



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN GEOGRAFÍA

**ESTRATEGIAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO COMO
MECANISMOS DE CONECTIVIDAD DEL CORREDOR BIOLÓGICO SIERRA
GORDA GUANAJUATO-QUERÉTARO-SAN LUIS POTOSÍ**

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:
LOURDES BELLO MENDOZA

DIRECTORA DE TESIS
DRA. LETICIA GÓMEZ MENDOZA
(FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS, UNAM)

CIUDAD DE MÉXICO, MAYO DE 2023



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.

Agradecimientos

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** y al **Posgrado en Geografía** por la oportunidad de desarrollo profesional, cultural y personal. Es un honor pertenecer a esta noble institución y un pilar en mi formación académica.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por la beca otorgada para realizar mis estudios de Posgrado.

A mi asesora la **Dra. Leticia Gómez Mendoza** (Colegio de Geografía) por su paciencia, dedicación y motivación para ayudarme a concluir esta etapa, gracias por no dejarme atrás. No tengo palabras para expresar mi agradecimiento, admiración y cariño. Sin duda la mejor asesora que haya podido tener. Sepa que es muy importante en mi vida.

A cada uno de los miembros del sínodo. Al **Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez**, (Colegio de Geografía), al **Dr. Ernesto Dos Santos Caetano Neto**, (Instituto de Geografía) y al **Dr. José Manuel Crespo Guerrero**, (Instituto de Geografía) por los comentarios, dedicación y acertadas observaciones que fortalecieron esta investigación. Gracias por ser mis profesores y por tanto aprendizaje, recuerdo sus clases con mucho cariño.

A la **Dra. Miriam Reyes Tovar** de la Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, por la confianza para abrirme las puertas de su casa, por su entusiasmo y disponibilidad para la revisión de esta investigación. Que el interés por la Sierra Gorda Guanajuato nos siga uniendo.

Gracias al **Dr. Paco Botello López** que me inició en la metodología para la identificación de zonas de conectividad y al **Biól. Daniel Ocaña Nava**, por ayudarme a aclarar todas las dudas sobre MaxEnt y completar la investigación.

A los directores y exdirectores de las ANP de la zona de estudio, al **Mtro. Luis Felipe Vázquez Sandoval**, a **Ma. Eugenia Mendiola González**, al **Biól. Miguel Ángel Cuellar Colín**, al **Biól. Ángel Frías García** y al **Ing. Oscar Flores Sosa** por la confianza puesta para el desarrollo de trabajo de campo y por la información proporcionada.

Al Proyecto de Investigación de la Facultad de Filosofía y Letras- UNAM: **Seminario de Investigación Clima, Biodiversidad y Salud**. Clave: SEM 01_007_2019. Responsable: Dra. Leticia Gómez Mendoza.

A mis amigos, compañeros y colegas que siempre me apoyaron y motivaron a terminar este ciclo. Y a mi familia, Juana y Maggie por la comprensión y paciencia y a Víctor por su apoyo incondicional.

Resumen Ejecutivo

Las áreas naturales protegidas de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda, la Sierra Gorda Guanajuato, el Parque Nacional Gogorrón, el Parque Nacional El Potosí y el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez se localizan en el centro-occidente de México. A pesar de ser contiguas, estos espacios naturales no cuentan con un estudio regional de conservación bajo el marco de la ecología del paisaje que permita gestionar programas de conservación en común. El objetivo de esta investigación es identificar las características socioambientales y normativas de las mencionadas zonas protegidas. La metodología consistió en aplicar el algoritmo de modelación de hábitat MaxEnt, a partir de los datos de ocurrencia de las especies enlistadas en la NOM-059 (poblaciones prioritarias para la conservación y endémicas). En la modelación se consideraron los escenarios de clima actual y cambio climático de la plataforma de Worldclim. Los resultados indican que los grupos menos favorecidos son los anfibios y las plantas mientras los mejores adaptados son los reptiles y los mamíferos. Asimismo, se constata un corredor entre El Gogorrón y la Sierra Gorda de Guanajuato que es clave para la conservación de especies prioritarias. Los resultados del estudio pueden aplicarse en los planes de manejo y los programas de adaptación al cambio climático de las áreas analizadas.

Palabras clave: MaxEnt, conectividad, Sierra Gorda, adaptación, cambio climático.

Executive brief

The natural protected areas of the Sierra Gorda Biosphere Reserve, Sierra Gorda Guanajuato, Gogorrón National Park, El Potosí National Park and Sierra de Álvarez Flora and Fauna Protection Area are located in central-western Mexico. In spite of being contiguous, these natural areas do not have a regional conservation study under the framework of landscape ecology that would allow the management of common conservation programs. The objective of this research is to identify the socio-environmental and regulatory characteristics of these protected areas. The methodology consisted of applying the MaxEnt habitat modeling algorithm, based on the occurrence data of the species listed in NOM-059 (priority populations for conservation and endemic species). Current climate and climate change scenarios from the Worldclim platform were considered in the modeling. The results indicate that the least favored groups are amphibians and plants, while the best adapted are reptiles and mammals. In addition, a corridor between El Gogorrón and the Sierra Gorda de Guanajuato is found to be key for the conservation of priority species. The results of the study can be applied to management plans and climate change adaptation programs in the areas analyzed.

Keywords: MaxEnt, connectivity, Sierra Gorda, adaptation, climate change

Índice de contenido

I. Presentación	i
II. Introducción	iii
II.I. Los corredores como parte de la ecología del paisaje	iii
II.II. Las Áreas Naturales Protegidas como opciones de conservación	v
II.III La conectividad ecológica como estrategia de adaptación ante el cambio climático.....	vii
II.IV Variabilidad y cambio climático	x
II.V Soluciones Basadas en la Naturaleza y la adaptación basada en ecosistemas	xi
II.VI. Marco teórico de referencia	xii
II.VII. Ubicación geográfica del caso de estudio	xv
II.VIII. Justificación.....	xvi
II.IX. Planteamiento del problema.....	xvii
II.X. Hipótesis de trabajo	xviii
II.XI. Objetivos.....	xviii
Capítulo 1: Diagnóstico de la problemática ambiental, y socioeconómica del área	1
1.1. Ubicación y descripción del área de estudio.....	4
1.2. Evaluación de la conectividad futura en la zona de estudio	19
1.3. Viabilidad de la conectividad ecológica.....	23
1.4. Acciones relacionadas con la variabilidad y cambio climático	25
1.5. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) y la adaptación basada en ecosistemas (AbE)	27
Capítulo 2: La Conectividad como Estrategia de Adaptación al cambio climático	33
2.1. Estudios de la conectividad en México	35
2.2. Evaluación de la conectividad futura y polígono propuesto.....	38
2.3. Propuesta para el Corredor Biológico	44
2.3.1. Interpretación de los resultados	47
2.3.2. Áreas potenciales de agregación (<i>Hotspots</i>) de biodiversidad	56

Capítulo 3: Estrategias de adaptación al cambio climático para el Corredor Biológico	68
3.1. Participación de actores clave a la investigación.....	69
3.2. Revisión de la normativa internacional y nacional	71
3.2.1. Compromisos y marcos internacionales.....	72
3.2.2. Marco normativo nacional	73
3.2.3 Aplicabilidad en el territorio	78
3.3. Propuesta de medidas, estrategias y líneas de acción.....	79
3.3.1. Prioridad 1- Conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos	80
3.3.1.1. Estrategia 1: Promover la restauración, protección, conservación y aprovechamiento sustentable dentro y fuera de las ANP.....	81
3.3.2. Prioridad 2 – Reducir la vulnerabilidad social, fortalecer su resiliencia y los sistemas productivos.....	84
3.3.2.1. Estrategia 2: Reducir la vulnerabilidad social y aumentar su resiliencia mediante el equipamiento y los sistemas productivos para mejorar la calidad de vida de las personas que viven dentro y fuera de las ANP.....	85
Discusión	88
Conclusiones.....	94
Referencias	98
Anexos	109
Anexo 1.....	109
Anexo 2.....	111
Anexo 3.....	116

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación general de las ANP de estudio.....	5
Figura 2. Cuencas hidrográficas de la región de estudio.....	8
Figura 3. Regiones hidrológicas prioritarias de la región.....	9
Figura 4. Distribución de tipos de suelos ubicados en la ANP.....	10
Figura 5. Distribución de tipos de vegetación para las ANP.....	11
Figura 6. Distribución climática para las ANP.....	12
Figura 7. Gráfica de población estimada para la zona de estudio.....	15
Figura 8. Grafica de densidad de población (%)......	16
Figura 9. Gráfica del sistema expuesto para los municipios de la zona de estudio	17
Figura 10. Proceso metodológico	34
Figura 11. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad	36
Figura 12. Gráficas de las curvas de omisión de datos de prueba.....	48
Figura 13. Gráficas de las curvas ROC.....	50
Figura 14. Salida en crudo de MaxEnt de la especie 1) <i>Choeronycteris mexicana</i> y 2) <i>Incilius occidentalis</i>	51
Figura 15. Ejemplos de distribución potencial con umbrales para la zona de estudio de las especies 1) <i>Attis heliosa</i> , 2) <i>Catharus mexicanus</i> , 3) <i>Choeronycteris mexicana</i> , 4) <i>Incilius occidentalis</i> , 5) <i>Peromyscus difficilis</i> , 6) <i>Peromyscus levipes</i> , 7) <i>Sceloporus torquatus</i> y 8) <i>Zenaida asiática</i>	52
Figura 16. Distribución potencia que se presenta en remanentes de la Sierra Madre Oriental de las especies 1) <i>Conopsis nasus</i> , 2) <i>Crotalus molossus</i> , 3) <i>Leptoncyteris curasoae</i> y 4) <i>Sceloporus minor</i>	53
Figura 17. Distribución relacionada a la Sierra Madre Oriental para las especies 1) <i>Lepidophyma gaigeae</i> , 2) <i>Plestiodon lynxe</i> , 3) <i>Pseudoeurycea cephalica</i> , 4) <i>Sceloporus grammicus</i>	54
Figura 18. Número de especies por clase de la lista final de especies	57
Figura 19. Distribución potencial actual de las especies seleccionadas (n=47).....	58
Figura 20. Distribución potencial de las especies seleccionadas (n=47) para el escenario RCP 4.559	
Figura 21. Distribución potencial de las especies seleccionadas (n=47) para el escenario RCP 8.560	
Figura 22. Distribución potencial actual y con escenario de cambio climático. En la figura a) en verde se representa las condiciones actuales y en amarillo la distribución futura bajo el escenario RCP 4.5, mientras en la figura b) la distribución futura se divide en clases en anfibios, aves, mamíferos, plantas y reptiles.....	61

Figura 23. Distribución potencial actual y con escenario de cambio climático. En la figura a) en verde se representa las condiciones actuales y en naranja la distribución futura bajo el escenario RCP 8.5, mientras en la figura b) la distribución futura se divide en clases en anfibios, aves, mamíferos, plantas y reptiles.....	63
Figura 24. Estructura de las medidas, estrategias líneas de acción y actividades.....	69
Figura 25. Nube de palabras obtenida de los actores clave.....	71
Figura 26. Estructura del marco normativo, internacional, nacional y programático para la zona de estudio.....	79
Figura 27. Estructura de las medidas relacionada a la prioridad 1, estrategias y líneas de acción	81
Figura 28. Estructura de las medidas relacionada a la prioridad 2, estrategias y líneas de acción	84

