECIMIENTOS

“Los dragones se esconden en los detalles” y las siguientes menciones son para todos aquellos que me ayudaron a descubrir los dragones.

A mis padres, mis hermanas, mis amigos, a todos mis verdaderos profesores que confiaron en mí y a la mayoría que no lo hizo.

En especial quisiera agradecer a la Dra. Tania Escalante Espinosa por su confianza en mí, su esfuerzo para sacarme adelante y siempre estar cuando la necesité.

A Niza Gámez Tamariz quien me enseñó a salir adelante sin importar nada.

A mis compañeras del taller.

A mis amigos de la casa que sin ellos, no sería yo quien soy.

Agradezco al biólogo J. Gerardo Rodríguez Tapia por su apoyo técnico en el uso de sistemas de información geográfica para la realización de esta tesis.

ÍNDICE

Introducción.....	1
1. Planteamiento del problema.....	1
1.1. El Componente Mexicano de Montaña.....	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Regionalización.....	2
1.1.3. Situación actual.....	3
1.2 Mamíferos endémicos.....	4
1.2.1. Antecedentes.....	4
1.2.2. Situación actual.....	5
1.3. Planeación Sistemática para la Conservación (PSC).....	5
1.3.1. Protocolo de la PSC.....	5
1.3.2. Justificación.....	12
2. Objetivos.....	13
3. Material y métodos.....	13
3.1 Área de estudio y base de datos.....	13
3.2 Modelos de distribución de especies.....	15
3.3 Priorización de áreas de conservación.....	17
4. Resultados.....	21
4.1 Modelos de distribución de especies.....	21
4.2 Priorización de áreas de conservación.....	21
5. Discusión.....	35
6. Conclusiones.....	37
7. Referencias.....	38
8. Anexos.....	47

8.1. Descripción de los mamíferos reportados como endémicos	
en el CMM.....	47
8.2. Recorte de modelos.....	51

INTRODUCCIÓN

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. El Componente Mexicano de Montaña

1.1.1. Antecedentes

En biogeografía se ha propuesto una clasificación mundial de las áreas geográficas en regiones, basada en patrones de áreas de endemismo. Estas a su vez, son identificadas por medio de la de homología espacial, es decir la congruencia distribucional de dos o más taxones (Escalante *et al.*, 2013). Las primeras clasificaciones fueron las propuestas por biogeógrafos del siglo XIX: Sclater (1858), Engler (1859) y seguidas por Wallace (1876) en su libro “La distribución geográfica de los animales”. En el continente Americano, se propone una separación que incluye dos regiones: (1) Neártica, que comprende la parte norte del continente americano, incluyendo Groenlandia, Canadá, Alaska, Estados Unidos y parte de México y (2) Neotropical, que comprende parte de México, Centroamérica y Sudamérica (Morrone *et al.*, 2006). En México se superponen ambas regiones en una zona de contacto: la Zona de Transición Mexicana (ZTM) que incluye elementos bióticos únicos diferentes a los presentes en las dos grandes regiones (Morrone, 2004; Escalante *et al.*, 2007, 2013). Esta zona de transición es de gran importancia biológica pues es el lugar donde dos o más biotas que habían evolucionado en condiciones de independencia recíproca entran en contacto, superponiéndose y mezclándose en distintas medidas (Zunino y Zullini, 2003).

1.1.2. Regionalización

Si se analiza la ZTM desde la perspectiva del patrón orográfico y la mastofauna de las provincias biogeográficas que la componen, esta región corresponde a los límites del Componente Mexicano de Montaña (CMM) (Escalante *et al.*, 2005). En el trabajo de Escalante *et al.* (2005) el CMM se encuentra identificado por la presencia de varios nodos biogeográficos de mamíferos terrestres neárticos en seis provincias biogeográficas: Sierra Madre Oriental (SMOr), Sierra Madre Occidental (SMOcc), Eje Volcánico Transmexicano (EVT; también llamada Faja Volcánica Transmexicana o FVT), Cuenca o Depresión del Balsas (DB), Sierra Madre del Sur (SMS) y Chiapas (Chi). Estas provincias, se ubican en los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Sonora, Nayarit, Jalisco, San Luís Potosí, Coahuila, Hidalgo, Nuevo León, Veracruz, Puebla, Querétaro, Guanajuato, Estado de México, Distrito Federal, Michoacán, Puebla, Oaxaca, Tlaxcala, Morelos y Guerrero; es decir, en más del 67% de los estados de la República Mexicana (Fig. 1).

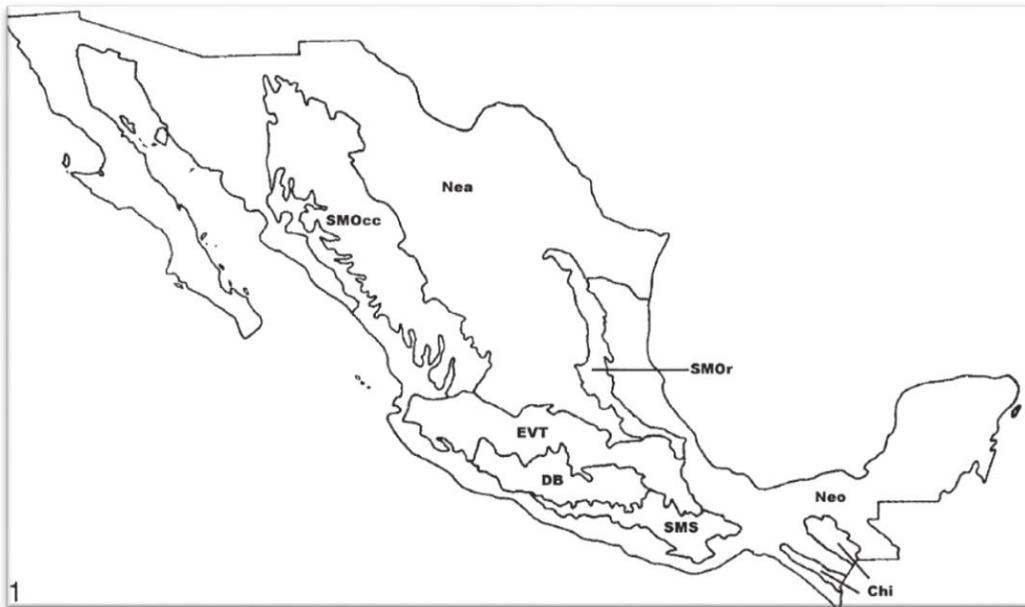


Figura 1: Las provincias biogeográficas del CMM de acuerdo con Morrone y Márquez (2003)

1.3. Situación actual

En México existe una gran diversidad de tipos de vegetación resultado en gran parte por la compleja climatología y geomorfología que presenta todo el país. Las crecientes demandas de alimento, áreas para construcción y vivienda promueven cambio en el uso del suelo, lo cual a su vez tiene repercusiones como la pérdida de la biodiversidad, erosión del suelo, pérdida de la cobertura vegetal, entre otros (Semarnat, 2002). En nuestro país la tasa de deforestación es mayor al 1.2% anual (Arriaga *et al.*, 2001; Masera *et al.*, 1997; Mas *et al.*, 2004; United Nations Food and Agriculture Organization. 2007; Fig. 2 (INEGI 2013a.). De acuerdo con las estadísticas del INEGI del 2000 al 2010, este porcentaje representa una pérdida de alrededor de 195 mil hectáreas de bosques y selvas por año.

En el CMM las actividades antropogénicas afectan negativamente la biodiversidad, siendo las especies endémicas las más afectadas (Sánchez-Cordero *et al.*, 2009). Estos autores proyectan que, dada la dinámica de la deforestación actual, la región sufrirá cambios significativos reduciendo su área habitable, moviendo de lugar los hábitats donde los organismos pueden existir y en consecuencia modificando los patrones de distribución de la biota.

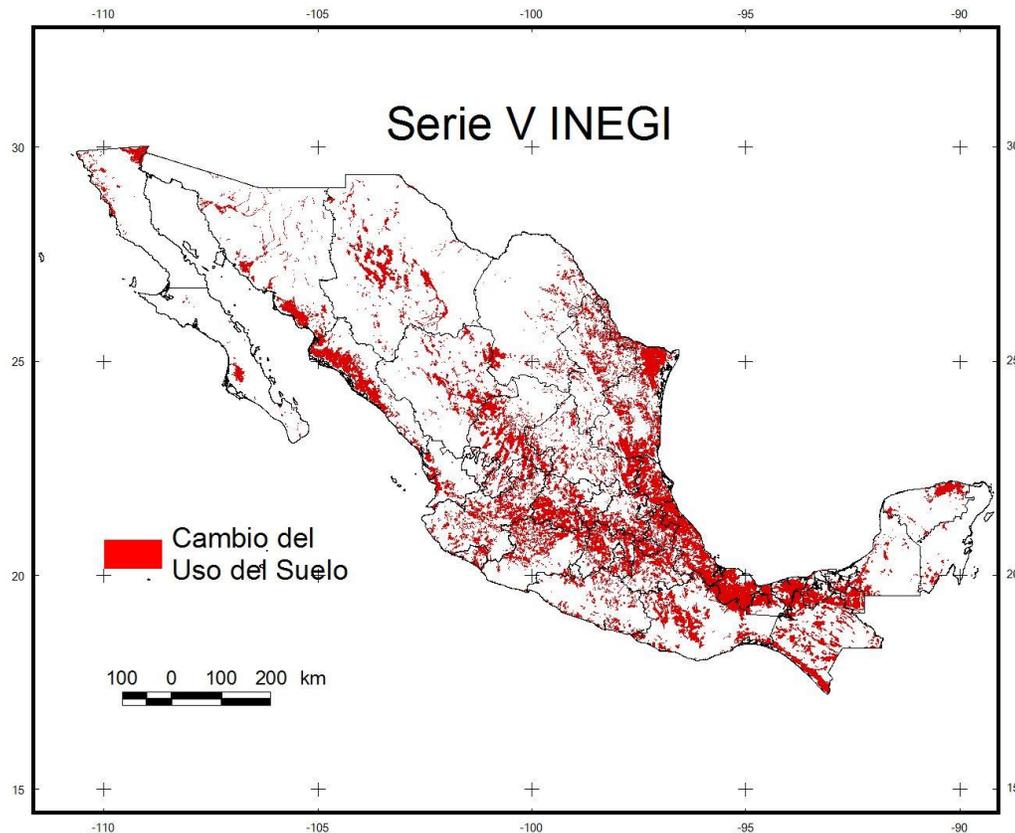


Figura 2: Modificado de Serie V (INEGI, 2013a). En rojo las celdas con cambio del uso del suelo a pastizal inducido, diferentes tipos de agricultura y zonas urbanas.

1.2 Mamíferos endémicos

1.2.1. Antecedentes

Para el análisis geográfico de un conjunto de datos biológicos recolectados en campo, la biogeografía establece dos conceptos que vale la pena diferenciar: la distribución geográfica conocida y área de distribución geográfica. El primer término hace referencia al conjunto de localidades donde un taxón ha sido registrado, ya sea mediante la colecta de especímenes o la observación (Espinosa *et al.*, 2001). La segunda, en cambio, resulta de la inferencia acerca de cuál es el área con mayor probabilidad para la presencia de un taxón (Espinosa *et al.*, 2001). Ésta área se construye a partir de la relación entre los sitios de presencia y los atributos del hábitat (Espinosa *et al.*, 2001). Siendo así, las especies poseen un área de distribución limitada por condiciones ambientales particulares, barreras

geográficas, interacciones con otras especies, entre otros elementos (Espinosa *et al.*, 2001).

Algunas veces, las áreas de distribución de los taxones muestran congruencia geográfica entre sí; a las especies con este tipo de áreas se les conoce como endémicas (Espinosa *et al.*, 2001). De acuerdo con la evolución en sus tres dimensiones (espacio, tiempo y forma) varias especies con distintas capacidades de dispersión e historia evolutiva independiente, forman un área de endemismo y se infiere que comparten una historia biogeográfica común (Espinosa *et al.*, 2001).

En el presente trabajo se eligió la lista de mamíferos reportados como endémicos del CMM (Morrone *et al.*, 2006; Escalante *et al.*, 2007).

1.2.2. Situación actual

En México habitan 525 especies de mamíferos, de las cuales 161 son endémicas (Ceballos *et al.*, 2005). Para este grupo, la cantidad de nodos biogeográficos reportados para las provincias del CMM es tan elevada que la delimitan como una zona importante para la biodiversidad (Escalante *et al.*, 2004). Ver apartado 9.1.

1.3. Planeación Sistemática para la Conservación (PSC)

1.3.1 Protocolo de la PSC

En el 2000, Margules y Pressey propusieron un protocolo para la Planeación Sistemática de la Conservación (PSC), que incluye la priorización de áreas como uno de sus objetivos centrales (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005). Lo sobresaliente de este protocolo es que puede incorporar desde la exclusión permanente de la presencia humana, como es el caso de muchos parques nacionales y reservas de la vida silvestre en todo el mundo, hasta la conservación basada en comunidades, que incluso puede incluir el uso sustentable de

algunas especies particulares (Margules *et al.* 2009). La PSC consiste en utilizar este protocolo específico para cartografiar sistemas de áreas para la conservación, incluyendo en éstas la mayor cantidad de endemismos, representatividad y complementariedad en el mínimo de área (Margules *et al.*, 2009). Es importante resaltar que la complementariedad es tomada como piedra angular del protocolo de PSC. Este concepto se refiere a una medida de contribución que hace un área al conjunto total de elementos que constituyen la biodiversidad en la región estudiada (Margules *et al.*, 2009).

Entonces, se puede decir que el objetivo de la PSC es detener y prevenir los procesos de extinción de la biodiversidad incluyéndola en Áreas Prioritarias para la Conservación (APC) (Margules *et al.* 2009). Puesto que el concepto de biodiversidad incluye la diversidad en cada uno de los niveles estructurales, taxonómicos y funcionales de la biota, es imposible definirla ya que abarca toda la biología en general (Takacs, 1996; Sarkar y Margules, 2000; Sarkar, 2002; Margules *et al.* 2009). Para ser capaces de proponer APC, se requiere tomar una medida parcial de esta biodiversidad que pueda ser cartografiada; A estas medidas parciales se les conoce como “*surrogates*” o subrogados, que son uno o varios conjuntos de especies representantes de la biodiversidad (Margules *et al.* 2009). Deben contener dos atributos:

- 1) Deben ser cuantificables, ya que se necesita saber exactamente qué cantidad de subrogados han sido representados adecuadamente.
- 2) Deben poder estimarse, es decir deben poder obtenerse mediante colectas de campo, modelos, base de datos, entre otros. (Margules *et al.* 2009).

Pasos de la PSC

A continuación se describen los pasos de la PSC (Margules y Sarkar, 2009). El protocolo completo abarca 11 etapas o fases, que incluyen los factores biológicos, económicos, políticos y sociales que interactúan en la región planteada (Margules y Sarkar, 2009):

- 1.- Identificar los actores sociales de la región sujeta a la planeación.
- 2.- Compilar, evaluar y refinar los datos sobre la biodiversidad y socioeconómicos para la región.
- 3.- Identificar los subrogados de la biodiversidad para la región.
- 4.- Establecer objetivos y metas de conservación.
- 5.- Revisar el sistema existente de áreas de conservación
- 6.- Priorizar las nuevas áreas potenciales para acciones de conservación.
- 7.- Evaluar el pronóstico para la biodiversidad en cada nueva área seleccionada.
- 8.- Refinar los sistemas de áreas seleccionadas para las acciones de conservación.
- 9.- Examinar la viabilidad de la ejecución del plan, con base en análisis multicriterio.
- 10.- Ejecutar el plan de conservación.
- 11.- Reevaluar el sistema de áreas periódicamente.

La priorización de áreas para la conservación es una parte fundamental de la PSC (Margules y Pressey, 2000; Sánchez Cordero *et al.*, 2005). En este trabajo únicamente se llevarán a cabo las fases 2, 3, 4 y 5 ya que las demás requieren de trabajo de campo, ejecuciones del plan obtenido, exámenes de viabilidad de la región y estudios socioeconómicos., procesos necesarios pero fuera del alcance del presente trabajo. Estas fases se describen a continuación:

2.- Compilar, evaluar y refinar los datos sobre la biodiversidad y socioeconómicos para la región:

- Evaluar el estatus de conservación de las entidades biológicas.

En este apartado, se revisaron los siguientes sitios de consulta para conocer el estatus de conservación:

La Lista Roja de la IUCN es ampliamente reconocida como la aproximación más objetiva y fácil de comprender a nivel mundial. El objetivo de esta lista es proveer información y análisis del estatus, tendencias y amenazas de especies, para informar y acelerar las acciones de conservación de la biodiversidad (IUCN, 2013) (<http://www.iucnredlist.org>; consultado 02/12/2013)

Norma Oficial Mexicana 059 NOM 059 (SEMARNAT, 2010), Protección ambiental de 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.

Ver Cuadro 1.

- Evaluar la confiabilidad de los datos, es decir analizar críticamente los procesos de selección de los datos.

Los datos compilados de colecciones biológicas, instituciones de manejo de recursos naturales, organizaciones no gubernamentales conservacionistas e investigadores, o que han sido recolectados en nuevos estudios de campo requieren ser curados, antes de poder ser usados en la planeación para la conservación (Margules *et al.* 2009). Es importante mencionar que a pesar el minucioso trabajo de curación la gran mayoría de las bases de datos tienen asociado un porcentaje de incertidumbre el cual dependerá de la fuente primaria de los datos.

- Disminuir el impacto del sesgo modelando las distribuciones geográficas.

Cada especie tiene un área de distribución geográfica única dentro del espacio ambiental, determinada por su constitución genética, sus requerimientos fisiológicos e historia de vida (Margules *et al.* 2009). El ejercicio de modelar estas distribuciones geográficas tiene el propósito de acercarse a la verdad recurriendo a los fundamentos principales de ecología

de poblaciones que determinan éstas distribuciones: el ambiente, las interacciones bióticas y sus movimientos (Soberón, 2010).

En este trabajo se utilizó el método de máxima entropía para modelar las distribuciones de las especies con el paquete MaxEnt v. 3.1 (Phillips *et al.* 2004). MaxEnt estima la distribución de la probabilidad de adecuación desconocida, de una especie, con base en los registros georreferenciados de su presencia (Phillips *et al.* 2004, 2006 y 2007). El resultado de Maxent proyectado al espacio geográfico es un área de distribución resultado del cálculo de máxima entropía restringida al valor esperado de cada variable seleccionada (Phillips *et al.* 2004).

3.- Identificar los subrogados de la biodiversidad para la región:

- Elegir los subrogados que representen la “biodiversidad general” para la región planteada.

Esta es la fase más importante ya que la calidad de los datos coleccionados tiene un impacto directo con la calidad de los resultados (Ciarleglio M., 2008).

Para este trabajo se eligieron como subrogados de la biodiversidad los mamíferos ya que son un taxón ideal para realizar estudios biogeográficos porque conforman un grupo monofilético con áreas de distribución bien conocidas y para nuestro país muestran altos índices de riqueza y endemismo (Escalante *et al.*, 2005).

Dentro de este grupo, se seleccionaron aquellos que conforman un patrón de endemismo en el CMM.

4.- Establecer objetivos y metas de conservación:

En la selección de un sistema de áreas para la conservación es importante centrar los objetivos y metas en el grado de variación natural (especies, comunidades y ambientes,) y la persistencia de los factores bióticos (Margules *et al.* 2000).

Las áreas destinadas a la conservación, en general, se eligieron con el objetivo de proteger la belleza del paisaje, la rareza de las especies, la disponibilidad de áreas, es decir metas que, aunque son legítimas y socialmente deseables, sufren de falta de representatividad; es decir que no necesariamente protegen a los subrogados de la biodiversidad adecuadamente (Margules *et al.*, 2009). Por ejemplo, en el caso de nuestro país, Cantú *et al.* (2004) analizaron las 144 áreas destinadas a la conservación y reportaron que solamente el 4% del área total para conservación está incluida en suelos fértiles, el otro 96% se encuentra en zonas de poca a mediana productividad.

La representatividad por sí misma no es suficiente para elegir APC de la mejor manera, también es necesario incluir la persistencia de los subrogados. Ésta persistencia está en función a las amenazas antropogénicas (*i.e.* cambio de uso del suelo, desarrollo urbano, etc.) y de los factores ecológicos (*i.e.* cambio climático) (Margules *et al.* 2009) así como de la estructura espacial del paisaje (*i.e.* fragmentación y efecto de borde, variables muy importantes, ya que está demostrado que las extinciones locales son más frecuentes en áreas fragmentadas) (Fahrig, *et al.*, 1994).

5.- Revisar el sistema existente de áreas de conservación (SAC)

Los sistemas de áreas para la conservación son conjuntos de áreas, dentro de una región sujeta a la planificación, que deben tener prioridad en la distribución de los recursos dedicados al manejo de la biodiversidad (Margules *et al.* 2009).

En el caso del CMM, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) reconoce Áreas destinadas a la conservación: ANP, Reserva de la Biósfera, Parque Nacional, etc. (www.conanp.gob.mx, Ver figura 3):

- Región centro y “eje neo volcánico”: Sierra de Huautla, Desierto del Carmen, Nevado de Toluca, el Tepozteco, Corredor Biológico Chichinautzin, Tehuacán-Cuicatlán, la Malinche, Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Barranca de Metztitlán, los Mármoles, Sierra Gorda, Sierra Gorda de Guanajuato, Cerro de las Campanas, el Chico, Tula.
- Región occidente y Pacífico Centro: CANDR043, porción: Sierra Huicholes, Sierra Morones, el Cordón, Aguamilpa el Cajón, la Yesca, Laurel, Sierra Fría, Cerro la China, Cerro Bosques, Cerro el Cuervo, Cerro Gordo y Colorado. Mariposa Monarca, Rayón, Bosen Cheve, pico de Tancítaro, Zicuirán-Infiernillo, Nevado de Colima, Sierra de Manantlán, Sierra de Quila.
- Región norte y Sierra Madre Occidental: Janos, Campo Verde, Tutuaca, Cumbres de Majalca, CADNR 043, Porción Chalchihuites.
- Región noreste y Sierra Madre Oriental: Cumbres de Monterrey, CADNR 026, Porción Sierra de Arteaga, el Cielo, Sierra de Álvarez, Sierra del Abra Tanchipa, El Potosí.

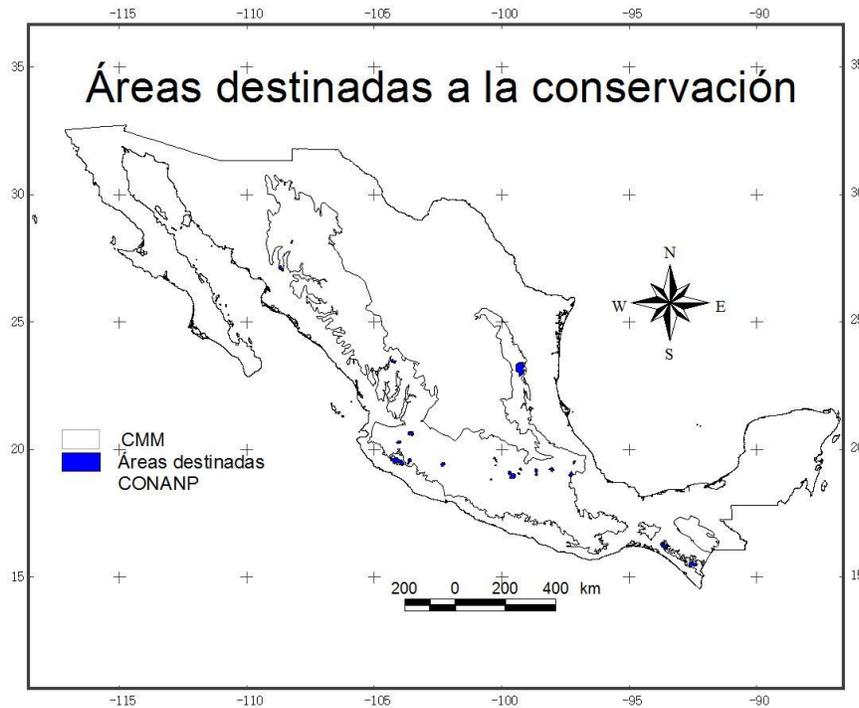


Figura 3: Mapa de las áreas destinadas a la conservación (SAC) bajo el resguardo de CONANP dentro del CMM.

1.3.2. Justificación

¿LAS ANP'S ESTÁN EN LOS SITIOS CORRECTOS PARA PROTEGER LA MASTOFAUNA ENDÉMICA DEL CMM?

“En la naturaleza existe una complejidad que no se puede enumerar y mantenerla es el objetivo de la conservación sistemática”
(Margules y Pressey, 2000).

En el CMM la biodiversidad está siendo amenazada por acciones antropogénicas (Sánchez-Cordero *et al.*, 2009). Para contrarrestar la degradación y proteger los recursos naturales del país, se planteó el diseño de las Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2013). La selección de estas áreas se ha realizado por la belleza del paisaje o la protección de ambientes no necesariamente importantes desde el punto de vista biológico; es decir, no fueron diseñadas con el objetivo de conservar la diversidad biológica, o la conservan inadecuadamente (Figueroa *et al.*, 2009). Por ello, muchas de ellas no están localizadas en

los mejores sitios para la protección de la diversidad o no economizan espacialmente el tamaño del área (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005, 2009; Vázquez *et al.*, 2009).

En este trabajo se busca hacer un ejercicio de priorización de sitios para conservación en el CMM, aplicando la PSC y utilizando como subrogados de la biodiversidad a los mamíferos endémicos de esta región.

2. OBJETIVOS

➤ General:

Proponer áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos endémicos del Componente Mexicano de Montaña, siguiendo el protocolo de la Planeación Sistemática de la Conservación.

➤ Particulares:

1. Elaborar modelos de distribución de los mamíferos reportados como endémicos del Componente Mexicano de Montaña.
2. Priorizar áreas potenciales para conservación aplicando los criterios de mínimo de área, endemismos y complementariedad del grupo.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio y base de datos

- Área de estudio: el polígono del área de estudio se formuló eligiendo las provincias biogeográficas que comprenden el CMM de acuerdo con Arriaga *et al.* (1997) (Fig. 4).