Índice de Tablas

Tabla 1. Actores clave para la zona de estudio.....	2
Tabla 2. Características principales de las ANP del área de estudio.....	6
Tabla 3. Grado de peligro por municipio para la zona de estudio	14
Tabla 4. Grado de vulnerabilidad en la zona de estudio	18
Tabla 5. Grado de vulnerabilidad ante el cambio climático para los municipios de Querétaro	20
Tabla 6. Grado de vulnerabilidad ante el cambio climático para los municipios de Guanajuato ..	21
Tabla 7. Grado de vulnerabilidad ante el cambio climático para los municipios de San Luis Potosí	21
Tabla 8. Caracterización del riesgo para la zona de estudio.....	23
Tabla 9. Viabilidad en cada una de la ANP.....	24
Tabla 10. Acciones relacionadas con el monitoreo meteorológico.....	26
Tabla 11. Acciones encaminadas a las SbN y AbE en la RBSG	28
Tabla 12. Acciones encaminadas a las SbN y AbE en la RBSGGto	29
Tabla 13. Acciones encaminadas a la adaptación en el PNG.....	30
Tabla 14. Acciones encaminadas a la adaptación en el APFFSA.....	30
Tabla 15. Acciones encaminadas a la adaptación en el PNEP	30
Tabla 16. Características principales de las ANP del área de estudio.....	38
Tabla 17. Categorías de riesgo en México que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010	41
Tabla 18. Taxas incluidas en el estudio que incluyen las especies en México y endémicas	42
Tabla 19. Resultado del filtrado de especies	43
Tabla 20. Listado de especies, distribución, identificado como prioritaria y categoría de riesgo de acuerdo con la NOM 059-SEMARNAT-2010.....	46
Tabla 21. Contribuciones de las variables.....	55
Tabla 22. Cambios en la distribución con escenarios de cambio climático	66

I. Presentación

La presente investigación aborda la importancia de la conectividad ecológica y los corredores biológicos entre las Áreas Naturales Protegidas (ANP) dentro del contexto del cambio climático. Actualmente a este tipo de estrategias se le denominan Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) que atiende diversas problemáticas entre estas las relacionadas con la degradación ambiental, cambio de uso de suelo y el mencionado cambio climático.

La zona de estudio se encuentra en la porción central del México entre la Sierra Madre Oriental y el Altiplano Mexicano donde se localizan las ANP de la Reserva de la Biósfera de Sierra Gorda (RBSG), la Reserva de la Biósfera de Sierra Gorda Guanajuato (RBSGGto), el Parque Nacional El Gogorrón (PNEG), el Parque Nacional El Potosí (PNEP) y el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez (APFFSA).

Dentro de la Sierra Madre Oriental se encuentra un proyecto denominado ‘Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental’ (CESMO) que integra únicamente ANP de Querétaro, Hidalgo y Puebla. A pesar de ello, no se consideran otras ANP que son de importancia para la región. Por consiguiente, para identificar el alcance de este corredor biológico se integraron las ANP de la RBSGGto, el PNEG, el PNEP y el APFFSA.

A través del Posgrado en Geografía se propone lo siguiente: i) una metodología para el reconocimiento de la conectividad ante el cambio climático, ii) una propuesta de estrategias para la zona que integren el componente de adaptación y vulnerabilidad, consistente con otros instrumentos planeación, y iii) la identificación de las principales

problemáticas de atención para la zona, en una región donde la degradación ambiental es alta, conocida como Laja-Bajío.

Para poner en contexto lo anterior, esta investigación se desarrolla en tres apartados. En la primera parte se realiza un diagnóstico socioambiental que incluyó trabajo de gabinete y de campo que consistió en reconocer que la zona es altamente diferenciada. Durante el trabajo de campo se tuvo la oportunidad de entrevistar a actores claves de las ANP bajo investigación.

En la segunda sección se aplicó la modelación de las especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, son consideradas endémicas por la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y se encuentran en el listado de especies prioritarias para la conservación. Con el algoritmo de MaxEnt se pudo ubicar el nicho para 47 especies.

En la tercera parte de la investigación se proponen las estrategias para implementar en el territorio ante cambio climático que permitan generar los mecanismos para mejorar la adaptación y fortalecer la resiliencia en la zona. Asimismo, se enlista la normatividad y marcos internacionales que permitan reconocer los acuerdos a los que México se ha comprometido y reconocer también los vacíos en materia legal en cuanto a la conectividad y corredores biológicos se refiere.

II. Introducción

II.I. Los corredores como parte de la ecología del paisaje

La geografía como ciencia interdisciplinaria auxilia a configurar diferentes estudios y conocimientos como la ecología del paisaje cuyo objetivo es investigar sobre la fragmentación de hábitats, la conservación de la biodiversidad, los corredores biológicos y su conectividad, así como el desarrollo de metodologías que suministren información útil para su análisis y conservación (Wiens *et al.*, 1993; Forman, 1995; Vila-Subirós *et al.*, 2006).

La ecología del paisaje se interesa por el estudio de la complejidad de las relaciones causa-efecto de forma integral que se presentan entre las comunidades de seres vivos y sus condiciones ambientales en una sección específica de paisaje (Troll, 1939; 1950). Actualmente, además se insertan en este conocimiento las amenazas como la transformación por cambios de uso de suelo, y los cambios globales como la variabilidad climática y el cambio climático a lo largo del tiempo (DeFries *et al.*, 2004; Munang *et al.*, 2013).

Desde una perspectiva territorial, en la composición de la ecología del paisaje, se pueden identificar tres elementos importantes: i) la estructura; ii) la funcionalidad, y iii) el cambio, los cuales están relacionadas desde un punto de vista funcional al producirse entre ellos intercambios de energía, materiales, organismos, información entre otros procesos (Morlans, 2005).

Un elemento base para la interpretación del paisaje es el concepto de mosaico o unidades con una determinada ordenación espacial, que puede deberse a causas físicas, culturales o frecuentemente, a ambas (Terradas, 2003) y está compuesto por todo un conjunto

de elementos que se pueden aplicar e inferir a cualquier escala espacial. En el mosaico podemos diferenciar tres tipos de elementos: i) los fragmentos o parches; ii) los corredores, y iii) la matriz (Morláns, 2005; Vila-Subirós *et al.*, 2006).

En este sentido, los fragmentos o parches son las diferentes unidades morfológicas que se diferencian e identifican en el territorio y tienen el potencial de ser conectados. Las conexiones son un complejo formado por fragmentos y corredores que unen unos fragmentos y otros a través de una matriz (Forman, 1995; Vila-Subirós *et al.*, 2006).

Algunas teorías que relacionan este análisis en el territorio y son fundamentos en la ecología del paisaje es la primera ley de la geografía de Waldo Tobler, en la cual establece que: “las cosas más próximas en el espacio están más relacionadas que las más alejadas” (Tobler, 1970, p. 236) son particularmente importantes los flujos entre fragmentos o teselas contiguas y los tipos de fronteras que las separan (Morláns, 2005).

La teoría de la biogeografía insular (biogeografía de islas) - desarrollada por MacArthur y Wilson (1936 y 1967) - indica que, en hábitats fragmentados, la biodiversidad de cada fragmento disminuye con el tamaño de este y la distancia a otros fragmentos; por tanto la reducción de la biodiversidad está afectada por el tamaño de las superficies (islas o fragmentos) dado que, cuanto menor es el tamaño de la población de una especie determinada, esta puede llegar a reducirse: un incremento de la extensión de los fragmentos facilita el mantenimiento de poblaciones mayores y más diversas (MacArthur & Levins, 1967).

La teoría de metapoblaciones (constelaciones de poblaciones en un hábitat fragmentado) se interesa por los problemas de las poblaciones de una especie que aparecen en fragmentos separadas dentro del mosaico paisajístico. En estas situaciones, una especie puede desaparecer de un fragmento y este puede volver a ser colonizado un tiempo después desde otro fragmento (Hanski *et al.*, 1997).

II.II. Las Áreas Naturales Protegidas como opciones de conservación

Dentro de la ecología del paisaje es importante mencionar el rol de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Wiens, 2009), definidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, por sus siglas en inglés) como: “un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, a través de medios legales u otros medios efectivos, a fin de lograr la conservación a largo plazo de la naturaleza con los servicios ecosistémicos asociados y los valores culturales” (Dudley, 2009, p. 60) .

Sin embargo, para conceptualizar las ANP y la conservación de estos espacios a lo que son actualmente, es importante comprender que han tenido un proceso de iniciación que se llevó a cabo a finales de siglo XIX, cuando se inicia la preservación de áreas representativas del territorio como los espacios naturales y se comienza a mirar al territorio y en específico a las áreas de conservación como parte del patrimonio natural, por lo que se encabezaron los esfuerzos a decretar áreas para la conservación de la naturaleza, conocidas como parques nacionales (CONABIO s/a).

Históricamente, las ANP sólo se interesaban en la protección eran consideradas ‘islas de conservación en un océano de destrucción’ (Bennet, 2004, p. 10); actualmente, también

se presenta la necesidad de concentrarse en la conservación, el uso sostenible y la restauración ecológica. Sin embargo, bajo el esquema de conservación proteccionista las áreas protegidas no pueden ser ‘islas intocables’, aisladas del resto del mundo. Al igual que cualquier otra parte de la biosfera, las áreas protegidas, como parte de una matriz global, dependen de una gran diversidad de factores para su supervivencia (Bennet, 2004; MEA, 2005).

Es importante mencionar que gran parte de la conservación se lleva a cabo en paisajes altamente fragmentados donde los parches con alto valor de conservación a menudo están rodeados por actividades humanas, por lo que este enfoque de matriz de parches entre las ANP se ha incluido dentro de la conservación, por ello, para realizar una planificación eficaz es necesario ir más allá de las categorizaciones de las amenazas como internas o externas y, en su lugar, abordar los aspectos específicos (Wiens, 2009).

Una de las amenazas identificadas en los últimos años es el cambio climático, reconocido como una amenaza a nivel global, especialmente en las dos últimas décadas se ha generado una fuerte conciencia social sobre la gravedad de los problemas ambientales que está creando el metabolismo de la economía mundial (CBD, 2009). Los gobiernos a través de acuerdos han respondido, por un lado, promulgando planes, programas o estrategias nacionales (desarrollo sostenible, biodiversidad, cambio climático, etc.), y por otro, promoviendo acuerdos multilaterales para abordar los problemas a nivel global, como es el caso del Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD en sus siglas en inglés), sobre el Cambio Climático (UNFCCC en sus siglas en inglés), sobre Humedales (Ramsar) y, para la lucha contra la Desertificación (UNCCD en sus siglas en inglés).

En México, se llevan a cabo esfuerzos para la conservación, desde el año 2000 se creó la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) y en 2009 inició trabajos encaminados a promover la adaptación y mitigación al cambio climático. Como resultado de ello, se elaboró la Estrategia de Cambio Climático para las Áreas Naturales Protegidas (ECCAP) (CONANP, 2010).

Uno de los componentes para atender el cambio climático es la adaptación y la vulnerabilidad; en este sentido una de las estrategias para su conservación tiene que ver con generar mecanismos de los límites espaciales de las áreas bajo protección que permitan moverse como lo harán las especies en su intento de autoadaptación a los cambios en el clima (Loss, 2010), y se prevé que estos cambios puedan ser altitudinales o latitudinales (Parmesan, 2006).

Dichos mecanismos han llevado a impulsar los corredores biológicos como promotores de la adaptación mediante su conservación para la conectividad del hábitat (Loss, 2010) y la construcción de resiliencia a nivel local, las cuales están encaminadas a la gestión de los recursos por parte de las comunidades humanas y ecológicas que habitan las reservas (Tompkins *et al.*, 2004; Caro, 2009). No obstante, cabe destacar que la conservación y la creación de los corredores también trae co-beneficios¹ como fomentar los reservorios de carbono (*carbon stocks*) y por lo tanto a la mitigación a cambio climático (Jantz *et al.*, 2014).