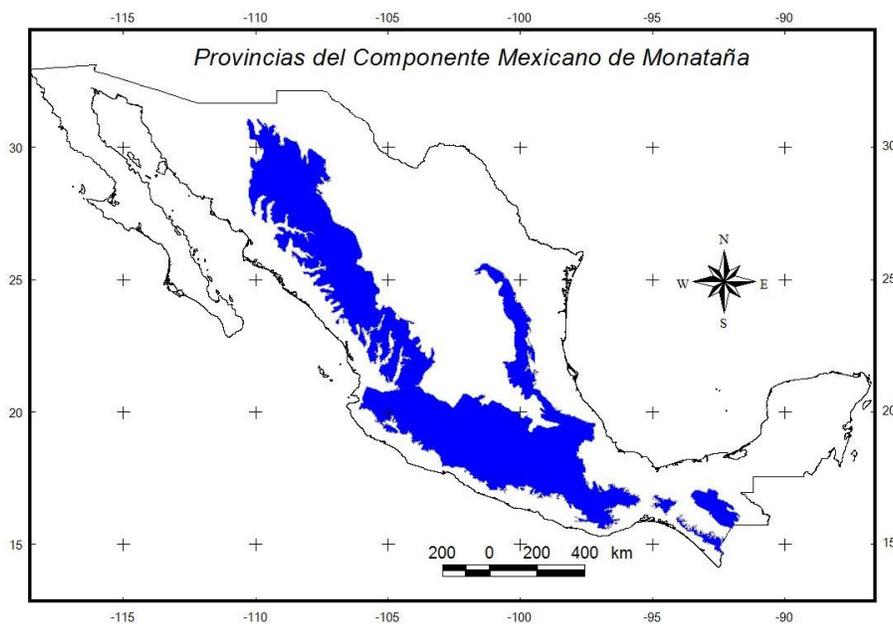


Figura 4: Mapa de la República Mexicana con el resultado de la unión del conjunto de provincias del CMM en color azul.

➤ Lista de especies:

En el presente trabajo se eligió el listado de mamíferos reportados como endémicos del CMM (Morrone *et al.*, 2006 y Escalante *et al.*, 2007) (Cuadro 1).

➤ Base de datos:

Los registros de distribución de las 24 especies fueron obtenidos de las siguientes fuentes: GBIF, 2014, MaNIS, 2013, CONABIO, 2014 y UNIBIO, 2013. Todos ellos forman parte del "Atlas biogeográfico de los mamíferos terrestres de América del Norte" (Escalante y Rodríguez-Tapia, 2011; Escalante, 2013). Además se proyectaron en ArcView GIS 3.2 (ESRI, 1998) y se contrastaron con mapas de los polígonos de su distribución geográfica en bibliografía especializada (Ceballos y Oliva, 2005) para verificar su validez geográfica (Noguera-Urbano *et al.*, 2013) (Cuadro 1).

Cuadro 1: Lista de especies seleccionadas con el número de registros obtenidos y verificados más su categoría de riesgo. En el caso de la NOM-059-SEMARNAT-2010: A= Amenazada, P = En peligro de extinción y Pr= Sujetas a protección especial.

#	Nombre científico	Registros	IUCN	Nom 059
1	<i>Corynorhinus mexicanus</i>	96	casi amenazada	-
2	<i>Cratogeomys neglectus</i>	4	-	A
3	<i>Cryptotis goldmani</i>	64	menor preocupación	Pr
4	<i>Euderma maculatum</i>	9	menor preocupación	Pr
5	<i>Glaucomys volans</i>	75	menor preocupación	A
6	<i>Liomys salvini</i>	26	menor preocupación	-
7	<i>Microtus mexicanus</i>	515	menor preocupación	-
8	<i>Myotis ciliolabrum</i>	26	menor preocupación	-
9	<i>Nelsona goldmani</i>	4	-	-
10	<i>Neotoma nelsoni</i>	4	en peligro crítico	-
11	<i>Neotoma palatina</i>	25	vulnerable	-
12	<i>Neotomodon alstoni</i>	149	menor preocupación	-
13	<i>Orthogeomys grandis</i>	66	menor preocupación	-
14	<i>Pappogeomys alcorni</i>	3	en peligro crítico	Pr
15	<i>Peromyscus leocopus</i>	836	-	-
16	<i>Reithrodontomys chrysopsis</i>	84	menos preocupación	-
17	<i>Romerolagus diazi</i>	46	en peligro de extinción	P
18	<i>Sciurus aberti</i>	145	menor preocupación	Pr
19	<i>Sciurus nayaritensis</i>	241	menor preocupación	-
20	<i>Sorex monticolus</i>	5	menor preocupación	-
21	<i>Sorex emarginatus</i>	16	menor preocupación	-
22	<i>Spermophilus mexicanus</i>	206	menor preocupación	-
23	<i>Sylvilagus insonus</i>	21	en peligro de extinción	P
24	<i>Zygogeomys trichopus</i>	25	en peligro de extinción	P
	TOTAL	2691		

3.2 Modelos de distribución de especies

Una vez depurada la base de datos, los registros fueron empleados para la formulación de modelos de distribución, mismos que fueron generados con el programa MaxEnt tomando 19 variables climáticas de WorldClim (<http://worldclim.org/>) así como altitud y pendiente (disponibles en <http://www.usgs.gov/>) (Cuadro 2):

Cuadro 2: Lista de variables climáticas obtenidas de WorldClim.

Abreviación	Variable
BIO1	media anual de temperatura
BIO2	media del rango diurno de temperatura
BIO3	estabilidad térmica
BIO4	temperatura estacional
BIO5	temperatura máxima del mes más cálido
BIO6	temperatura mínima del mes más frío
BIO7	rango de temperatura anual
BIO8	media de temperatura del trimestre más húmedo
BIO9	media de temperatura del trimestre más seco
BIO10	media de temperatura del trimestre más cálido
BIO11	media de temperatura del trimestre más frío
BIO12	precipitación anual
BIO14	precipitación del mes más húmedo
BIO14	precipitación del mes más seco
BIO15	precipitación estacional
BIO16	precipitación del trimestre más húmedo
BIO17	precipitación del trimestre más seco
BIO18	precipitación del trimestre más cálido
BIO19	precipitación del trimestre más frío

MaxEnt inició la búsqueda con la mayoría de los parámetros preestablecidos excepto: Porcentaje de validación (“Percentage random test”)= 25 para las especies con $n > 10$ registros y 0 para especies con $n < 10$, réplicas= 20 para cada especie e iteraciones= 1,000.

Este estudio solamente tomó en cuenta los mapas promedio o de concilio entre las réplicas, es decir uno por especie con la probabilidad de cero a uno de que la especie esté presente.

➤ Tratamiento de los modelos:

Los modelos obtenidos de la paquetería MaxEnt fueron refinados mediante dos criterios:

-Probabilístico: se consideró definir como el umbral más adecuado el diez percentil de los datos de presencia para cada uno de los taxones, ya que considera que para la generación del modelo el 10% de los datos son posibles registros erróneos y corresponden a los valores de probabilidad más bajos (Escalante *et al.*, 2013).

Este tratamiento se llevó a cabo con R (R-project, 2010), igualando a cero los pixeles con valores de probabilidad iguales o menores al diez percentil.

Una vez realizado dicho procedimiento los valores de probabilidad fueron normalizados en función del valor máximo asociado a cada uno de los modelos con la intención de que todos los modelos estuvieran dentro del mismo intervalo de valores de probabilidad (de cero a uno); éste proceso se llevó a cabo en ArcGis 9.3 (ESRI, 2008).

-Biogeográfico: Se realizó un recorte de los modelos para limitar su extensión al espacio geográfico reportado por los taxones en tiempos evolutivos, considerando el resultado de la suma de los polígonos de las provincias del CMM (Arriaga *et al.*, 1997).

3.3 Priorización de áreas de conservación

Para la obtención de áreas prioritarias se utilizó el programa ConsNet (Ciarleglio *et al.* 2008) disponible en línea (http://uts.cc.utexas.edu/~consbio/Cons/consnet_home.html). Esta paquetería fue desarrollada para facilitar la PSC, pues puede incluir forma, conectividad y metas particulares para la selección de áreas (Ciarleglio *et al.* 2009).

Con el objetivo de comparar y así decidir la mejor propuesta de conservación, en nuestro trabajo se realizaron siete diferentes “problemas” eligiendo como variables de presión antropogénica y la propuesta de conservación de la CONANP:

-Ciudades (C): Zonas urbanas medianas y grandes donde habitan por lo menos 30,000 personas (INEGI, 2013c).

-Carreteras (CA): Se eligieron las carreteras pavimentadas con dos carriles o más (INEGI, 2013c), con una zona de amortiguamiento de 5 km por lado (Cuervo-Robayo *et al.*, 2012).

-Cambio de Uso del Suelo (CUS): Se tomaron como zonas no propicias para la conservación todas las áreas de pastoreo, urbanas, cultivo y pastizales inducidos (INEGI, 2013a).

-Áreas Naturales Protegidas (ANP) obtenido de INEGI, 2013b (<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/geologia/infoescala.aspx>):

Todas las áreas destinadas a la conservación (*i.e.* ANP, parques nacionales y reservas de la biósfera) quitando las celdas que se repetían en los polígonos del conjunto de indicadores de presión antropogénica, ya que partimos de la idea que si son áreas de conservación no deberían contener ninguna de las variables anteriores.

Todos los anteriores con la restricción de coincidir con el polígono de las provincias del CMM.

1) Conjunto de rutinas

Cuadro 3: Escenarios planteados en los análisis del programa ConsNet.

Nombre del problema	Objetivo de representación	Celdas permanentem ente incluidas	Celdas permanentemente excluidas	Algoritmo
Max10 ANP	10%	ANP	C, CA y CUS	Maximum representation problem
Min10	10%	-	C, CA y CUS	Minimum area problem
Min10 ANP	10%	ANP	C, CA y CUS	Minimum area problem
Min 25	25%	-	C, CA y CUS	Minimum area problem
Min25 ANP	25%	ANP	C, CA y CUS	Minimum area problem
Testigo	10%	-	-	Minimum area

Min10				problem
Testigo Min25	25%	-	-	Minimum area problem

Con el fin de generar un marco de referencia para comparar los resultados, se eligió en ConsNet una búsqueda simple con el algoritmo de arranque “RF4 adjacency” por su siglas en inglés “Rarity First” o rareza primero, el cual selecciona las celdas que contienen los valores más raros de las especies indicadoras y si existe un empate entre ellas, se selecciona aquella con valor más alto de complementariedad (Ciarleglio et al., 2010).

Una vez generado el marco de referencia (RF4 adjacency) se requiere formular búsquedas más complejas y más específicas. El programa cuenta con cuatro diferentes algoritmos de búsqueda, en este trabajo se emplearon: maximum representation problem y minimum area problem.

El problema de la máxima representatividad o “maximum representation problem”, tiene como meta principal maximizar la representatividad de la biodiversidad (Ciarleglio et al., 2010) y en este caso el tamaño del área y el número de celdas tuvieron el mismo peso (0.5). En ésta búsqueda existe la opción de maximizar el peso de las especies geográficamente más raras como objetivo de la representatividad, ya que calcula el objetivo de representatividad individual y trata de maximizar su porcentaje con respecto a las otras especies (Ciarleglio et al. 2010).

El algoritmo de área mínima o “minimum area problem”, tiene el objetivo de minimizar el área con la restricción de lograr satisfacer el objetivo de representatividad para todos los taxones (Ciarleglio et al., 2010). El objetivo de representatividad es un valor numérico que refleja el porcentaje del área a conservar para cada taxón.

Las rutinas para ambos algoritmos fueron ejecutadas con dos diferentes objetivos de representación: el 10% y el 25%. Por último se realizaron dos ejercicios más, los cuales funcionaron como mapas testigo o control, ya que no se incluían ni excluían celdas.

2) Cuantificación:

Con el fin de comparar cuantitativamente los resultados entre sí y con respecto al SAC y al CMM, se realizó el conteo de celdas, se calculó el área en km² y el perímetro de los diferentes sistemas de APC resultantes del análisis en ArcGis 9.3 (ESRI, 2008). Para conocer el índice de fragmentación al que se expone el sistema de áreas, ya sean nuestras propuestas o las actualmente destinadas a la conservación, se calculó el valor de la forma, que es el cociente del perímetro entre el área, en donde los valores más bajos indican menor grado de fragmentación (Santos *et al.*, 2006).

Por otro lado se buscó determinar la cantidad de área que coincidía entre las áreas actualmente destinadas a la conservación y las propuestas resultantes. Se obtuvieron las celdas resultantes de la intersección de ambos polígonos ($SAC \cap APC$), siendo SAC el sistema actual y APC el propuesto en este trabajo. Además se calculó el área de las ANP y las propuestas fuera de la intersección: $(SAC - (SAC \cap APC))$ y $(APC - (SAC \cap APC))$.

Por último, para encontrar las zonas que a pesar de estar decretadas no son prioritarias para la conservación de los mamíferos reportados como endémicos en el CMM, se buscaron aquellas celdas que cubrieran los siguientes requisitos: estar dentro de los polígonos de ANP, no estar perturbadas y no estar incluidas en las propuestas.

4. RESULTADOS

4.1. Modelos de distribución de especies

Para cada uno de los taxones utilizados se obtuvo un modelo de distribución, en todos los casos los valores de AUC fueron mayores a 0.9 (Ver Apartado 9.2).

4.2. Priorización de áreas de conservación

A continuación se describen los resultados obtenidos con las distintas rutinas de búsqueda en ConsNet (problemas).

Rutina de búsqueda Máxima Representatividad

A partir de los datos obtenidos en la primera rutina de ConsNet, con el algoritmo del problema de máxima representatividad, no se obtuvieron nuevas APC, es decir, el resultado se restringe a las ANP. Además este análisis no satisface el objetivo de representatividad para ningún taxón del estudio, indicando así que las ANP no protegen a los mamíferos que conforman el área de endemismos del CMM. Por esta razón, los resultados de ésta rutina fueron considerados como inadecuados como estrategia de conservación, y no se continuó explorando este algoritmo (Fig. 5).

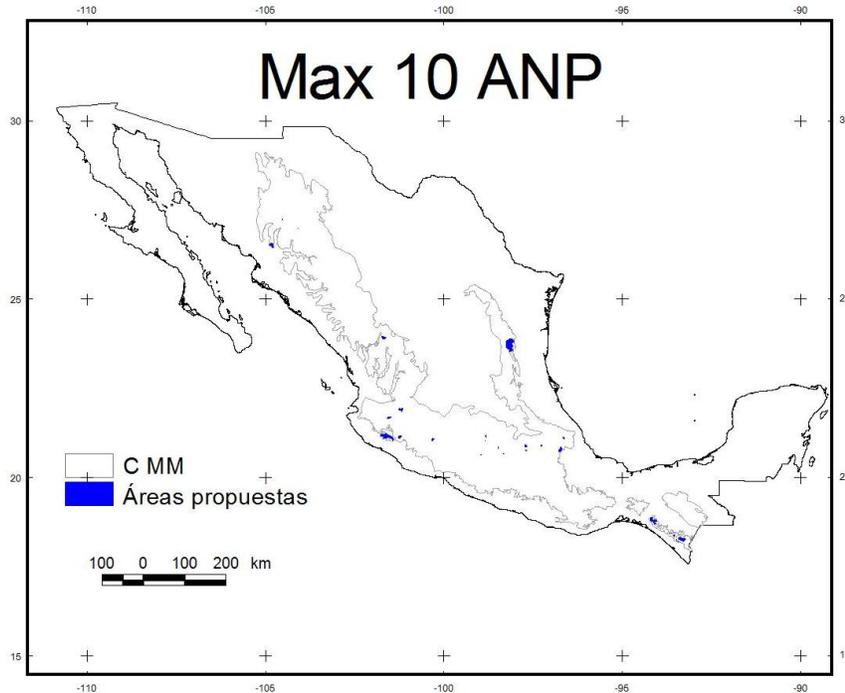


Figura 5: Mapa resultado del análisis Maximum representation problem con 10% de representatividad incluyendo ANP.

Rutina de búsqueda del Área Mínima

Con los resultados de la rutina del algoritmo de área mínima, en todos los casos se llega a satisfacer el objetivo de representatividad de todos los taxones, ya sea el 10% o el 25%.

10% de representatividad.- Los resultados con el objetivo de representatividad del 10%, incluyan las ANP o no, tomen en cuenta los indicadores de presión antropogénica o no, oscilan alrededor del 6.5% de la superficie total del CMM. Sin embargo si observamos el valor de la forma en Testigo min 10 presenta los valores más bajos. Por otro lado Min 10 y Min 10 ANP tienen valores semejantes (Ver Cuadro 4).

Ahora bien si analizamos las coincidencias de las propuestas resultantes de este trabajo con las ANP, observamos que en términos de tamaño de área, no se observan diferencias importantes entre el Min 10 y Testigo min 10. Sin embargo, cuando

comparamos el porcentaje de intersección resultado de la búsqueda y las ANP, se observa que Min 10 incluye sólo el 15%, mientras que Min 10 ANP incluye el 75% del área ocupada por ANP. Además, se observa una gran coincidencia geográfica entre Min 10 y Min 10 ANP, más del 80% del área de cada una de las propuestas (Cuadro 5).

La red de ANP actual cuenta con 7,163 km² en el CMM, lo que resulta insuficiente para lograr conservar el objetivo de representatividad del total de mamíferos reportados como endémicos del CMM, por lo que harían falta adicionar 31,402 km² si tomamos en cuenta a las ANP existentes y quisiéramos adicionar nuevas APC. En caso de no tomar en cuenta las ANP, se necesitarían un total de 37,460 km².

Por otro lado, se observa que la propuesta de Min10 ANP localiza la mayoría del área priorizada en la provincia de la Sierra Madre Occidental (35%), seguida de la Faja Volcánica Transmexicana (30%) y la Sierra Madre del Sur (11%).

Ahora bien, si analizamos la estructura espacial del paisaje (índice de fragmentación) se observa que las ANP tienen un índice del 0.35. Al comparar los resultados de las distintas búsquedas, se observa que Testigo min 10 es la que muestra un menor índice de fragmentación (0.52), sin embargo esta rutina no incluye los factores antropogénicos. Por su parte, Min 10 y Min 10 ANP muestran valores muy semejantes, ambos por arriba del 0.75.

Cuadro 4: Resultado de la cuantificación de los mapas producto de ConsNet.

Problema	Pixeles	Área km ²	% del CMM	Perímetro	Forma
CMM	453,619	560,113	100.00	23,310	0.04
ANP	5,801	7,163	1.28	2,515	0.35
Max10ANP	4266	5,267.5	0.94	2034.96	0.39
Min10	30338	37,460.3	6.69	28949.8	0.77
Min10ANP	31233	38,565.4	6.89	28767.4	0.75
ControlMin10	29456	36,371.2	6.49	18819.4	0.52
Min25	83212	102,747.3	18.34	68105.5	0.66
Min25ANP	83798	103,470.8	18.47	67832	0.66
ControlMin25	78534	96,971	17.31	39709.5	0.41

Cuadro 5: Comparación entre los sistemas con ANP permanentemente incluidas y no incluidas

Comparación	% de \cap	área en km	% representación ANP
Min10 \cap Min10ANP	82.5	30889.5	85.3
Min25 \cap Min25ANP	91.9	94424.0	98.7

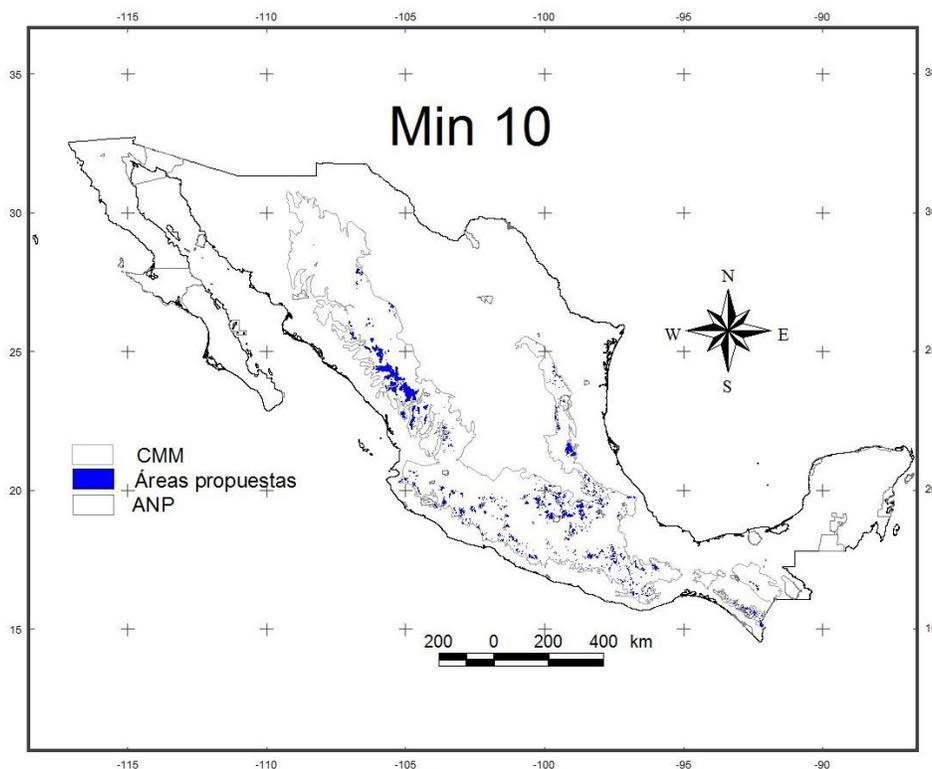


Figura 6: Mapa resultado del análisis Minimum area problem con 10% de representatividad.

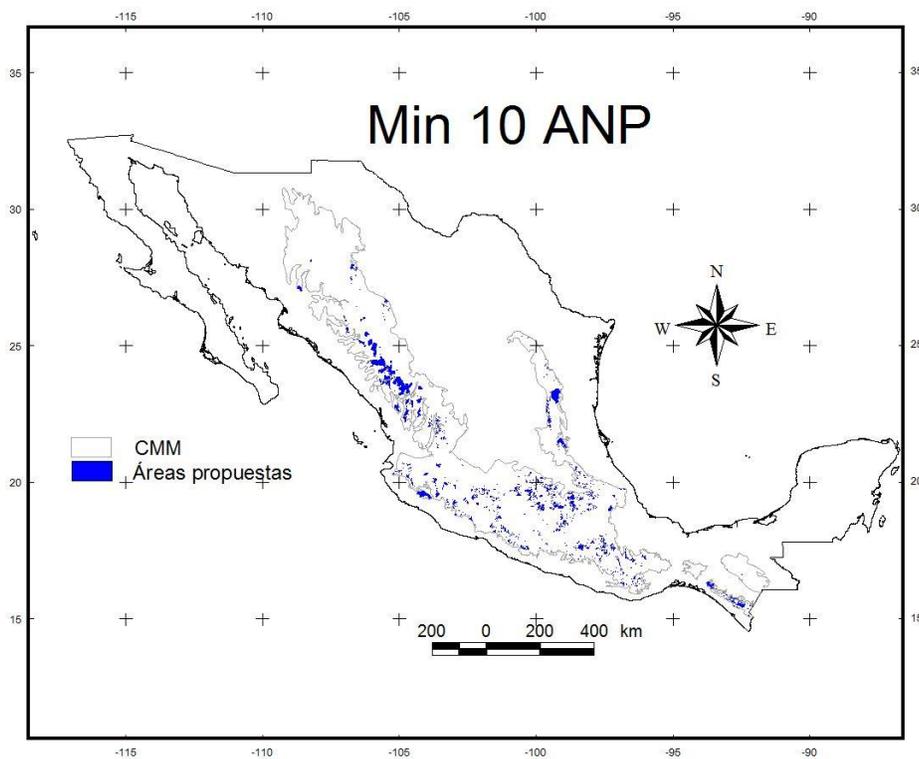


Figura 8: Mapa resultado del análisis Minimum area problem con 10% de representatividad incluyendo ANP

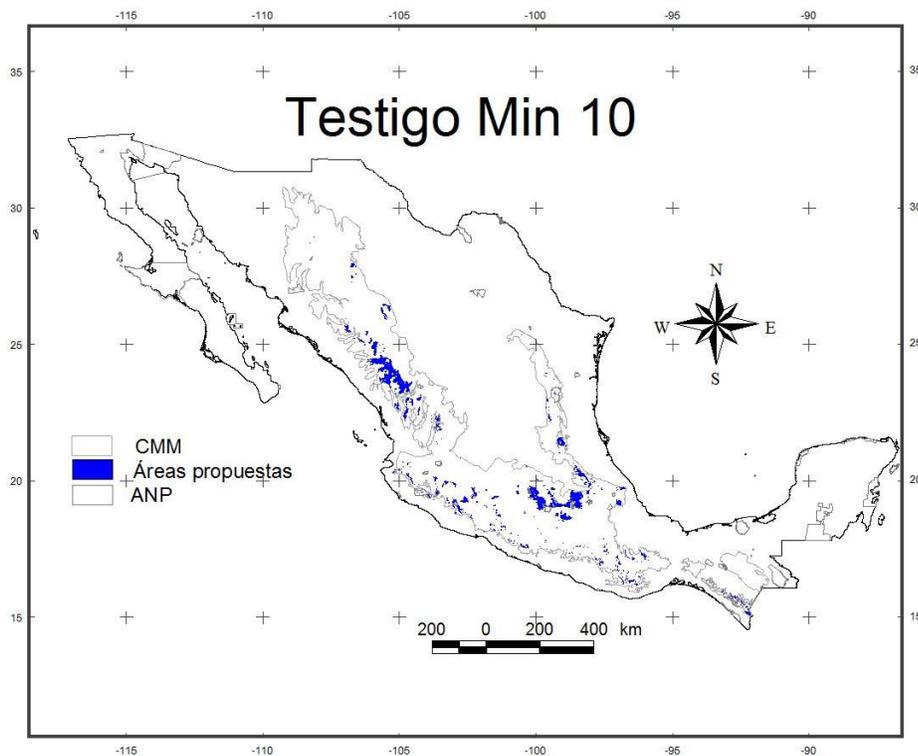


Figura 7: Mapa resultado del análisis Minimum area problem con 10% de representatividad sin incluir datos de presión antropogénica ni ANP.