¹ Se les llama co-beneficios a las acciones, proyectos que fomentan la adaptación y la mitigación al cambio climático al mismo tiempo (Solomon *et al.*, 2007).

II.III. La conectividad ecológica como estrategia de adaptación ante el cambio climático

Para el caso de las ANP, se ha encontrado que la fragmentación del hábitat en pequeñas parcelas es una amenaza importante para la biodiversidad terrestre ya que puede inhibir la dispersión, reducir el flujo de genes, disminuir la disponibilidad de alimentos y aumentar el efecto de borde donde la degradación y la depredación son más probables. Adicionalmente, se ha encontrado que los pequeños fragmentos son altamente vulnerables a las especies invasoras de plagas y se espera que el cambio climático intensifique estos desafíos (Williams *et al.*, 2013).

Cabe señalar que el propósito de los corredores es aumentar la extensión y el tamaño de la población de las especies amenazadas para facilitar su dispersión (Mawdsley *et al.*, 2009). Por lo que un beneficio adicional es su papel en la adaptación al cambio climático pues los corredores a gran escala pueden abarcar gradientes climáticos y así aumentar la capacidad de las especies para cambiar a nuevas áreas más favorables climáticamente, permitiendo que las especies respondan a los cambios climáticos a través de la dispersión natural (Hannah *et al.*, 2002; Williams *et al.*, 2013).

Mawdsley *et al.*, (2009) han identificado y recopilado algunos de los efectos de la variabilidad y cambio climático en las especies y en los ecosistemas, siendo las más sobresalientes las siguientes:

- i) Cambios en la distribución de especies, a menudo a lo largo de gradientes altitudinales;

- ii) Cambios en el momento de los eventos de la historia de vida, o fenología, para especies particulares;
- iii) Pérdida directa de hábitat debido a la mayor frecuencia de incendios, brotes de escarabajos descortezadores, patrones climáticos alterados, recesión glacial y calentamiento directo de hábitats (como arroyos de montaña);
- iv) Reducción en el tamaño de la población (especialmente para especies boreales o montañas);
- v) Aumento de las poblaciones de especies que son competidores directos de las especies focales para los esfuerzos de conservación, y
- vi) Mayor propagación de especies invasoras alóctonas, incluidos plantas, animales y patógenos.

Además de reconocer las principales amenazas relacionadas con la variabilidad y el cambio climático es importante identificar las estrategias, las prácticas y los proyectos que permiten reducir los impactos esperados en el clima y encaminar ciertas actividades, desde los cambios en la infraestructura hasta la mejor gestión de los recursos naturales que puedan mejorar los efectos adversos anticipados (Mawdsley *et al.*, 2009).

Es importante destacar que un corredor biológico puede funcionar como estrategia de adaptación al cambio climático debido a su escala, ya que las escalas más pequeñas (local ~ 50 km de amplitud) suelen tener como objetivo vincular a las poblaciones y aumentar el tamaño de la población, mientras que los corredores a gran escala (subregional > 300 km de amplitud y regional > 500 km de amplitud) serán útiles para la adaptación al cambio

climático, con la finalidad de promover el movimiento y dispersión de especies (Williams *et al.*, 2013).

II.IV. Variabilidad y cambio climático

Una de las amenazas identificadas en los ecosistemas es el cambio climático, en ese sentido, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) publicó en 2014 su Quinto Informe de Evaluación, en el que reporta con un 95% de certeza, que la actividad humana es actualmente la principal causa del calentamiento global. Además, el Informe señala que cuanto mayor sea la perturbación de la actividad humana sobre el clima, mayores serán los riesgos de impactos generalizados e irreversibles en las personas y los ecosistemas, y más duraderos serán los cambios en todos los componentes del sistema climático (IPCC, 2014).

La variabilidad climática tiene que ver con las variaciones del estado medio y otras características estadísticas del clima (desviación típica o sucesos extremos) en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa) como lo es el cambio climático (IPCC, 2019).

El IPCC en su Quinto Informe, también destaca la evidencia de un calentamiento multidecenal notable y la temperatura media global en superficie muestra una variabilidad decenal e interanual considerable, por lo que el clima futuro dependerá de las emisiones antropógenas realizadas en el pasado, así como de emisiones antropógenas futuras y la

variabilidad climática natural, por lo que la adaptación puede contribuir al bienestar de las poblaciones y los servicios ecosistémicos actuales y futuros (IPCC, 2014).

Una primera medida de adaptación al cambio climático futuro consiste en reducir la vulnerabilidad y la exposición a la variabilidad climática actual. La integración de la adaptación en la planificación, la inclusión hecha del diseño de políticas y la toma de decisiones puede promover sinergias con el desarrollo y la reducción de los riesgos de desastre (IPCC, 2014).

II.V. Soluciones basadas en la naturaleza y la adaptación basada en ecosistemas

En los últimos años se ha impulsado a las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como un concepto paraguas² ya que abarca todas las acciones que se apoyan en los ecosistemas y los servicios que estos proveen, para responder a diversos desafíos de la sociedad como el cambio climático, la seguridad alimentaria, el desarrollo urbano o la gestión de riesgo de desastres (UICN, 2017).

Las SbN incluyen una serie de enfoques diferentes como la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE)³ que comparten un mismo interés en utilizar las funciones de los ecosistemas para resolver los problemas ambientales, en lugar de depender solamente en soluciones convencionales. La AbE, a su vez es un enfoque derivado de la CBD que, desde

² Se le denomina paraguas debido a que integra diversos enfoques como por ejemplo, la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE), la Reducción de Riesgos de Desastres basadas en Ecosistemas (Eco-RDD) y la restauración a escala de paisaje. Estos enfoques se interrelacionan, complementan y responden a varios desafíos simultáneamente (UICN, 2017).

³ Se define como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático (Lhumeau & Cordero, 2012).

el 2007 identifica al cambio climático como una de las amenazas principales para la diversidad biológica del planeta y se prevé que en las próximas décadas, sea una amenaza cada vez más relevante. Sin embargo, el propósito de la creación de este enfoque es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas (CBD, 2009).

Entre las buenas prácticas vinculadas con la AbE, destacan acciones como: i) el manejo de matorrales y arbustos para evitar los incendios forestales; ii) el establecimiento y la gestión efectiva de sistemas de áreas protegidas para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos; y iii) el manejo integrado del recurso hídrico reconociendo el rol de las cuencas hidrográficas (Lhumeau & Cordero, 2012).

II.VI. Marco teórico de referencia

Por lo anterior, ya se identificó el papel que juega el clima en los ecosistemas toda vez que, con el cambio climático, la fenología y las interacciones entre especies, se favorecerá la expansión de plagas y las especies invasoras, se provocarán cambios en la dominancia, la estructura y la composición de las comunidades; además, disminuirá la capacidad de secuestro de carbono atmosférico de los ecosistemas y se producirán migraciones altitudinales y latitudinales lo que podría conllevar a pérdidas ecológicas considerables (IPCC, 2007; 2014; Parmesan, 2006).

Para ello, acciones de adaptación como la creación de corredores biológicos han sido reconocidas como uno de los mecanismos de conservación con el objetivo de conectar los espacios con poca perturbación (Lawler, 2009). Los corredores son zonas aún más

vulnerables ya que el área de conectividad suele ser un sitio donde se presionan los recursos naturales al no contar con algún mecanismo de protección (Bennett, 1999; Chetkiewicz *et al.*, 2006).

Los corredores biológicos cobran mayor relevancia dado que los fenómenos relacionados con la variabilidad y el cambio climático se han incrementado en los últimos años (Bouwer, 2011; IPCC, 2022) tan solo de 1970 a 2019 el número de desastres relacionados con fenómenos hidrometeorológicos se ha quintuplicado pasando de 711 desastres en el período 1970-1979 a 3,536 en el período 2000-2009 y pérdidas económicas de entre 49 millones de dólares diarios de media entre 1970 y 1979 a 383 millones de dólares entre 2010 y 2019 (OMM, 2021).

Entre los esfuerzos para reducir el riesgo, abordar el cambio climático y el desarrollo humano, se han reconocido diversos enfoques que aprovechan los ecosistemas y sus servicios que consisten en proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados que atiendan los desafíos sociales de manera efectiva y adaptativa (Renaud *et al.*, 2016). En ese sentido, las ANP son claves ya que pueden ser regiones a través de las cuales los ecosistemas existentes, o los remanentes de los ecosistemas originales, mantienen su conectividad mediante actividades productivas en el paisaje intermedio que permiten el flujo de las especies (CONABIO, 2009).

Para establecer un corredor biológico en el contexto nacional, se diferencian herramientas que involucran aspectos biológicos y socioeconómicos. Valga el ejemplo de los criterios de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

(CONABIO) y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) de Costa Rica. Entre los objetivos de estos instrumentos se encuentra: la implementación de estrategias de acción de corto y largo plazo, dirigida a fortalecer y consolidar los sistemas nacionales de áreas protegidas, zonas de amortiguamiento y corredores biológicos, de manera que al vincular las acciones, este sistema integrado tenga un valor para la conservación de la biodiversidad, mayor que el que actualmente tienen las áreas aisladas o fragmentadas (CONABIO, 2009).

Algunos de los beneficios para establecer corredores biológicos han sido identificados por Forman, (1995); Bennett, (1998); Vila-Subirós *et al.* (2006) y Williams *et al.* (2013), los más sobresalientes son:

- Permitir movimientos regulares de la fauna durante sus ciclos de vida, y como respuesta a las previsiones en sitios perturbados.
- Posibilitan un mayor hábitat de especies, lo cual diferencia entre corredores lineales y corredores de paisaje (que disponen de una dimensión suficiente para permitir la presencia de especies propias de hábitats más especializados).
- Facilitan el desplazamiento de elementos en su interior (animales, plantas, nutrientes, semillas, personas, agua, entre otros). La función de conducción está condicionada por la amplitud y longitud del corredor, así como la presencia de discontinuidades.
- Conforman la función de fuente, al permitir la distribución y la expansión de especies desde el corredor hasta la matriz, sin las aparentes presiones o falta de condiciones para su dispersión, al ser parte de un corredor.

- Funcionan como sumideros, al ofrecer refugio o absorber especies y otros tipos de elementos procedentes de la matriz circundante.
- Favorecen la conectividad de los sitios y las áreas de alta importancia para la biodiversidad, como una estrategia crucial para conservar la biodiversidad y para contribuir a la viabilidad de los ecosistemas y especies en el mediano y largo plazo.
- Suministran el mantenimiento y la restauración de la conectividad de ecosistemas oficialmente protegidos o no, es una estrategia de ordenamiento regional fundamental.

II.VII. Ubicación geográfica del caso de estudio

Las ANP para integrar el corredor biológico se ubican en el centro del país y son: Sierra Gorda (Querétaro), Sierra Gorda Guanajuato ambas ubicadas en la región administrativa de la CONANP⁴ Centro y Eje Neovolcánico, el Gogorrón (San Luis Potosí), Sierra de Álvarez (San Luis Potosí) y El Potosí (San Luis Potosí) éstas emplazadas en la Región Noreste y Sierra Madre Oriental de la CONANP.

Las ANP de mayor extensión son la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda (Querétaro), sita en el extremo norte del estado de Querétaro (municipios de Peñamiller, Pinal de Amoles, Jalpan de Serra, Arroyo Seco y Landa de Matamoros) con una superficie de 383,567 hectáreas (ha), su decreto de protección fue en 1997 (SEMARNAT-INECC, 1998).

⁴ La CONANP se divide en 9 direcciones regionales en las cual administra actualmente 182 áreas naturales de carácter federal (CONANP, 2016).