25% de representatividad.- Los resultados obtenidos de las tres rutinas con el 25% de representatividad buscan conservar alrededor del 17.5% del CMM, sin importar cuáles celdas permanentemente incluidas o excluidas estén activadas. (Ver Cuadro 4).

Por otro lado, al analizar la cantidad de área que coincide de las propuestas obtenidas en éste trabajo con las ANP, observamos que existe una diferencia de más de 1,000 km² entre la rutina que incluye las ANP y la que no las incluye, siendo necesaria mayor cantidad de área en ésta última. Además al comparar el porcentaje de intersección de nuestra propuesta con las ANP, observamos que el Min 25 coincide en 34.8% mientras que el Min 25 ANP coincide hasta en 78.2% de la distribución. Por último, se observa casi un 92% de coincidencia geográfica entre las propuestas Min 25 y Min 25 ANP (Cuadro 5).

La propuesta con el valor de la forma más bajo fue, como en el caso del 10%, el Testigo min 25 con apenas una centésima por arriba del 0.4, mientras que Min 25 y Min 25 ANP tienen ambos el valor de 0.66. Es importante hacer notar que los valores de fragmentación de estas rutinas son mejores a los de la rutina con el objetivo de representatividad menor.

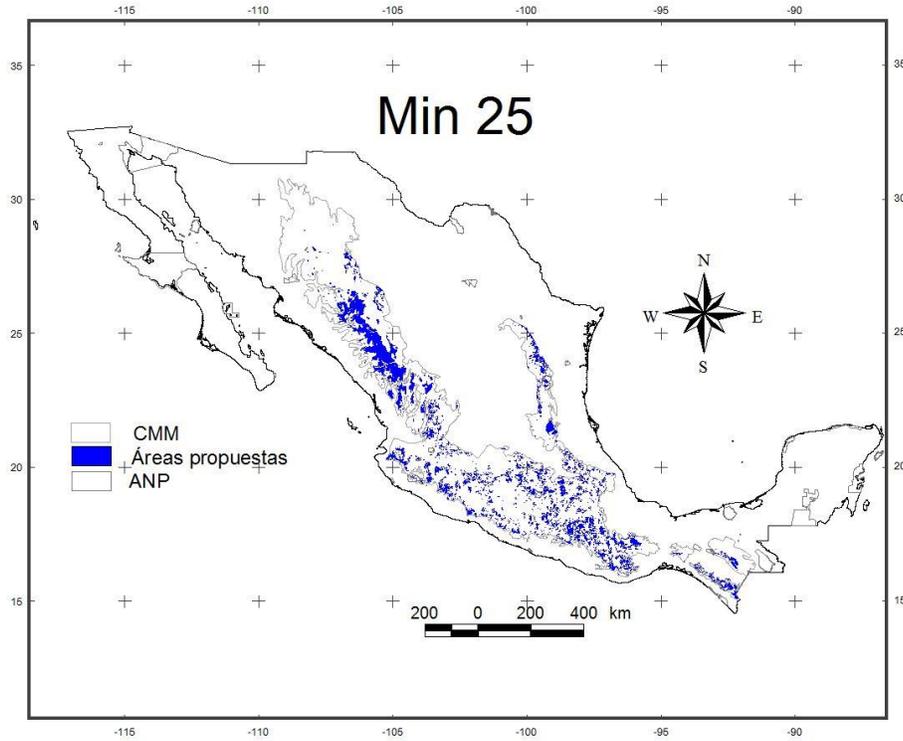


Figura 10: Mapa resultado del análisis Minimum area problem con 25% de representatividad sin incluir ANP.

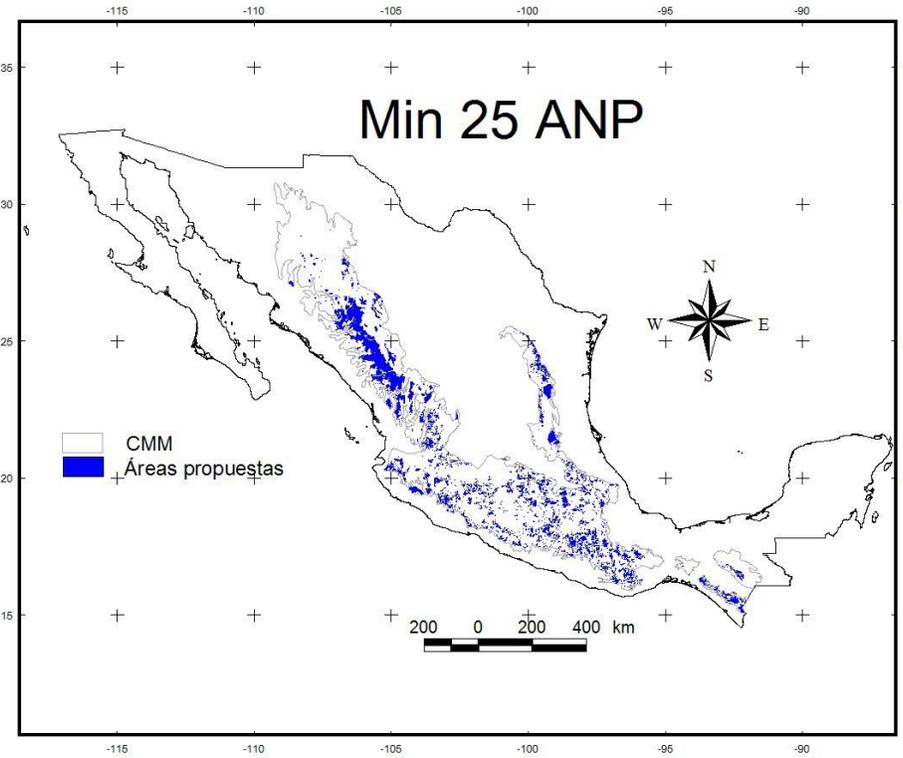


Figura 9: Mapa resultado del análisis Minimum area problem con 25% de representatividad incluyendo ANP

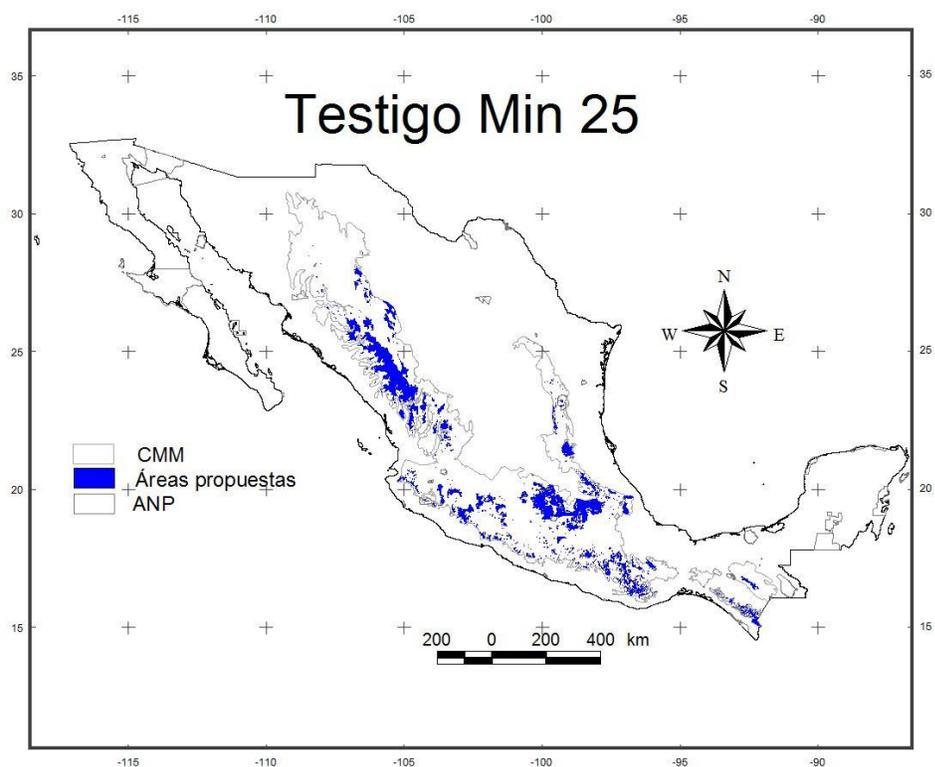


Figura 11: Mapa resultado del análisis Minimum area problem con 10% de representatividad sin incluir datos de presión antropogénica ni ANP.

Comparación de ANP y las propuestas de este estudio

Min 10.- Al analizar el resultado de la rutina con Min 10 y las ANP del CMM, se encontró que del total de la superficie de las ANP solamente el 15.2% coincide con ésta propuesta (Fig. 12).

Por otro lado, el sistema coincide en menos del 4% con las ANP, es decir, que el 96.8% de la superficie prioritaria para la conservación de los mamíferos endémicos del CMM no está dentro de ningún área destinada a la conservación. Harían falta 36,263 km² para alcanzar el objetivo de representatividad (Cuadro 6).

Min 10 ANP.- En este sistema a pesar de tener como área permanentemente incluida las ANP, se seleccionan 5,370 km² (75%) pues existen áreas perturbadas y con presión

antropogénica (Fig. 13). Cabe resaltar que el área necesaria para alcanzar el objetivo de representatividad tomando en cuenta las ANP es de 33,062 km², la menor cantidad de todos los sistemas (Cuadro 6).

Testigo Min 10.- Al comparar el resultado de la rutina que no toma en consideración ninguna de las variables de presión antropogénica con las demás, observamos que contiene el menor porcentaje de representación del área de las ANP (menos del 15%).

La cantidad de área que se necesitaría para llegar al objetivo de representatividad en ésta rutina es 35,263 km² (Fig. 14).

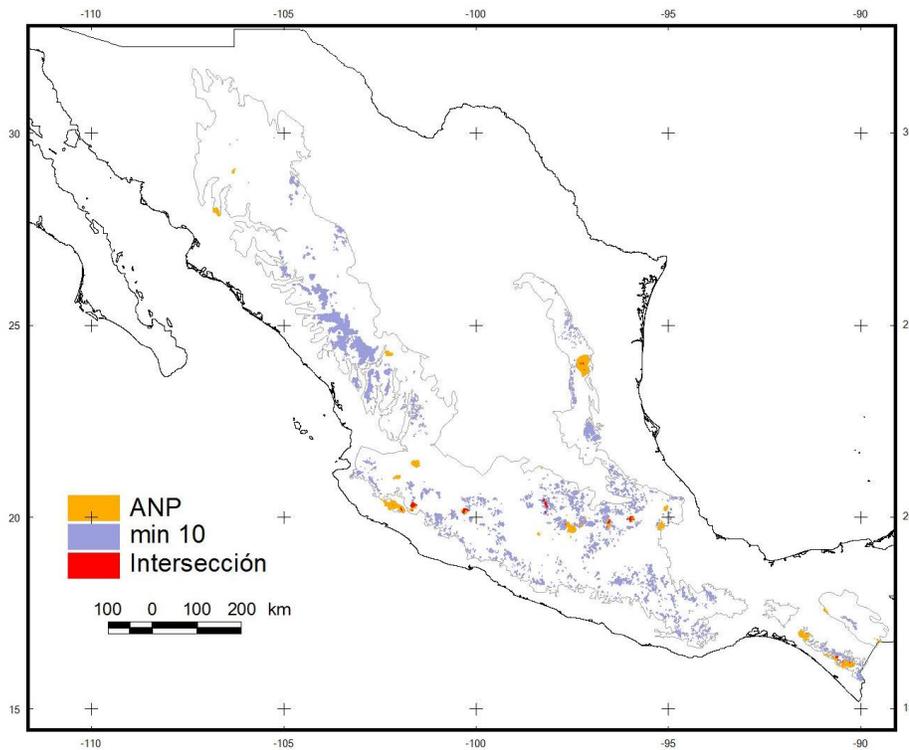


Figura 12: Comparación de los polígonos de las ANP con los resultados de la rutina min 10

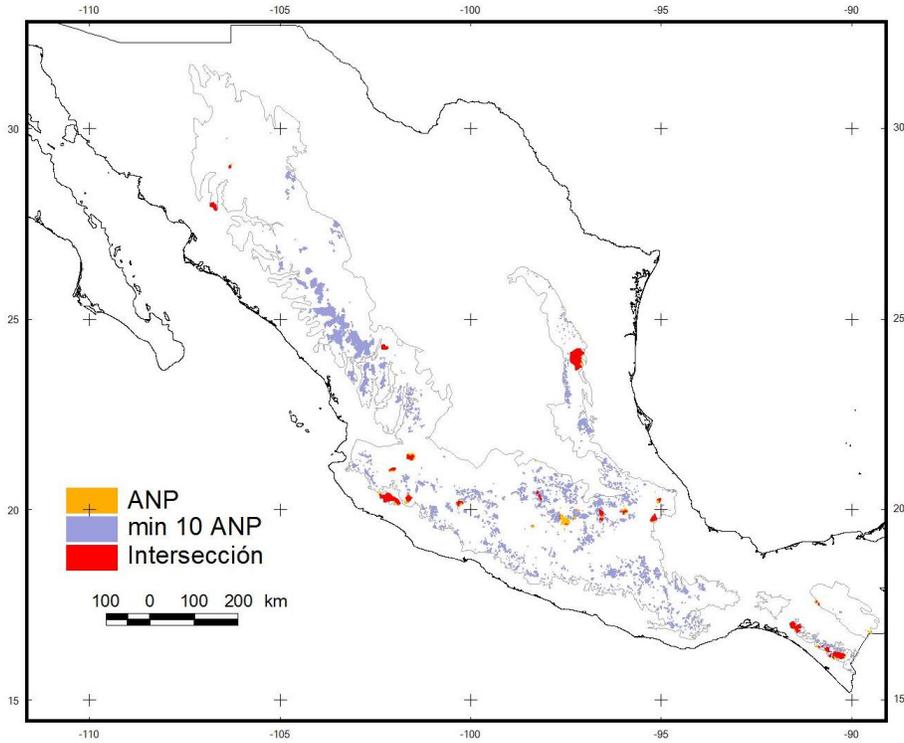


Figura 13: Comparación de los polígonos de las ANP con los resultados de la rutina min 10 ANP

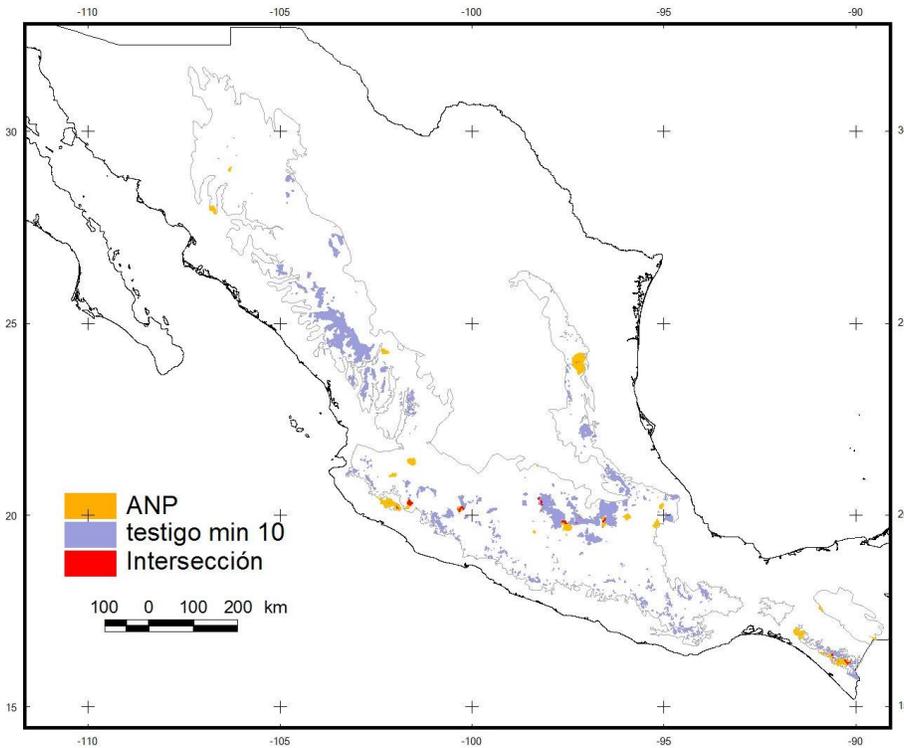


Figura 14: Comparación de los polígonos de ANP con los resultados de Testigo min 10

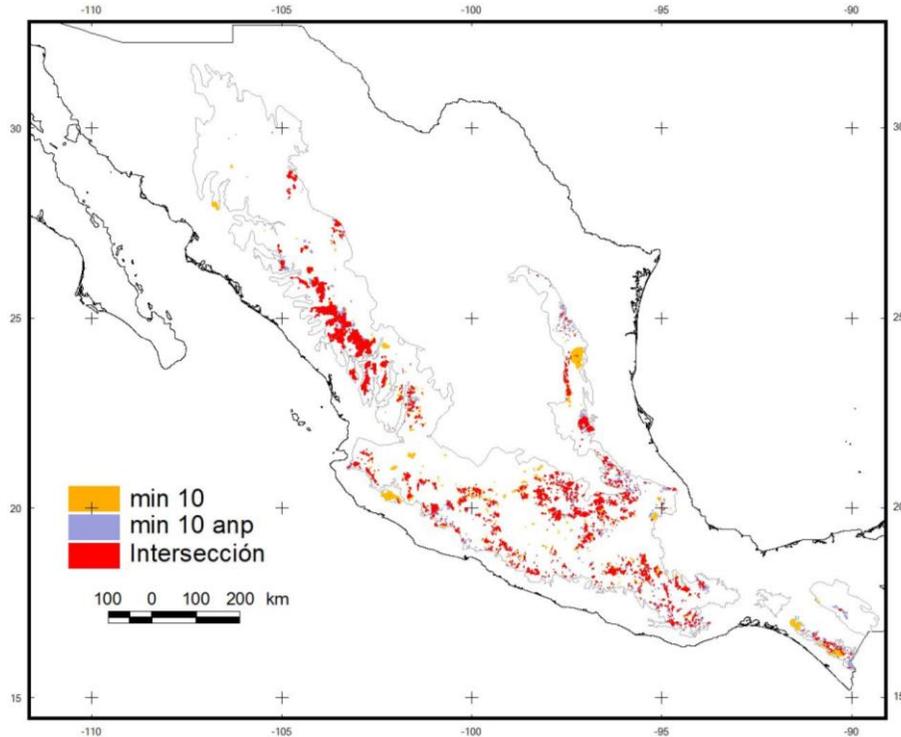


Figura 15: Comparación de los polígonos resultantes de la rutina min 10 y min 10 ANP

Min 25.- En este sistema a pesar de no tener como área permanentemente incluida las ANP, se seleccionan 34.8% del total de territorio de éstas. Pero además se observa que más del 97% del área de la propuesta no está incluyendo las ANP (Fig. 16)

Min 25 ANP.- Al analizar el resultado de la rutina con Min 25 y las ANP del CMM, se encontró que del total de la superficie de las ANP, el 78.2% coincide con ésta propuesta. Es mucho mayor a cualquiera de las rutinas anteriores, esto es posible ya que la restricción de área es mucho mayor (Fig. 17).

Por otro lado, el sistema coincide en menos del 6% con las ANP, es decir, que el 94.3% de la superficie prioritaria para la conservación de los mamíferos endémicos del CMM no está dentro de ningún área destinada a la conservación si se quisiera alcanzar el objetivo del 25%.

Testigo Min 25.- Al comparar el resultado de la rutina que no toma en consideración ninguna de las variables de presión antropogénica con las demás, se observa que contiene el menor porcentaje de representación del área de las ANP incluyendo 28.6% y coincidiendo con el Testigo Min 10 con el porcentaje de área fuera de ésta área en un 97%.

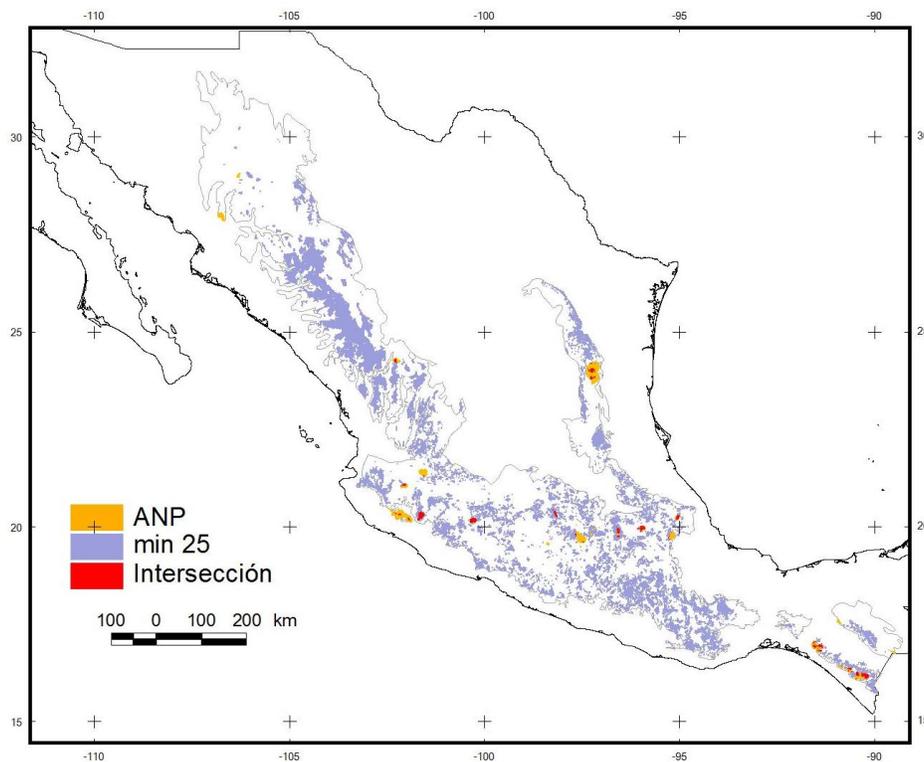


Figura 16: Comparación de los polígonos de ANP y los resultados de Min 25

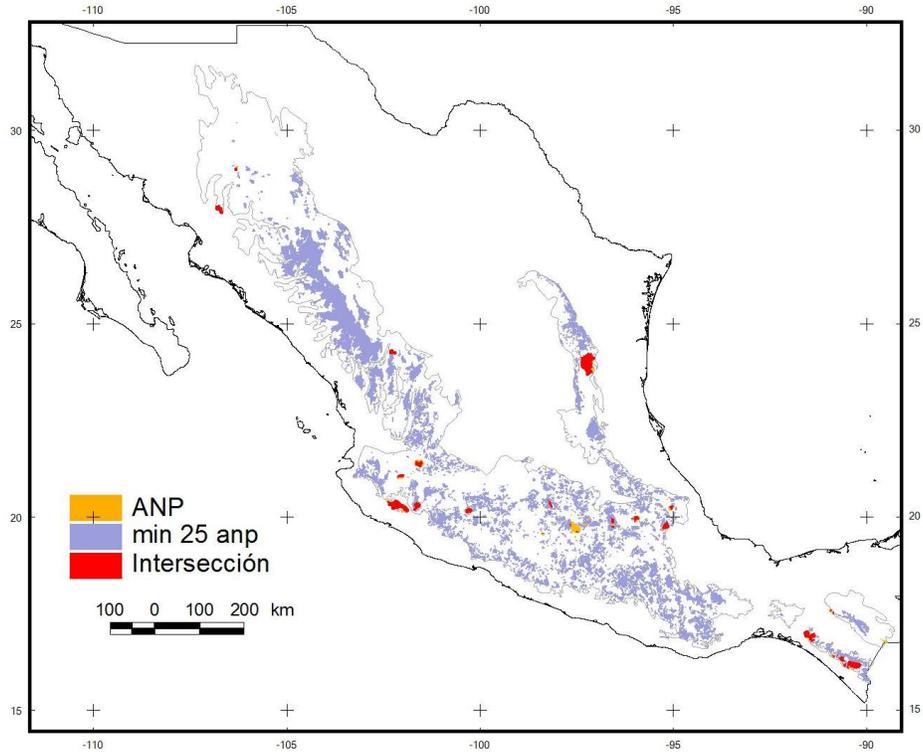


Figura 17: Comparación de los polígonos de ANP y los resultados de Min 25 ANP

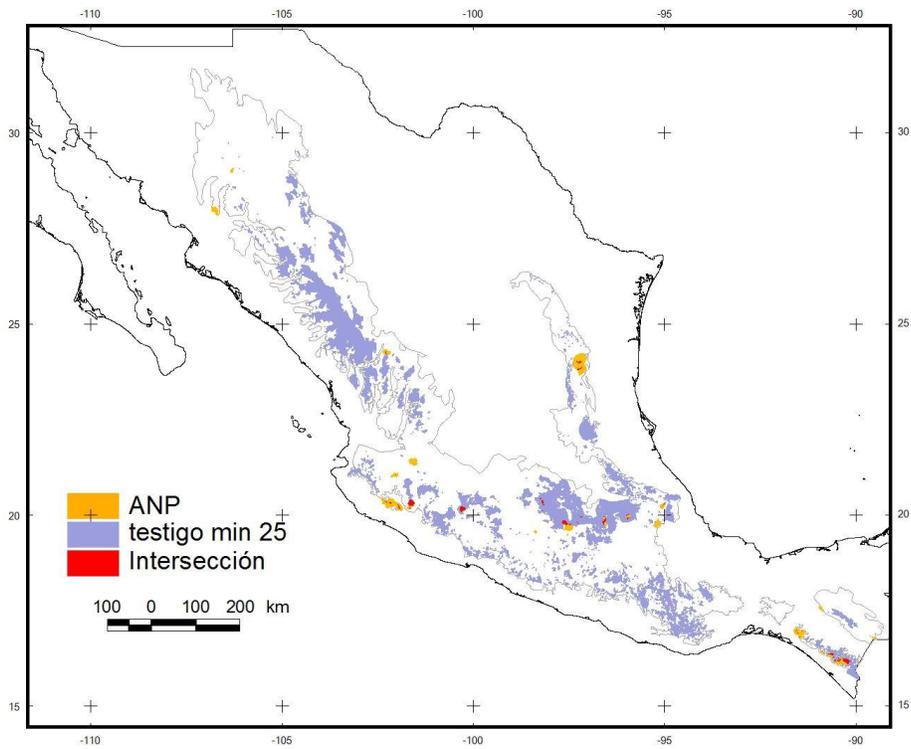


Figura 18: Comparación de los polígonos de ANP y los resultados de Testigo Min 25