Mientras la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda Guanajuato se localiza en el extremo nororiente del estado (municipios de San Luis de la Paz, Victoria, Xichú, Atarjea y Santa Catarina) y tiene una superficie de 236,882 ha, cuenta con un decreto de protección desde 2007 (SEMARNAT-CONANP, 2005).

De igual forma, el Parque Nacional el Gogorrón se encuentra al sur poniente del estado de San Luis Potosí (municipios de Villa de Reyes y Santa María del Río), cuenta con un decreto de protección desde 1936 y tiene una extensión de 36,499.66 ha, El Parque Nacional El Potosí se decretó en 1936 y tiene una extensión de 2,000 ha (se ubica en el municipio potosino de Rioverde). Finalmente, el Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez (emplazado en los municipios de Armadillo de los Infante, Zaragoza y San Nicolas Tolentino) se decretó en 1981 y tiene una extensión de 16,900 ha (CONANP, s/a).

II.VIII. Justificación

En el sistema fisiográfico Sierra Madre Oriental (SMO) se constata el Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental (CESMO) al que pertenece la Sierra Gorda (Querétaro); sin embargo, se excluyen tres ANP de importancia próximas al corredor: Sierra Gorda Guanajuato, Gogorrón, Sierra de Álvarez y El Potosí.

Los escenarios de cambio climático regionales para la zona apuntan un aumento de la temperatura media entre 0.5 y 4°C y cambios en la precipitación de +/- 2 mm obtenidos para el periodo de 2010-2099 (Bello, 2014) que pueden resultar perjudiciales para algunas especies como *Beaucarnea compacta*, *Calibanus glassianus*, *Turbinicarpus alonsoi*, (Cruz, 2013; Reyes, 2014). El cambio en las temperaturas puede poner en riesgo la provisión de

servicios ambientales y el grado de conservación de la biodiversidad local, así como la producción forestal local.

A pesar de lo anterior, se confirma una línea de conectividad principalmente de bosque de encino y de encino-pino además de selva baja caducifolia y matorral submontano aún conservada pero amenazada al no contar con una categoría de protección y que puede ser aprovechada para cumplir los objetivos de las estrategias de adaptación del ANP (Cruz, 2013; Reyes, 2014).

Diversos estudios nacionales publicados entre 2007 y 2017 que identifican a San Luis Potosí y Guanajuato sitios de extrema prioridad para su conservación, por lo que una propuesta a escala regional que fomente la conectividad y se considere como una estrategia de adaptación al cambio climático, que además integre las SbN y la AbE, y que, de igual manera, sea una medida de conservación de ambientes representativos, puede representar un potencial corredor biológico que complemente la conectividad en la SMO.

II.IX. Planteamiento del problema

Diversos instrumentos y estrategias propuestas para la zona (Cruz, 2013; Bello, 2014; Reyes 2014) requieren ser tomados en cuenta en el área de estudio, ya que enlistan los lineamientos clave en la instrumentación y promoción para la conservación y adaptación ante el clima cambiante. Los mecanismos de restauración, aumento en los esfuerzos de conservación y acciones comunitarias pueden promoverse mediante la creación de un corredor biológico que vayan más allá de las fronteras entre las ANP (Bennet, 1998; Squires *et al.*, 2012)).

Las preguntas centrales de este trabajo son ¿cuáles son los elementos clave de la adaptación al cambio climático que deben incluirse en la creación o consolidación de corredores biológicos? Y además ¿cómo se puede medir la conectividad de diversas ANP y el cambio climático? Para la zona aún no se elaboran programas y/o proyectos que trabajen en conjunto para una protección complementaria, pero en el área se presentan mecanismos de intercambio propios de un corredor biológico que antes del decreto de Sierra Gorda Guanajuato, se encontraban en creciente vulnerabilidad ya que algunas especies tenían un grado de protección en Querétaro, pero no en Guanajuato (Bello, 2014).

I.X. Hipótesis de trabajo

Los problemas ambientales como la minería, la presión por el cambio de uso de suelo, la tala clandestina, han originado un aumento en la vulnerabilidad ante el cambio climático en las ANP de Sierra Gorda de Guanajuato y Querétaro, Sierra de Álvarez, El Potosí y el Gogorrón, sin embargo, las zonas entre dichas áreas presentan un potencial grado de conservación derivado de su decreto de protección, que pueden constituir un corredor biológico que fomente la conectividad y funcione como mecanismo de adaptación ante el cambio climático.

I.XI. Objetivos

Objetivo general: Delimitar el polígono del Corredor Biológico Sierra Gorda Guanajuato-Querétaro-San Luis Potosí para que funcione como un mecanismo de adaptación a la variabilidad y cambio climático a escala regional con el fin de mejorar la resiliencia de los ecosistemas y los sistemas sociales.

Objetivos particulares

- Aplicar un método que evalúe la conectividad regional que integre la variabilidad y el cambio climático.
- Recomendar los lineamientos técnicos y normativos para la creación del corredor biológico regional.
- Creación y priorización de las medidas de adaptación en el corredor biológico propuesto.

Capítulo 1: Diagnóstico de la problemática ambiental, y socioeconómica del área

El presente capítulo tiene por objetivo, poner en contexto la situación del área de estudio en términos ambientales, sociales y económicos actuales y futuros; también identifica, escenarios futuros relacionados con la vulnerabilidad ante el cambio climático. Para reconocer la viabilidad del corredor, se integran acciones implementadas por las ANP.

1) Revisión documental para la zona de estudio

Se consultaron diversas fuentes bibliográficas a nivel nacional, como la información generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y la CONANP que brindan un panorama de contexto geográfico de la región. También se integró la información del Atlas Nacional de Riesgos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2012) para identificar las principales amenazas actuales relacionadas con el clima y el grado de vulnerabilidad social, rezago y marginación.

Para el diagnóstico de la vulnerabilidad futura, se revisó el Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante Cambio Climático (ANVCC) del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2019) el cual calcula seis tipos de vulnerabilidades: 1.- inundaciones; 2.-deslaves; 3.-incremento potencial del dengue; 4.- ganadería extensiva a estrés hídrico; 5.-ganadera extensiva a inundaciones, y 6.-producción forrajera a estrés hídrico en su escenario de cambio climático menos optimista.

2) Identificación de actores clave

Las ANP de la zona de estudio son de carácter federal y son administradas por la CONANP y de acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su artículo 65 párrafo segundo, una vez que se establece un ANP de competencia federal, la SEMARNAT le deberá designa un director. Éste se convierte en el responsable de coordinar la formulación, la ejecución y la evaluación del programa de manejo correspondiente (DOF, 1988).

Para iniciar con el trabajo de campo, se identificaron a las personas responsables de las ANP (*stakeholders*) (Tabla 1). El objetivo de dicha acción fue conocer de la voz de los gestores, la viabilidad de la constitución del corredor la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (RBSG) y la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato (RBSGGto), así como las acciones de conservación y desarrollo socioeconómico que se aplican en la zona.

Tabla 1. Actores clave para la zona de estudio			
<i>ANP</i>	<i>Año de decreto</i>	<i>Personal</i>	<i>Cargo</i>
Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (RBSG)	19-may-97	Biól. Miguel Ángel Cuellar Colín	Director de Área
Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato (RBSGGto)	02-feb-07	Mtro. Luis Felipe Vázquez Sandoval	Director de Área
		Ma. Eugenia Mendiola González	Encargada de Subdirección
Parque Nacional Gogorrón (PNEG)	22-sep-36	Biól. Ángel Frías García	Director de Área
Parque Nacional El Potosí (PNEP)	15-sep-36	Ing. Oscar Flores Sosa	Subdirector Encargado del Área
Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez (APFFSA)	7-abr-1981 7-jun-2000		Subdirección

Elaboración propia.

3) *Trabajo de campo*

El trabajo de campo se llevó a cabo en octubre de 2016, tuvo por objetivo entrevistar a los responsables de las ANP de Querétaro y Guanajuato. Para esto, se preparó un cuestionario basado en la ‘Herramienta para el Diagnóstico Rápido de Vulnerabilidad al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas’ de la CONANP 2015. Esta herramienta sirvió para organizarlo en los siguientes bloques temáticos: 1) viabilidad del corredor; 2) monitoreo climático; y 3) adaptación al cambio climático. El instrumento de cuestionario semiestructurado (Del Cid *et al.*, 2007) se encuentra en el Anexo 1.

Mediante dos entrevistas semiestructuradas presenciales a los directores de la RBSG y la RBSGGto se aplicó el cuestionario semiestructurado con el objetivo de identificar la viabilidad del corredor y las acciones que se implementan relacionadas con la adaptación ante cambio climático y monitoreo.

Así también, se realizaron dos entrevistas no estructuradas (exploratorias o también conocidas como libres) (Del Cid *et al.*, 2007) con la Promotoría del noreste de Guanajuato de CONAFOR y con personal de la Dirección de Protección al ambiente de San Luis de la Paz que enriquecieron la investigación. En el tercer capítulo se integran los análisis de los resultados de dichos cuestionarios con la finalidad de dar voz también a estos actores.

Debido a los resultados preliminares (viabilidad del corredor entre la RBSG y RBSGGto, ver más adelante), se integraron a las ANP de PNEG y PNEP y el APFFSA, por lo que se aplicó el mismo cuestionario pero de manera virtual. Por lo anterior, se realizó el envío vía correo electrónico del mismo cuestionario semiestructurado a los directores de las

ANP de San Luis Potosí para determinar la viabilidad de integración a la investigación y también para identificar las acciones que llevan a cabo en cada ANP.

El análisis de la información se llevó a cabo de manera inductiva (Strauss *et al.*, 2002) y posteriormente se realizó una codificación abierta, axial y selectiva en función de las categorías: 1.- viabilidad; 2.- monitoreo; y 3.- soluciones basadas en la naturaleza y adaptación basada en ecosistemas. Los resultados de la matriz de codificación se encuentran en el Anexo 2.

4) Recopilación y descripción de la información

Una vez obtenida la información, los resultados se integraron, describieron y analizaron en los subcapítulos: 1.3 Viabilidad de conectividad ecológica, 1.4 Acciones relacionadas con la variabilidad y el cambio climático, y 1.5 Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) y la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), esto debido a que el primer paso fue importante determinar la viabilidad del corredor biológico y con ello, el desarrollo del segundo capítulo ‘La conectividad como estrategia de adaptación al cambio climático’.

1.1 Ubicación y descripción del área de estudio

El área de estudio se sitúa en las coordenadas extremas de 21°0’ a 22°10’ latitud norte y 99°0’ y 100° 05’ longitud oeste, entre la región fisiográfica del centro de México conocida como Mesa del Centro y la Sierra Madre Oriental. Allí se emplaza un conjunto de ANP de diversas categorías de protección, entre los estados de Querétaro, Guanajuato y San Luis

Potosí (INEGI, s/a). El ANP más extensa es la RBSG, ubicada en los municipios Peñamiller, Pinal de Amoles, Jalpan de Serra, Arroyo Seco y Landa de Matamoros en la porción norte del estado de Querétaro, la RBSGGto se localiza en los municipios de San Luis de la Paz, Victoria, Xichú, Atarjea, Santa Catarina al noreste del estado de Guanajuato.

En la zona de estudio también se incluyen tres áreas con categorías de protección diferenciadas: el PNEG sito en el municipio de Villa de Reyes; el APFFSA ubicado en los municipios de Armadillo de los Infante, Zaragoza, San Nicolás Tolentino; y el Parque Nacional El Potosí (PNEP) emplazado en los municipios de Rioverde, Santa María del Rio, Ciudad Fernández al sur del estado de San Luis Potosí (Figura 1).