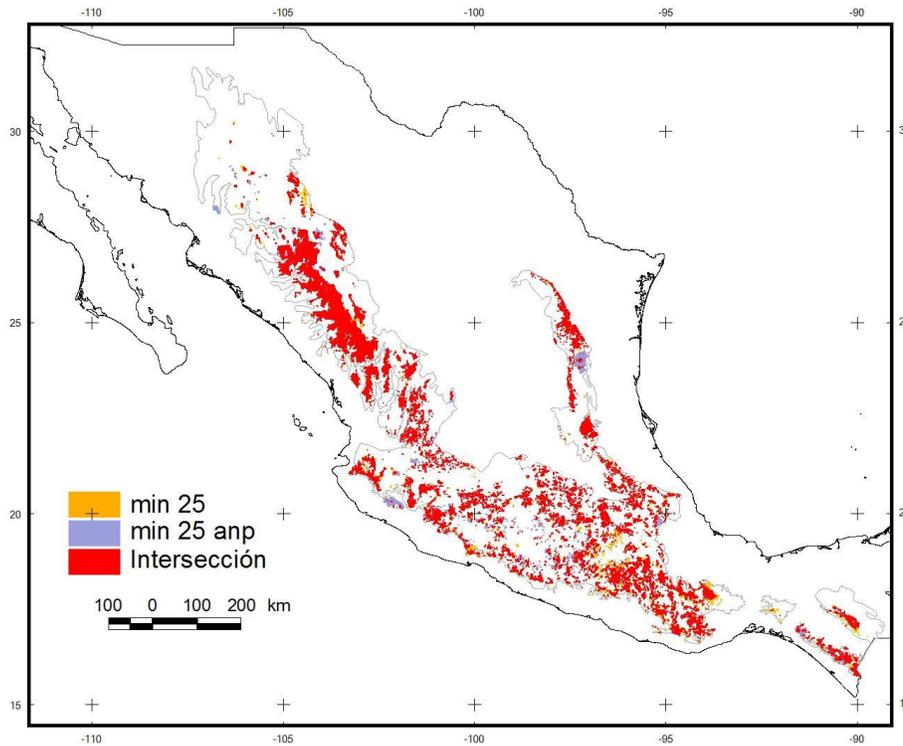


Figura 19: Comparación de los polígonos de Min 25 y los resultados de Min 25 ANP

Cuadro 6: Análisis de la intersección de las propuestas del trabajo con las ANP.

Comparación	Área en común (km ²)	Representación ANP (%)	No intersección de propuesta con ANP (%)	No intersección de propuesta (km ²)
ANP ∩ Min10	1091.3	15.2	96.8	36263.5
ANP ∩ Min10ANP	5370.3	75.0	85.7	33062.3
ANP ∩ Min25	2491.3	34.8	97.3	99922.7
ANP ∩ Min25ANP	5602.4	78.2	94.3	97514.1
ANP ∩ Testigo10	1038.3	14.5	97.0	35263.5
ANP ∩ Testigo25	2046.9	28.6	97.6	94673.4

5.- Discusión.

En este trabajo se logró el objetivo de elaborar propuestas de APC de los mamíferos endémicos del CMM de acuerdo con el protocolo de PSC, basado en los modelos de distribución de los mamíferos reportados como endémicos del Componente Mexicano de Montaña, con la meta de satisfacer la máxima representatividad, endemismos y complementariedad del grupo con el mínimo de tamaño de área.

Además, al contrastar los resultados con el SAC se observó que éste resulta insuficiente para conservar las áreas de distribución de los mamíferos endémicos del CMM, incluso incluyendo el área que contiene los indicadores de perturbación antropogénica que se eligieron.

La selección de uno de los análisis resultantes en este trabajo, como propuesta a ser llevada a cabo no es fácil. En primer lugar se puede decir que cualquiera es mejor que la propuesta actual, ya que se elimina el territorio con degradación antropogénica. Por otro lado, desde la perspectiva del grupo seleccionado, el resultado de la rutina de *maximum representation problem* llegó al límite de la restricción por territorio antes que cubrir satisfactoriamente el 10 % de representatividad por especie. Podría indicar no ser informativo, pero al observar el mapa encontramos que las áreas resultantes se limitan a las ANP presentes en el CMM; es decir, si sólo se toman las ANP actuales no se alcanza el 10% de representatividad de los mamíferos reportados como endémicos en el CMM.

Las rutinas con el algoritmo *minimum area problem* logran satisfacer al 100% el objetivo de representatividad del conjunto de especies seleccionadas proponiendo nuevos territorios a conservar.

Para ambas rutinas, con el 10% y 25% se tiene una desventaja: la fragmentación. Al revisar el índice de fragmentación, se encontró que ninguna propuesta está por debajo

del 0.5, esto indica que la degradación del suelo es muy grande en las regiones montañosas de México, especialmente en la Faja Volcánica Transmexicana.

Por otro lado, si se compara la cantidad de territorio que se necesita adicionar para cumplir con el objetivo de representatividad, en el caso del 10% se necesitan agregar cerca de 30,000 km² a las ANP actuales y para el 25% más de 95,000 km², casi tres veces más. En el sentido económico, sería más recomendable el uso del 10% de representatividad. Es importante hacer notar que si bien es cierto que la cantidad de territorio adicional parece ser demasiada, no es más que el resultado del cambio del uso del suelo en este momento, pues según la investigación de Fuller *et al.* (2007) en 30 años será necesario 90% más territorio del que actualmente se necesita, para conservar a los mamíferos endémicos de México.

En consecuencia a todo lo anterior, el SAC que propongo como más adecuado para ser implementado es el Min 10 ANP ya que cumple con las siguientes características: a) permite conservar más de 18,000 km² de áreas montañosas sobre los 2,400 msnm; b) alcanza el objetivo de representatividad para las 24 especies de mamíferos elegidos como indicadores de la biodiversidad; c) es el sistema que menos área adicional necesita, ya que toma en cuenta las ANP existentes (50,000 km² aproximadamente, menos que el Min 25 ANP); y d) alcanza el objetivo de representatividad de la especie con la distribución más restringida, *Romerolagus diazi*, con un 61.6% de su distribución.

Este estudio resulta convergente con el trabajo de Urbina- Cardona *et al.* en 2012, en el sentido que las áreas que ellos proponen, para herpetofauna, están en las montañas del sureste mexicano. La diferencia es que el concepto de endemismo que utilizan estos autores no incluye homopatría.

La estrategia de priorización de áreas tomando 10% como objetivo de representatividad para los taxones coincide con el trabajo de Pous *et al.* en 2011 y así mismo coincide en que ésta meta de conservación no necesariamente garantiza la persistencia de las especies a través del tiempo, sino que es la mejor económicamente hablando. Para una propuesta con más precisión, tomando en cuenta metas como la persistencia, es necesario conocer los procesos naturales de los organismos, factores de cambio climático y mayor cantidad de taxones de diferentes grupos además de continuar con la PSC en los pasos 7-11 para asegurar la supervivencia de la biota así como efectuar las acciones de conservación efectivamente.

Por último, desde mi punto de vista, es necesario realizar acciones inmediatas con el fin de conservar la biodiversidad en el mundo; particularmente en nuestro país la propuesta que resulta mejor económicamente, espacialmente y satisfactoriamente para la representatividad al 10% es algo utópico, mas no imposible. Si aun siendo la más barata económicamente, lamentablemente resultase costosa para muchas personas que pueden ser fundamentales en la toma de decisiones de este tipo, igualmente recomendaría que si no existiese la adición de áreas por lo menos deberían existir esfuerzos para la restauración de las zonas degradadas en las actuales ANP.

6.- Conclusiones

- Los patrones de distribución de las especies endémicas pueden ser utilizadas como subrogados para la PSC.
- El actual SAC resulta ser insuficiente como única estrategia de conservación desde la perspectiva de los mamíferos reportados como endémicos en el CMM.
- Con el objetivo de conservar la biota en nuestro país, resulta útil el objetivo de representatividad de 10%, excluyendo las áreas con presión antropogénica como el cambio de uso del suelo, las carreteras y las ciudades.

7. REFERENCIAS

- Alarcón, V. M., 2005. *Spermophilus mexicanus*: hurón, motocle. p. 566-567. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Aragón, E. E. 2005. *Sciurus nayaritensis*: ardilla. p. 553-554. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Arriaga, L., C. Aguilar, D. Espinosa, and R. Jiménez, coordinadores. 1997. Regionalización ecológica y biogeográfica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Ávila, F. R. 2005. *Sorex emarginatus*: musaraña. p. 144-145. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Cantú, C., R. G. Wright, J. M. Scott, E. Strand. 2004. Assessment of current and proposed nature reserves of Mexico based on their capacity to protect geophysical features and biodiversity. *Biological Conservation*. (115): 411-417.
- Ceballos, G. y G. Carreón Arroyo. 2005. *Cryptotis goldmani*: musaraña. Pp. 127-128. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Ceballos, G. y P. Manzano. 2005. *Glacomys volans*: ardilla voladora. Pp. 531-533. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. Los mamíferos silvestres de México. CONABIO – Fondo de Cultura Económica, México D.F. pp. 988.

- Cervantes, F. A., N. A. Figueroa, F. J. Romero y A. L. Colmenares. 2005. *Sylvilagus insonus*: conejo de omiltemi. p. 847-848. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Chávez, C. B. 2005. *Neotomodon alstoni*: ratón de los volcanes. p. 699-701. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Chávez, C. B. y L. A. Espinosa. 2005. *Peromyscus leucopus*: ratón. p. 744-745 En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Ciarleglio, M. 2008. Maxent2ConsNet Manual Ver.1.00. University of Texas-Austin.
- Ciarleglio, M., J. W. Barnes and S. Sarkar. 2009. ConsNet: new software for the selection of the conservation area networks with spatial and multi-criteria analyses. *Ecography*, Vol. 32. Pp. 205-209.
- Ciarleglio, M., J. W. Barnes, S. Sarkar. 2010. ConsNet- A tabu search approach the spatially coherent conservation area network design problem. *J. Heuristics*. Vol. 16: 537-557.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2014. <http://www.conabio.gob.mx>. Consultado marzo 2013.
- Cuervo-Robayo, A. P. & O. Monroy-Vilchis. 2012. Distribución potencial del jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) en Guerrero, México: persistencia de zonas para su conservación. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 60 (3): 1357-1367.
- Esri, 2008, Mapping Software, Solutions, Services, Map Apps and Data. www.esri.com. Consultado marzo 2014.
- Engstrom, M. D. 2005. *Nelsonia goldmani*: rata. p. 680. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.

- Escalante, T., G. Rodríguez y J. J. Morrone. 2005. Las provincias biogeográficas del Componente Mexicano de Montaña desde la perspectiva de los mamíferos continentales, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76 (2): 199- 205.
- Escalante, T., G. Rodríguez, J. J. Morrone. 2004. The diversification of Nearctic mammals in the Mexican transition zone. *Biological Journal of the Linnean Society* 83: 327-339.
- Escalante T., G. Rodríguez, N. Gámez, L. León-Paniagua, O. Barrera y V. Sánchez-Cordero. 2007. Biogeografía y conservación de los mamíferos. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. UNAM. Pp.485-502.
- Escalante, T., V. Sánchez-Cordero, J. J. Morrone, M. Linaje. 2007. Deforestation affects biogeographical regionalization: a case study contrasting potential and extant distributions of Mexican terrestrial mammals. *Journal of History* 41: 965-984.
- Escalante, T., J. J. Morrone y G. Rodríguez-Tapia. 2013. Biogeographica: regions of North American mammals based on endemism, *Biological Journal of the Linnean Society*.
- Escalante, T. 2013. Atlas biogeográfico de los mamíferos terrestres de América del Norte: una nueva opción en internet. *Therya* 4(1):5-8. Escalante, T. and G. Rodríguez-Tapia. 2011. Base de datos geoespacial de mamíferos terrestres de América del Norte: una aproximación a sus patrones biogeográficos y conservación. En: J. F. Mas, G. Cuevas y R. González (comps.). *Memorias de la XIX Reunión Nacional SELPER-México*. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM. pp. 110-113.
- Espinosa, D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. Endemismo, áreas de endemismo y regionalización biogeográfica. pp. 31-37. En: *Introducción a la biogeografía en*

- Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones. J. Llorente y J. J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias, México, D. F.
- Fahrig, L. 1994. Relative Effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *J. Wild Manage.* 61(3): 603-610.
- Figuroa, F., V. Sánchez-Cordero, J. A. Meave e I. Trejo. 2009. Socioeconomic context of land use and land cover change in Mexican biosphere reserves. *Environmental Conservation* 36 (3):180-191.
- Fuller, T., V. Sánchez-Cordero, P. Illoldi-Rangel, M. Linaje. 2007. The cost of postponing biodiversity conservation in Mexico. *Biological Conservation*. Vol. 134. Pp. 593-600.
- Gaona, O. y R. A. Medellín. 2005. *Zigogeomys trichopus*: tuza. p. 610-611. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF), 2014. (<http://gbif.org/>). Consultado marzo 2013.
- Godínez, A. H. 2005. *Myotis ciliolabrum*: murciélago. p. 282-283. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- González, R. M. y F. A. Cervantes. 2005. *Microtus mexicanus*: meteorito. p. 659-660. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- INEGI. 2013a. Uso de suelo y vegetación. Datos vectoriales escala 1:250 000 Serie V (Capa Unión). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/usuarios/>. Consultado 01/12/2014.
- INEGI. 2013b. Área Natural Protegida. Recursos Naturales. Datos vectoriales escala 1: 1 000 000; <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclat/>. Consultado 01/10/2013.