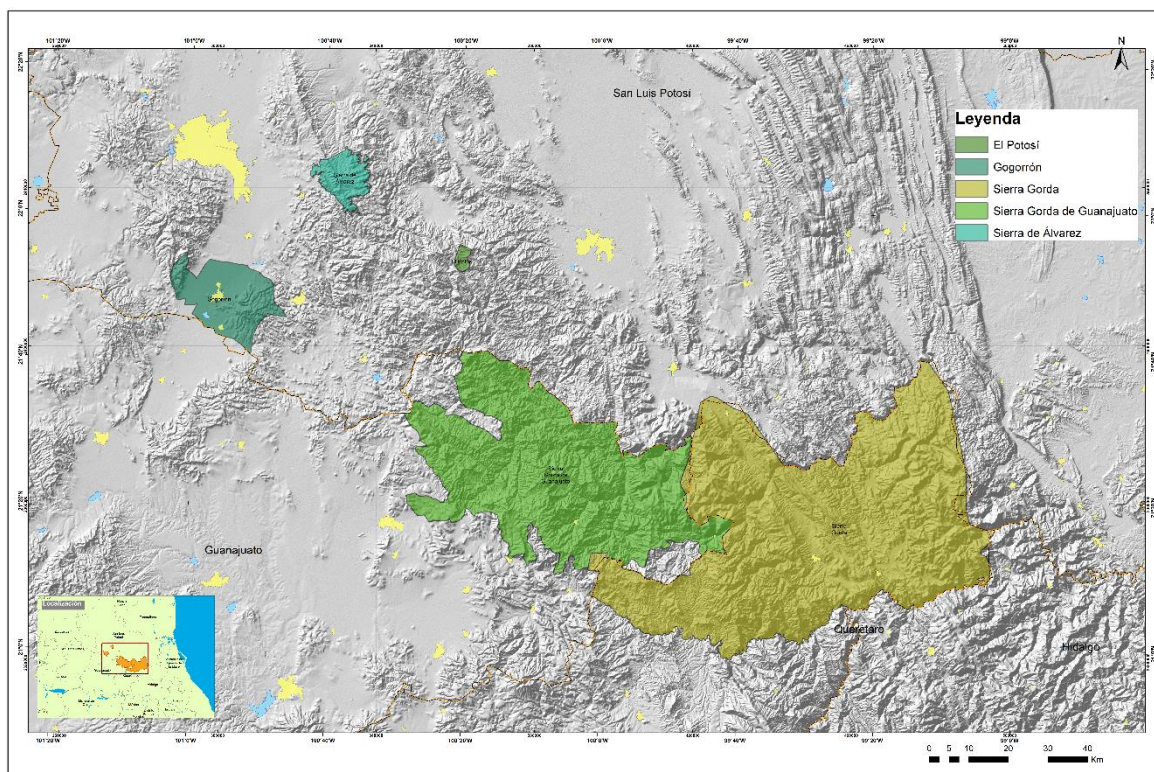


Figura 1. Ubicación general de las ANP de estudio. Elaboración propia con datos de INEGI.

La Tabla 2 recoge las principales características de las ANP analizadas recopilando información documental y cartográfica procedente de la CONANP y su Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación (SIMEC), así como datos obtenidos en trabajo de campo por medio de la aplicación de un cuestionario semiestructurado por medio de la técnica de la entrevista a las personas responsables de dichas ANP.

Tabla 2. Características principales de las ANP del área de estudio			
<i>ANP</i>	<i>Decreto</i>	<i>Programa de Manejo</i>	<i>Superficie (ha)</i>
Reserva de la Biosfera Sierra Gorda	1997	2000 en proceso de actualización	383,567.44
Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato	2007	2013 elaborado, pero no publicado	236,882.76
Parque Nacional Gogorrón	1936	Actualización en 2016	36,499.66
Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez	1981 recategorizada en el 2000	No elaborado	16,900.00
Parque Nacional El Potosí	1936	Actualización en 2015	2,000.00

Elaboración propia con datos de CONANP 2016.

Para entender la problemática de la zona es importante identificar las características geográficas de la región. La región fisiográfica y la subprovincia o discontinuidad fisiográfica en la que ubica la zona de estudio es el Carso Huasteco, que tiene un sistema de toposformas que van desde sierras, llanuras y cañones (INEGI, 2015; INEGI 2016).

En la zona se localizan las subprovincias fisiográficas de Sierras Transversales que cuentan con un sistema de sierras y bajadas, mientras la subprovincia Gran Sierra Plegada posee con un sistema de sierras, mesetas, bajadas, llanuras y valles, y por último la

subprovincia Sierras y Llanuras Occidentales tiene un sistema de sierras, lomeríos, mesetas, bajadas, llanuras y valles (INEGI, 2015; INEGI 2016). Asimismo, la geología por la que está compuesta la zona es a dos Eras, las Cenozoica (Cuaternario y Terciario) y Mesozoica (Cretácico y Triásico) compuesto principalmente por rocas sedimentarias e ígneas extrusivas (INEGI, 2015; INEGI 2016).

La hidrología para región se encuentra gestionada a través del Organismo de Cuenca de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) que divide al país en trece regiones hidrológico-administrativas. Para la zona de interés se ubican los siguientes Organismos de Cuenca: Golfo Norte, Lerma-Santiago-Pacífico y Cuencas Centrales del Norte (CONAGUA, 2010).

Así también, de las 37 regiones hidrográficas que se encuentran en México, para la zona de estudio se encuentra la región del Pánuco que abarca la mayor parte de las ANP y El Salado cubre a una porción del APFFSA, mientras Lerma-Santiago cubre una pequeña porción en la RBSGGto. Las cuencas hidrológicas, que se sitúan en el área son las siguientes: la cuenca del río Tamuín, Moctezuma y San Luis Potosí (Figura 2).

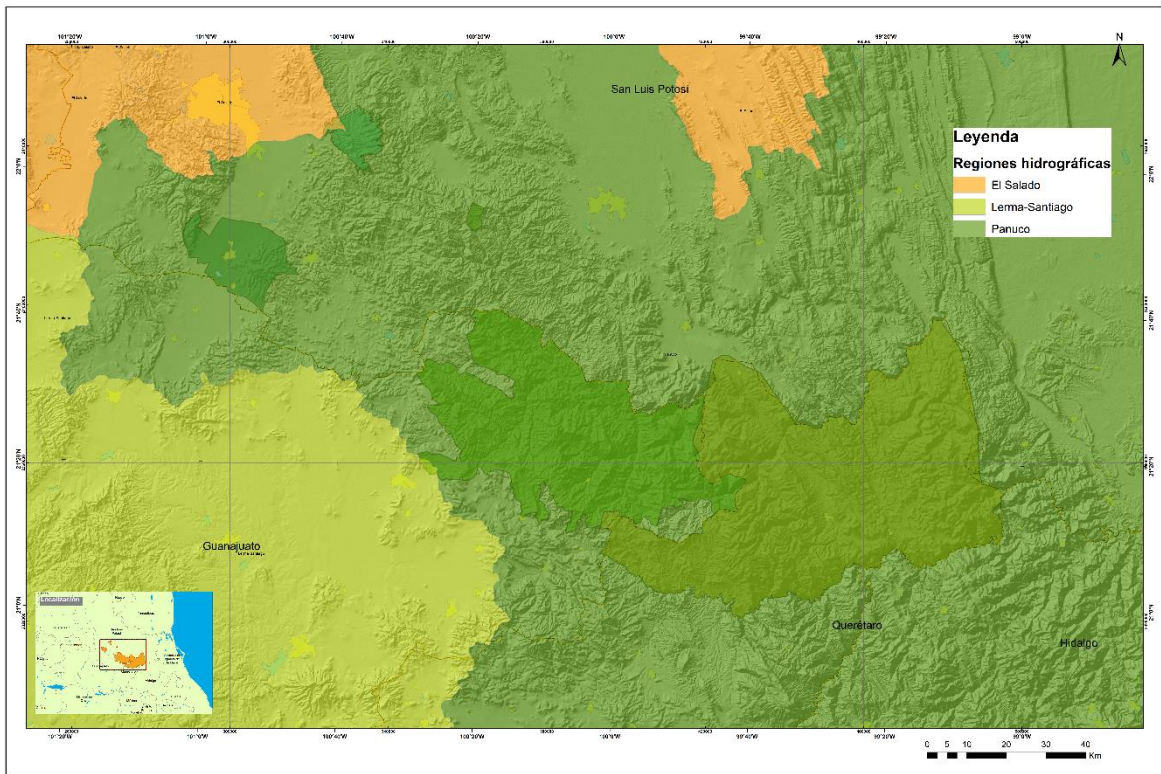


Figura 2. Cuencas hidrográficas de la región de estudio. Elaboración propia con datos del INEGI.

En 1998, la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) identificó 110 Regiones Hidrológicas Prioritarias en México. La zona de estudio (Figura 3) se ubica la región 75 “Confluencia de las Huastecas” cuya característica principal es una alta biodiversidad amenazada por el cambio de uso de suelo debido a la tala clandestina, el ecoturismo no regulado y las actividades mineras y ganaderas desordenadas (CONABIO, 2012).

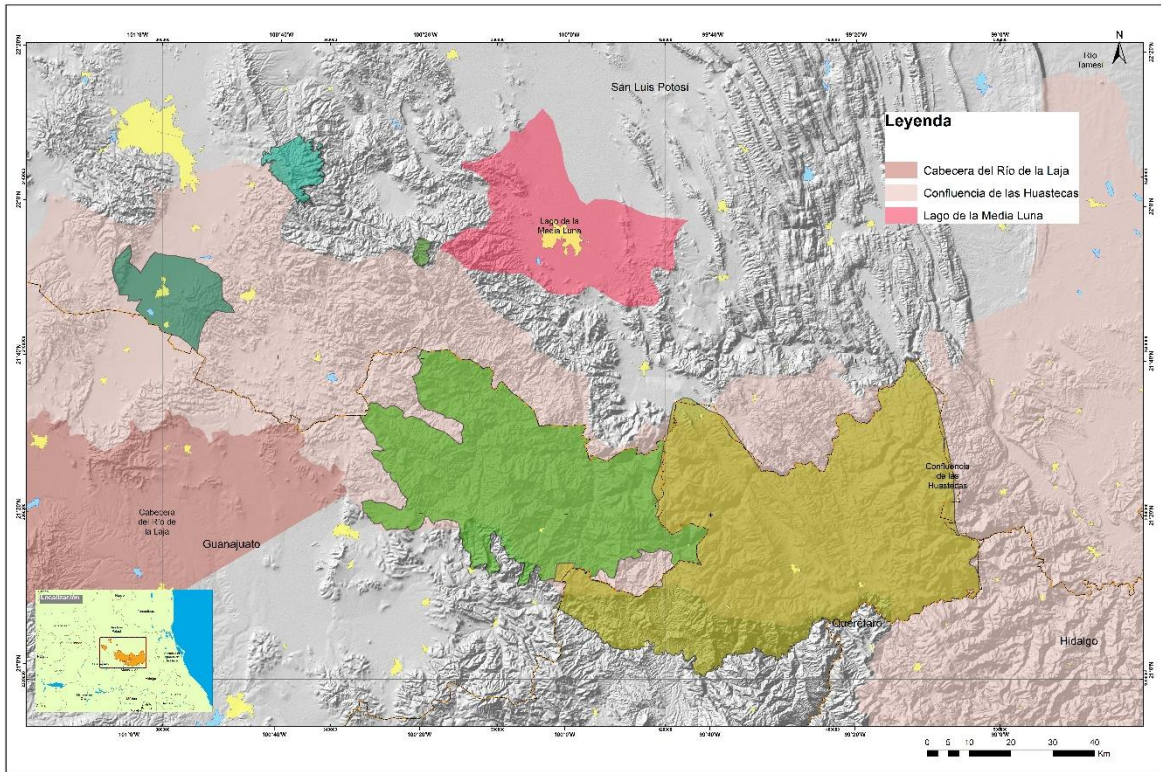


Figura 3. Regiones hidrológicas prioritarias de la región. Elaboración propia con datos del INEGI.

De acuerdo con el INEGI, los tipos de suelos con mayor representación en el estado son el feozem principalmente en RBSGGto, PNEG, RBSG y una porción en APFFSA. El chernozem y regosol se localizan en la RBSG y la RBSGGto y el regosol se encuentra al norte y centro de la RBSGGto, PNEG y en el APFFSA (Figura 4).

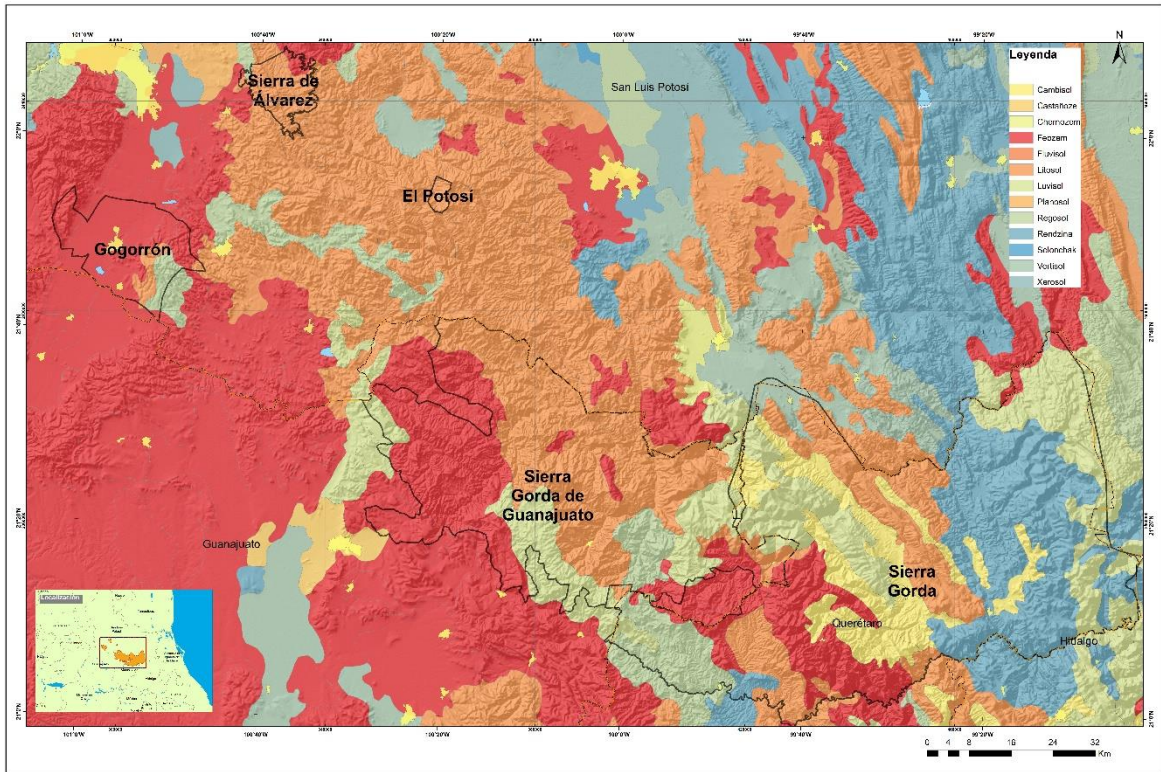


Figura 4. Distribución de tipos de suelos ubicados en la ANP. Elaboración propia con datos de INEGI.

En la RBSG predominan el bosque de encino, el matorral submontano, la selva baja caducifolia y el bosque de pino-encino. También se constatan áreas agrícolas de temporal y, en menor medida, la agricultura de riego. En la RBSGGto predomina el matorral submontano, la selva baja caducifolia, el bosque de encino-pino, el matorral crasicaule, el bosque de encino y la agricultura de temporal. En el PNEP se confirma el bosque de encino y el bosque de encino-pino. Para el APFFSA predominan el bosque de encino, el chaparral y área de agricultura de temporal. Se haya en el PNEG, el pastizal natural, el bosque de encino-pino, el matorral crasicaule y las zonas agrícolas de riego y de temporal (Figura 5).

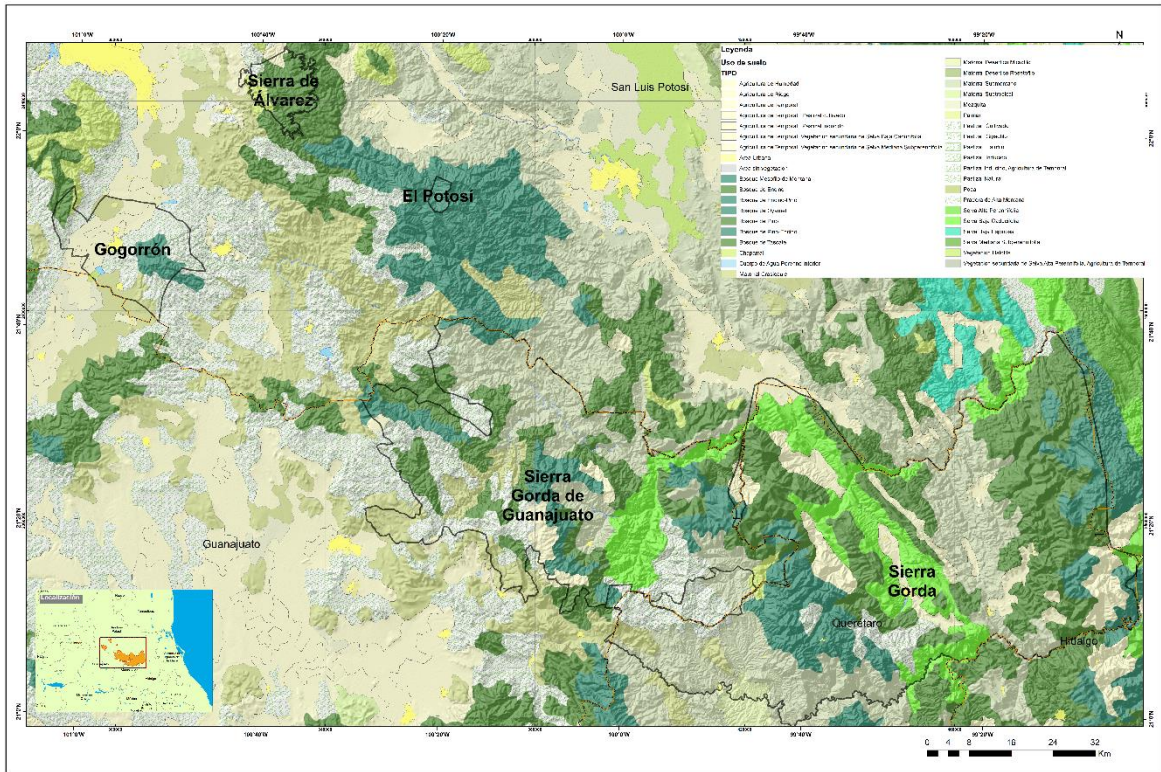


Figura 5. Distribución de tipos de vegetación para las ANP. Elaboración propia con datos de INEGI.

La clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García indica que para la zona de estudio predomina el templado semicálido húmedo, templado subhúmedo, seco cálido semiseco, seco templados y semifríos semisecos, seco cálido seco, seco templado seco, templado húmedo, una porción de templado semicálido húmedo y cálido subhúmedo (Figura 6).

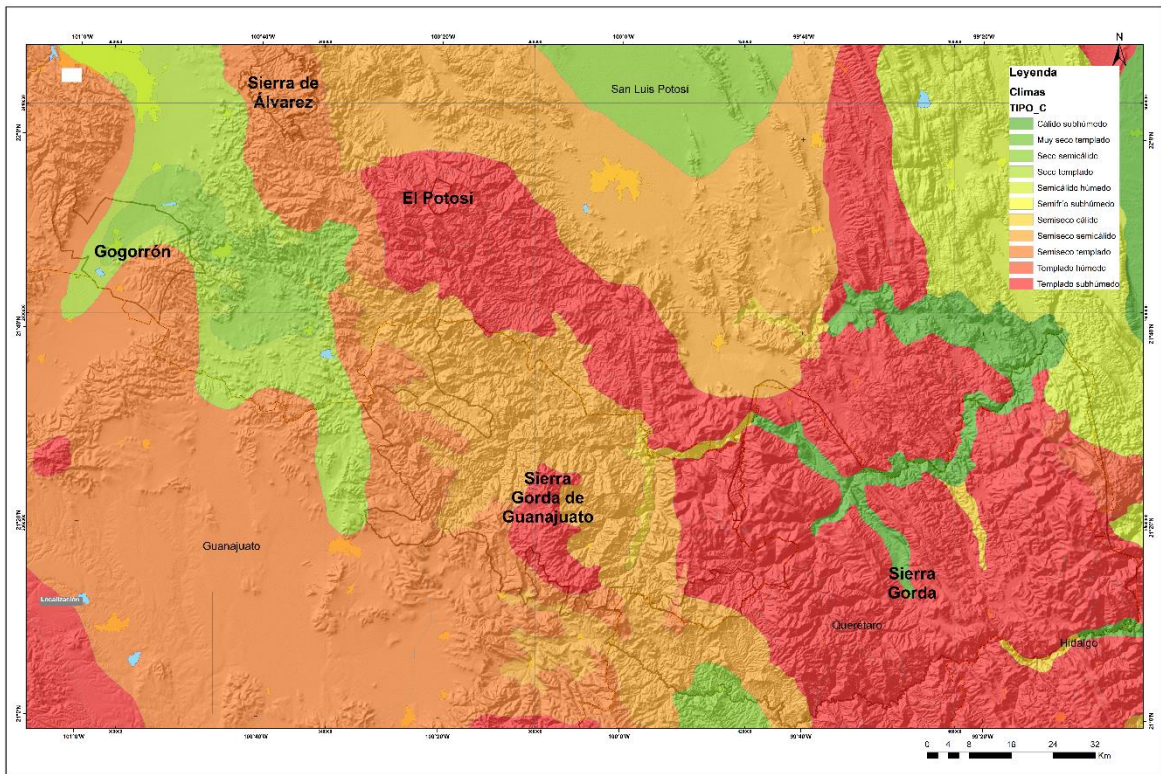


Figura 6. Distribución climática para las ANP. Elaboración propia con datos de INEGI.

Actualmente la clasificación de Köppen funciona como referencia para identificar las condiciones climáticas de una zona, sin embargo, para considerar la variabilidad climática, se requiere un análisis climatológico más exhaustivo, sobre todo en regiones donde la fisiografía del terreno es accidentada (Santillán, y Garduno, 2008)

Por esta razón, se deben identificar las variaciones de las condiciones climáticas dado que el más mínimo cambio puede desestabilizar y poner en peligro alguna especie. Todos los animales, las plantas y sus hábitats están amenazados por el calentamiento de la Tierra y por los correspondientes cambios que están afectando al planeta. Es necesaria la información climática para identificar las regiones, la flora y la fauna más expuestas a los cambios y así poder formular estrategias de conservación (OMM, 2002).

De acuerdo con el Atlas Climático Digital de México la región se distingue que la zona de estudio presenta características diferenciadas en cuanto a temperatura y precipitación. La temperatura máxima se produce en el mes de mayo y alcanza los 34.2°C, disminuye en julio a 31.5°C y vuelve aumentar en agosto a 32.5°C —el valor máximo se presenta al norte de la RBSG—. La temperatura mínima se registra en el mes de enero y llega a los 4°C en las ANP de PNEG y APFFSA al norponiente de la región (ICAyCC, 2009).