- INEGI. 2013c. Topografía. Datos vectoriales 1:1 000 000.
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/topografia_1m.aspx. Consultado 01/10/2013.
- INEGI. 2013d. Localidad Urbana. Topografía. Datos vectoriales 1:1 000 000.
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/topografia_1m.aspx. Consulted 01/10/2013.
- IUCN. 2014. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.2.
<http://www.iucnredlist.org>. Consultado 12/12/2013.
- León, P. L. 2005. *Euderma maculatum*: murciélago moteado. p. 265-266 En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- León, P. L. y T. Monterrubio. 2005. *Cratogeomys neglectus*: tuza. p. 591-592. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Lira, I. E. y S. Gaona. 2005. *Reithrodontomys chrysopsis*: ratón. p. 780. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- López-Wilchis, R. 2005. *Corynorhinus mexicanus*: murciélago. p.258-59. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Margules, C.R. & Pressey R.L. 2000. Systematic conservation planning, *Nature*. p. 243-253.
- Margules, C.R., y S. Sarkar. 2009. Planeación sistemática de la conservación.
UNAM CONANP CONABIO, México.

- Mammal Networked Information System (MaNIS), 2013. <http://www.maniset.org>. Consultado marzo 2013.
- Morrone, J. J., J. Márquez. 2003. Aproximación a un atlas biogeográfico mexicano: Componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. En: Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, J. J. Morrone y J. Llorente (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F. p. 1-4.
- Morrone, J. J. 2006. Biogeographic areas and transition zones of Latin America and the Caribbean islands based on panbiogeographic and cladistic analyses of the entomofauna, *Annu. Rev. Entomol.* 51:467–94.
- Morrone, J.J. 2004. Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileira de Entomología* 48(2): 149-162.
- Mas, J.F., A. Velázquez, J.R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, C. Alcántara, G. Bocco, R. Castro, T. Fernández, A. Pérez-Vega. 2004. Assessing land use/cover changes: a nationwide multirate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 5:249-261.
- Masera, O. R., M.J. Ordóñez, R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. *Climatic Change*. 35: 265-295.
- Noguera-Urbano, E.A. & T. Escalante. 2013. Datos geográficos de los murciélagos (Chiroptera) en el Neotrópico. *Revista Biología Tropical*. Vol. 62(1): 201-215.
- Norma Oficial Mexicana, 2014. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFs/DO2454.pdf>. Consultado febrero 2014.
- Ortega, R. J. y G. Ceballos. 2005. *Pappogeomys alcorni*: tuza. p. 604. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.

- Peña, L. A. y B. H. Meza. 2005, *Liomys salvini*: ratón espinoso. p. 631-632. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Phillips, S.J. 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning. Pp. 655-662.
- Phillips, S.J., R. P. Anderson, R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. (190): 231-259.
- Phillips, S. J. and M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- Rojas, M. A. 2005. *Neotoma nelsoni*: rata magueyera. p. 696-697. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Romero, F. J. y F. A. Cervantes. 2005. *Romerolagus diazi*: conejo zacatuche. p: 832-837. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Romero, L. A. 2005. *Neotoma palatina*: rata magueyera. p. 697-698. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- The R Project for Statistical computing, 2010, www.r-project.org. Consultado junio 2013.
- Sánchez-Cordero, V., V. Cirelli, M. Munguía M, S. Sarkar. 2005, Place prioritization for biodiversity representation using species' ecological niche modeling, *Biodiversity Informatics* 2: 11-23.
- Sánchez-Cordero V., P. Illoldi-Rangel, T. Escalante, F. Figueroa, G. Rodríguez, M. Linaje, T. Fuller and S. Sarkar. 2009. Deforestation and Biodiversity Conservation in Mexico, Nova Science Publishers, capítulo 11.

- Santos, T., J.L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*. Vol. 15 (2): 3-12.
- Soberón, J.M. Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. 2010. *Ecography*. Vol. 33. Pp. 159-167.
- Sarkar, S. y C. Margules, Operationalizing biodiversity for conservation planning. 2002. *J. Biosci.* (27): 299-308.
- Sarkar, S., A. Aggarwal, J. Garson, C. R. Margules and J. Zeidler. 2002. Place prioritization for biodiversity content. *J. Biosci.* Vol. 27 (4): 339-346.
- Semarnat. 2010. NOM059-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. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, Diciembre 30, 2010.
- Semarnat. 2014. Áreas protegidas decretadas. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/. Consultado 29/01/2014.
- Tobón, G. 2005. *Sorex monticolus*: musaraña. p. 147.148. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Takacs D. 1996. *The Idea of Biodiversity: Philosophies of Paradise*. Baltimore and London. Johns Hopkins University Press. EUA.
- Urbina-Cardona, J. N. and O. Flores-Villela. 2010. Ecological-Niche Modeling and Prioritization of Conservation-Area Networks for Mexican Herpetofauna. *Conservation Biology*. Vol. 24. Pp. 1031-1041.
- Pous, P., W. Beukema, M. Weterings, I. Dümmer, P. Geniez. 2011. Area prioritization and performance evaluation of the conservation area network for the Moroccan

- herpetofauna: a preliminary assessment. *Biodiversity Conservation*. Vol. 20. Pp. 89-118.
- United Nations Food and Agriculture Organization. 2007, <http://www.fao.org>. Consultado diciembre 2013.
- Unidad de Informática para la biodiversidad (UNIBIO) 2013. Instituto de Biología UNAM. <http://www.unibio.unam.mx>. Consultado marzo 2013.
- Valdéz, A. M. y G. Téllez-Girón. 2005. *Sciurus aberti*: ardilla. p. 542-543 En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Vázquez, L.B. y D. Valenzuela-Galván. 2009. ¿Qué tan bien representados están los mamíferos mexicanos en la red federal de áreas naturales protegidas del país? *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 249-258.
- Vegetación y uso del suelo. 2002, fecha de revisión 13/09/2013, obtenido de: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/02_vegetacion/cap2.html
- Villa, C. B., I. Barrios y E. Espinosa. 2005. *Orthogeomys grandis*: tuza. p. 601. En: Los mamíferos silvestres de México. Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). Fondo de Cultura Económica-Conabio, México, D. F.
- Wallace, A.R. 1876. *The geographical distribution of animals, with a study of the relations of living and extinct faunas as elucidating the past changes of the Earth's surface*. Vol. 1. Londres, Macmillan and Company.
- Zunino, M., A. Zullini, 2003. *Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica.

8. ANEXOS

8.1 Descripción de los mamíferos reportados como endémicos en el CMM

A continuación se hace una descripción de las especies elegidas como subrogados de biodiversidad.

Corynorhinus mexicanus: es una especie monotípica, poco común, aparentemente sus poblaciones están disminuyendo debido al deterioro de su hábitat y la constante perturbación de sus refugios con distribución en las partes más altas y húmedas de la SMO, EVT y SMOc, con una población aislada en la península de Yucatán (López-Wilchis, 2005).

Cratogeomys neglectus: especie con distribución geográfica restringida a las montañas del estado de Querétaro. Dada su restringida distribución geográfica algunos autores consideran que debería estar catalogada como especie amenazada (León *et al.*, 2005).

Cryptotis goldmani: especie monotípica de México con distribución en la SMS y la Sierra Madre de Oaxaca (Ceballos *et al.*, 2005).

Euderma maculatum: su distribución va desde Canadá y el norte de Estados Unidos de América hasta el centro de México, en el estado de Querétaro. En nuestro país solamente se han registrado cinco ejemplares. No se conoce su estado de conservación (León 2005).

Glaucomys volans: presenta distribución discontinua ya que está limitada en alrededor de 40 localidades en los sistemas montañoso SMO, EVT y la SMS (Ceballos *et al.*, 2005)

Liomys salvini: se distribuye en la vertiente del Pacífico desde la Región de Oaxaca hasta Costa Rica. Carece de una categoría de protección especial ya que parece tolerar perturbaciones de su hábitat (Peña, 2005).

Microtus mexicanus: su distribución se extiende del sureste de Estados Unidos hasta el centro y sur de México en los sistemas montañosos: SMO, SMOc, EVT y la Sierra Madre de Oaxaca. Debido a su amplia distribución y su capacidad de invadir campos de cultivo no presenta problemas de conservación (González *et al.*, 2005).

Myotis ciliolabrum: se distribuye desde Canadá hasta la porción norte y central de México en los estados de Zacatecas y Michoacán. Se desconoce su estado de conservación ya que en nuestro país son escasos y representan el límite sur de su distribución (Godínez, 2005).

Nelsonia goldmani: es una especie con una distribución fragmentada en el EVT. Podría ser capaz de soportar cierto grado de perturbación del hábitat, pero al tener una distribución tan restringida es vulnerable a la extinción (Engstrom, 2005).

Neotoma nelsoni: especie con distribución exclusiva en el estado de Veracruz. Su estatus de conservación es amenazada ya que en el estado el cambio de uso de suelo a cultivos de maíz y maguey sustituyeron la vegetación natural (Rojas, 2005).

Neotoma palatina: su distribución se restringe a una pequeña porción en el centro-oeste del Altiplano Mexicano. Se considera una especie rara por su distribución tan restringida (Romero, 2005).

Neotomodon alstoni: especie restringida al EVT. A pesar de ser endémica no se encuentra en riesgo de extinción. Es abundante en diversas localidades y mantiene distintas poblaciones en ANPs (Chávez, 2005).

Orthogeomys grandis: esta especie no presenta problemas de conservación, es muy abundante, incluso causa problemas en los cultivos. Su distribución va desde el estado de Jalisco hasta Guatemala, pasando por el centro de Oaxaca (Villa, 2005).

Pappogeomys alcorni: el estado actual de sus poblaciones es desconocido, es posible que esté en peligro de extinción ya que su distribución se restringe a una porción de la SMOc en los estados de Jalisco y Michoacán (Ortega *et al.*, 2005).

Peromyscus leucopus: se extiende desde el sur de Canadá y Estados Unidos hasta México en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila hasta el Istmo de Tehuantepec y el noroeste de la península de Yucatán. Es una especie muy común, con amplia distribución y gran tolerancia a diferentes condiciones ambientales (Chávez *et al.*, 2005).

Reithrodontomys chrysopsis: especie distribuida en las altas montañas del centro de México, desde Veracruz hasta Jalisco. Presenta tamaños poblacionales pequeños y habita zonas forestales con baja presencia humana (Lira *et al.*, 2005).

Romerolagus diazi: desde 1966 es considerada como especie en peligro de extinción, posee la distribución más restringida de los mamíferos mexicanos. Exclusiva del EVT con no más de 280 km cuadrados particularmente en los volcanes Iztaccíhuatl, Popocatépetl, Tláloc y Pelado (Romero *et al.*, 2005).

Sciurus aberti: es una ardilla de distribución discontinua en el norte del país y el sur de Estados Unidos. Dada las restringidas poblaciones del norte de México y su asociación estrecha a bosques de *Pinus ponderosa* es considerada vulnerable y sensible a la destrucción de su hábitat (Valdéz *et al.*, 2005).

Sciurus nayaritensis: con distribución casi restringida al noroeste de México en la SMOc. No se considera que presente problemas de conservación, no se encuentra en riesgo a pesar de su distribución restringida (Aragón, 2005).

Sorex emarginatus: Con distribución muy restringida a la SMOc y una población aislada en Nuevo León. No se encuentra incluida en ninguna categoría de riesgo, sin embargo es

probable que sus poblaciones sean muy escasas. El último ejemplar fue capturado en 1984 (Ávila, 2005).

Sorex monticolus: esta especie posee una distribución desde el extremo suroeste de Jalisco hasta Puebla y Veracruz, siempre en zonas altas. Se desconoce su estado de conservación pero no se encuentra en listas de especies con problemas de conservación (Tobón, 2005).

Spermophilus mexicanus: cuenta con una distribución desde el estado de Texas y nuevo México hasta el noroeste y centro de nuestro país, donde presenta dos áreas de distribución separadas en el centro del Altiplano. No cuenta con categoría de riesgo alguna ya que tiene poblaciones relativamente abundantes (Alarcón, 2005).

Sylvilagus insonus: habita exclusivamente en los alrededores de las montañas del estado de Guerrero en la SMS. Su estatus es desconocido, aunque se recomienda se tome como en peligro de extinción ya que es muy rara y su área de distribución es de menos de 500 km² y la vegetación donde habita, los bosques de coníferas, están siendo modificados y fragmentados por la intensa deforestación (Cervantes *et al.*, 2005).

Zygogeomys trichopus: Con presencia en cuatro áreas disyuntas dentro del estado de Michoacán. Debido al cambio de uso de suelo en su área de distribución su estatus de conservación es de inminente peligro de extinción (Gaona *et al.*, 2005).

8.2 Recorte de modelos