En junio donde alcanzan precipitaciones de 234 mm, disminuyendo en julio a 219 mm; en septiembre se registra el valor más alto: 314 mm al norte de la RBSG. Por el contrario, la temporada de estiaje es entre noviembre y abril, registrándose el valor más bajo en febrero con escasamente 3 mm en el límite entre la RBSG y la RBSGGto (ICAyCC, 2009).

Un conocimiento cuantitativo de régimen climático de la zona y de la naturaleza de los peligros es vital para la formulación de una estrategia de adaptación. Los datos climáticos locales constituyen la base para elaborar estrategias eficaces y controles de la planificación para proyectos de tipo agrícolas, infraestructurales, ecosistémicos, por ejemplo (CONANP, 2011).

Es relevante la identificación de los principales peligros o amenazas naturales para complementar el diagnóstico. El Atlas Nacional de Riesgos (ANR), es un documento fundamental al recopilar información sobre los peligros, la vulnerabilidad y la exposición (LGPC, 2012). Además, el CENAPRED, identifica para la región de estudio y a nivel municipal, las principales amenazas o peligros, también presenta su grado de peligro, de muy alto a muy bajo (Tabla 3).

Tabla 3. Grado de peligro por municipio para la zona de estudio.									
<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>Inundaciones</i>	<i>Sequías</i>	<i>Tormentas eléctricas</i>	<i>Granizo</i>	<i>Ondas cálidas</i>	<i>Bajas temperaturas</i>	<i>Sismos</i>	<i>Susceptibilidad de laderas</i>
Querétaro	Peñamiller	Alta	Alta	Media	Media	Alta	Media	Media	Alta
	Pinal de Amoles	Muy bajo	Media	Media	Media	Alta	Bajo	Media	Alta
	Jalpan de Serra	Muy bajo	Media	Alta	Bajo	Alta	Bajo	Media	Alta
	Arroyo Seco	Media	Alta	Alta	Bajo	Alta	Bajo	Media	Alta
	Lada de Matamoros	Muy bajo	Media	Alta	Bajo	Alta	Muy baja	Media	Alta
Guanajuato	San Luis de la Paz	Muy bajo	Alta	Alta	Media	Alta	Bajo	Media	Alta
	Atarjea	Media	Muy alto	Media	Media	Alta	Bajo	Media	Alta
	Victoria	Muy bajo	Alta	Alta	Media	Alta	Bajo	Media	Alta
	Xichú	Muy bajo	Muy alto	Alta	Media	Alta	Bajo	Media	Alta
	Santa Catarina	Muy bajo	Alta	Alta	Media	Alta	Bajo	Media	Alta
San Luis Potosí	Villa de Reyes	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Bajo	Bajo	Muy bajo
	Armadillo de los Infante	Muy bajo	Alta	Media	Bajo	Alta	Media	Bajo	Alta
	Zaragoza	Media	Alta	Media	Bajo	Alta	Media	Bajo	Alta
	San Nicolás Tolentino	Muy bajo	Alta	Bajo	Bajo	Alta	Media	Bajo	Alta
	Rioverde	Media	Alta	Media	Bajo	Alta	Media	Bajo	Alta
	Santa María del Río	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Bajo	Bajo	Alta
	Ciudad Fernández	Media	Alta	Media	Bajo	Alta	Media	Bajo	Alta

Elaboración propia con datos del Atlas Nacional de Riesgos (ANR) del 2020.

El fenómeno de la sequía tiene un mayor grado de presencia en los municipios de Guanajuato. Las ondas cálidas se manifiestan en toda la zona de estudio y la susceptibilidad de laderas debido al relieve de la zona de estudio. Otros fenómenos que se registran en la zona, en menor medida, son las tormentas eléctricas y sismos. De menor grado son las granizadas, bajas temperaturas e inundaciones.

Otros fenómenos que tienen influencia en la zona, aunque escasamente, los ciclones tropicales que en general, tienen un peligro muy bajo a excepción de los municipios de Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Rioverde que tienen un grado de peligro bajo. Por su parte, las nevadas tienen un grado de peligro muy bajo, a excepción del municipio de San Luis de la Paz, con un grado bajo.

Para integrar un rasgo del aspecto social en el estudio, se analizó la información de la población estimada que vive dentro de las ANP, a partir de una estimación del SIMEC de la CONANP (Figura 7).

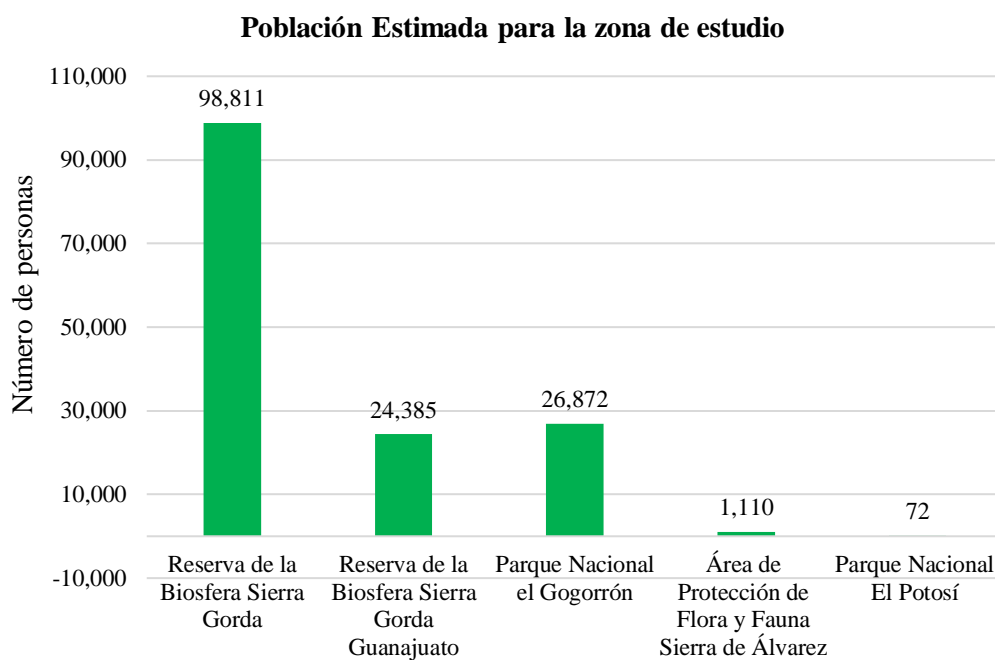


Figura 7. Gráfica de población estimada para la zona de estudio. Elaboración propia con datos de SIMEC, 2022.

La ANP más poblada es la RBSG al contar con un aproximado de 98,811 habitantes, — concentra más del 65.3% de la población de la zona de estudio—; le sigue el PNEG con

26,872 habitantes que concentra el 17.7% de la población y la RBSGGto con 24,385 habitantes que representa el 16.1% de la población de análisis. La APFFSA dispone de 1,110 habitantes, o sea, el 0.7% de población y el PNEG con 72 habitantes y el 0.04%.

En el análisis de la densidad de población, el PNEG presenta el dato más elevado con 73.3 personas por cada km², le siguen la RBSG con 25.7 personas por cada km², la RBSGGto con 10.2 personas por cada km², el APFFSA con 6.5 personas y finalmente, el PNEG con 3.6 personas por cada km² (Figura 8).

Porcentaje de densidad de población (%)

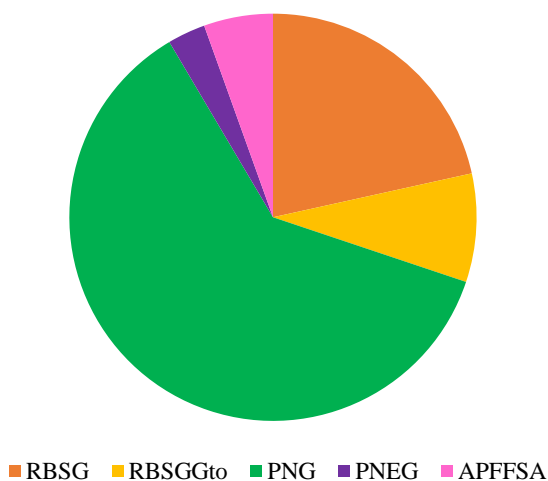


Figura 8. Grafica de densidad de población para la zona de estudio. Elaboración propia con datos de SIMEC.

Dentro de la zona de interés se localizan desde escuelas, hospitales, bancos, gasolineras, hoteles, supermercados y bibliotecas a esto dentro del ANR se le denomina sistema expuesto. La figura 9 muestra una distribución del sistema que se encuentra expuesto ante los diversos fenómenos que se presentan y que se identificaron anteriormente. Para ello, se integraron y dividieron en los estados que conforman la zona de interés; destaca que el

mayor porcentaje de viviendas, bancos, gasolineras y bibliotecas se encuentran en San Luis Potosí y el mayor porcentaje de hospitales en Querétaro, mientras que el número de hoteles, solo existen datos disponibles para Guanajuato.

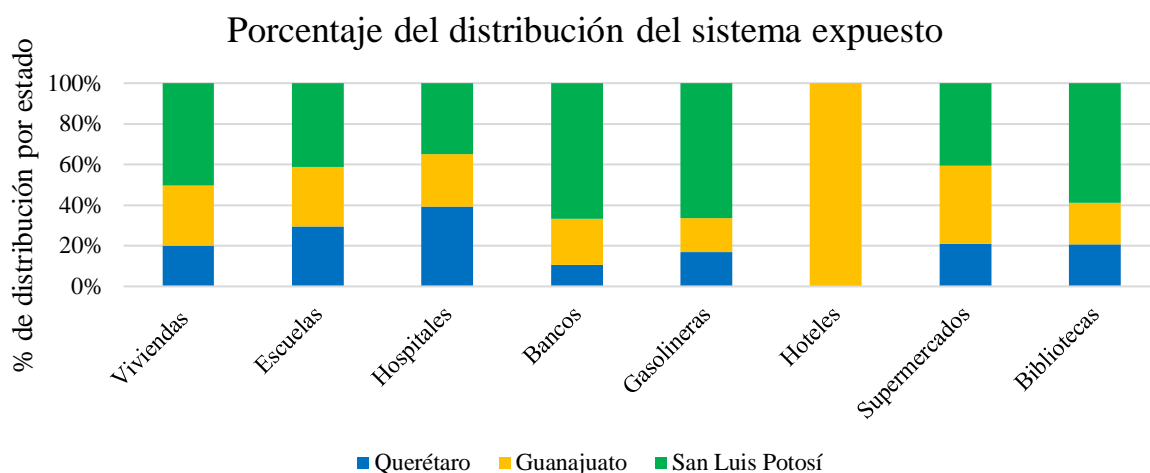


Figura 9. Gráfica del sistema expuesto para los municipios de la zona de estudio. Elaboración propia con datos del ANR.

Un estudio del CENAPRED identifica la vulnerabilidad social, el grado de rezago social y la marginación a nivel municipal, que se encuentra en el ANR, brindando un panorama de las condiciones que se presentan en la zona (Tabla 4). En el ANR también se encuentra un índice de resiliencia y el grado de vulnerabilidad ante el cambio climático en el ANVCC (Tabla 4).

Tabla 4. Grado de vulnerabilidad en la zona de estudio						
<i>Estado</i>	<i>Municipio</i>	<i>Índice de vulnerabilidad social</i>	<i>Grado de rezago social</i>	<i>Grado de marginación</i>	<i>Vulnerabilidad al cambio climático</i>	<i>Resiliencia</i>
Querétaro	Peñamiller	Medio	Medio	Medio	Muy bajo	Medio
	Pinal de Amoles	Alto	Alto	Alto	Muy alto	Bajo
	Jalpan de Serra	Bajo	Bajo	Medio	Muy bajo	Medio
	Arroyo Seco	Medio	Bajo	Medio	Muy bajo	Medio

	Landa de Matamoros	Medio	Bajo	Alto	Muy bajo	Medio
Guanajuato	San Luis de la Paz	Medio	Bajo	Medio	Muy alto	Medio
	Atarjea	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Bajo
	Victoria	Medio	Medio	Medio	Muy alto	Medio
	Xichú	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Bajo
	Santa Catarina	Medio	Medio	Alto	Muy bajo	Medio
San Luis Potosí	Villa de Reyes	Medio	Bajo	Medio	Muy bajo	Alto
	Armadillo de los Infante	Medio	Medio	Alto	Muy bajo	Medio
	Zaragoza	Medio	Bajo	Medio	Muy bajo	Alto
	San Nicolás Tolentino	Medio	Bajo	Medio	Muy bajo	Medio
	Rioverde	Bajo	Bajo	Medio	Muy bajo	Alto
	Santa María del Río	Medio	Medio	Alto	Muy alto	Alto
	Ciudad Fernández	Medio	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Alto

Elaboración propia con datos del Atlas Nacional de Riesgos (ANR) del 2020.

Con lo anterior, se identifica que el municipio con mayor grado de vulnerabilidad social es Pinal de Amoles que también tiene un mayor grado de rezago y marginación. Otros municipios con un importante grado de rezago social y marginación son Atarjea y Xichú. Con un grado de marginación alto destacan Landa de Matamoros, Santa Catarina, Armadillo de los Infante y Santa María del Río.

Los municipios que tienen un menor grado de resiliencia según el ANR son Pinal de Amoles, Atarjea y Xichú. Con un mayor grado de construcción de resiliencia destacan los municipios de Villa de Reyes, Zaragoza, Rioverde, Santa María del Río y Ciudad Fernández. Los municipios que tienen una alta vulnerabilidad ante el cambio climático de acuerdo el ANVCC son: Pinal de Amoles, San Luis de la Paz, Atarjea, Victoria, Xichú y Santa María del Río.

1.2. Evaluación de la conectividad futura en la zona de estudio

Para la evaluación de la variabilidad y el cambio climático es importante realizar una identificación de las condiciones actuales y futuras. Se han publicado estudios de antecedentes en la zona (Gómez-Mendoza *et al.*, 2017) que presentaron los escenarios regionalizados de cambio climático indicando un aumento en la temperatura media de entre 1 °C y 2 °C, y también de la precipitación hasta 3 mm para el periodo de 2010-2099.

Los escenarios más recientes del atlas interactivo del Grupo de Trabajo I del IPCC prevén un aumento de 2.2°C en la anomalía de temperatura promedio mientras en el caso de la precipitación se espera un porcentaje de cambio de -5.7% en el escenario más pesimista (Trayectoria Representativa de Concentración RCP, por sus siglas en inglés) 8.5 a largo plazo (2081-2100) (INECC, 2022).

Del mismo modo, previamente se han identificado las principales amenazas o peligros actuales que se presentan en la región y se ha determinado la población que vive en la zona, el sistema expuesto y la vulnerabilidad, el rezago social y la marginación. Para determinar las condiciones futuras es importante retomar los instrumentos que se han realizado a nivel municipal como el ANVCC de INECC con datos de 2019, del que ya se identificaron los municipios más vulnerables ante cambio climático. Esto debido a que es un punto de partida para el diagnóstico de la adaptación al cambio climático y la priorización de posibles acciones que se lleven a cabo.

En ese sentido, se cuenta con información de seis vulnerabilidades específicas: vulnerabilidad de asentamientos humanos a deslaves, inundaciones e incremento potencial

de enfermedades transmitidas por vector (dengue); vulnerabilidad de la producción ganadera a estrés hídrico e inundaciones y vulnerabilidad de la producción forrajera a estrés hídrico para un escenario de cambio climático de horizonte temporal a corto plazo (2015-2039) y con una RCP de 8.5 W/m² cuyos resultados se integran en las tablas 5, 6 y 7.

Tabla 5. Grado de vulnerabilidad ante el cambio climático para los municipios de Querétaro					
	<i>Arroyo Seco</i>	<i>Jalpan de Serra</i>	<i>Landa de Matamoros</i>	<i>Pinal de Amoles</i>	<i>Peñamiller</i>
Vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico	Alta	Baja	Baja	Media	Muy Alta
Vulnerabilidad de la población al incremento en distribución del dengue	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Baja	N/A
Vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante estrés hídrico	Media	Media	N/A	Baja	Media
Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones	Media	Alta	Media	Media	N/A
Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta

Elaboración propia con datos del ANVCC de INECC, 2019.

La Tabla 5, muestra que los municipios insertos en la RBSG tienen una muy alta vulnerabilidad al incremento de distribución del dengue en los municipios de Arroyo Seco y Jalpan de Serra. La vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves va de muy alta a media en todos los municipios queretanos a excepción de Arroyo Seco. La vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico es de muy alta y alta en los municipios de Peñamiller y Arroyo Seco.

Tabla 6. Grado de vulnerabilidad ante el cambio climático para los municipios de Guanajuato					
	<i>San Luis de la Paz</i>	<i>Victoria</i>	<i>Xichú</i>	<i>Atarjea</i>	<i>Santa Catarina</i>
Vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico	Baja	Media	Baja	Media	Media

Vulnerabilidad de la población al incremento en distribución del dengue	N/A	Muy Alta	Alta	Baja	N/A
Vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante estrés hídrico	Baja	Baja	Baja	Media	Baja
Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones	Baja	Baja	N/A	N/A	Media
Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta
Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Elaboración propia con datos del ANVCC de INECC, 2019.

La Tabla 6 indica que los municipios situados en la RBSGGto tienen una vulnerabilidad muy alta a los asentamientos humanos a deslaves en Atarjea y Santa Catarina. Otro grado de vulnerabilidad que se identifica en la zona es el incremento en distribución del dengue que es muy alta y alta para Vitoria y Xichú.

Tabla 7. Grado de vulnerabilidad ante el cambio climático para los municipios de San Luis Potosí							
	<i>Villa de Reyes</i>	<i>Armadillo de los Infante</i>	<i>Zaragoza</i>	<i>San Nicolás Tolentino</i>	<i>Rioverde</i>	<i>Santa María del Río</i>	<i>Ciudad Fernández</i>
Vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Vulnerabilidad de la población al incremento en distribución del dengue	N/A	N/A	N/A	N/A	Baja	N/A	Baja
Vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante estrés hídrico	Alta	Alta	Media	Muy Alta	Media	Alta	Muy Alta
Vulnerabilidad de la producción ganadera extensiva a inundaciones	Baja	Alta	Alta	Alta	Media	Alta	Media
Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves	N/A	Alta	N/A	Muy alta	N/A	N/A	N/A
Vulnerabilidad de los asentamientos humanos a inundaciones	Baja	N/A	N/A	Media	Media	Alta	Baja

Elaboración propia con datos del ANVCC de INECC, 2019.

En cambio, los municipios que integran el PNEG, el APFFSA y el PNEP tienen una evidente vulnerabilidad de la producción forrajera ante estrés hídrico que va de muy alta para Armadillo de los Infante, Zaragoza, San Nicolás Tolentino, Santa María del Río y Ciudad Fernández. Así también, la vulnerabilidad de la ganadería extensiva ante estrés hídrico tiene una vulnerabilidad muy alta en San Nicolás Tolentino y Ciudad Fernández y la vulnerabilidad de los asentamientos humanos a deslaves es muy alta en San Nicolás Tolentino.

A partir de la identificación de las condiciones actuales y esperadas para la zona se realiza un análisis de integración (Tabla 8) para identificar una aproximación al riesgo. Cabe destacar que el riesgo se deriva de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición a lo largo del tiempo, así como el peligro (relacionado con el clima) y la probabilidad de que ocurra (IPCC, 2019).

Tabla 8. Caracterización del riesgo para la zona de estudio	
<i>Amenazas o peligros identificados</i>	<p><i>Actuales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sequías, susceptibilidad de laderas y ondas cálidas. <p><i>Futuros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento en la temperatura (1 a 2.2°C) y disminución en la precipitación (-5.7% regional a +3mm de manera muy local)
<i>Exposición</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 151,250 habitantes ▪ 141,885 viviendas ▪ 2,639 escuelas ▪ 304 hospitales
<i>Vulnerabilidad, rezago y marginación</i>	<p><i>Vulnerabilidad social</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 5.8% municipios alta, 82.3% media y 11.7% baja <p><i>Rezago social</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 17.6% municipios alta, 29.4% media, 47% bajo y 5.8% muy bajo <p><i>Marginación</i></p>

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 41.1% municipios alta, 52.9% medio y 5.8% baja
<i>Vulnerabilidad a cambio climático</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 35.2% municipios tienen una vulnerabilidad muy alta ante cambio climático ▪ 35.2% municipios tienen una vulnerabilidad muy alta de la producción forrajera ante estrés hídrico ▪ 23.5% municipios tienen una vulnerabilidad muy alta de los asentamientos humanos a deslaves ▪ 17.6% municipios tienen una vulnerabilidad muy alta de la población al incremento en distribución del dengue

Elaboración propia.

1.3. Viabilidad de la conectividad ecológica

A partir de trabajo de campo y de entrevistas mediante cuestionarios semiestructurados se pudieron recopilar las diferentes acciones en materia de: 1) viabilidad del corredor, 2) acciones relacionadas con variabilidad y cambio climático y 3) adaptación que lleva cabo cada una de las ANP.

Para la primera categoría de análisis viabilidad del corredor, recuperada de la codificación axial, se identificaron las subcategorías: 1.- socio ecosistémica; 2.- proximidad; y 3.-problemáticas en la zona. Las respuestas de los responsables de las ANP describen en la Tabla 9.

Tabla 9. Viabilidad en cada una de la ANP	
RBSG <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geográficamente contigua con la RBSGGto y comparten zonas biogeográficamente similares. ▪ Existe apoyo por parte de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ, por sus siglas en alemán) al ser parte del proyecto del Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental (CESMO). ▪ Se ha observado que la biodiversidad no 	RBSGGto <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se ha identificado a la guacamaya verde como especie que comparten con la RBSG y unas de las actividades que se ha realizado es la identificación del nicho de la guacamaya a partir del Sótano de Barro. ▪ Sobre la cultural, muchas comunidades se sienten queretanos pero son de Guanajuato y sus víveres los consiguen en Rioverde (San Luis Potosí).

<p>solo está dentro de la Reserva, llega Guanajuato y esas relaciones no solo son ecológicos también son sociales. Por lo que existe acuerdo en percibir a las reservas en conjunto y no de manera individual o aislada</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por la importancia hidrológica debido a los servicios de la cuenca y microcuencas.
<p>PNEG</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Existe mayor relación con el PNEP y el APFFSA con las RBSG y la RBSGGto hace falta compartir experiencias en proyectos. ▪ Existen asentamientos humanos considerables como Villa de Reyes que conectan la región. ▪ Por la importancia hidrológica, se comparte regiones hidrológicas. 	<p>APFFSA</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor relación con PNEG y PNEP. ▪ Existen problemáticas similares que enfrentan las ANP de estudio entre ellos la plaga del gusano descortezador (<i>Dendroctunessp</i>) además es importante monitoreo de flora y fauna de toda la región. ▪ La cultura, hay un sentido de pertenencia a la serranía. ▪ Por la importancia hidrológica.
<p>PNEP</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor relación con PNEG y APFFSA ▪ También se presenta la plaga del gusano descortezador (<i>Dendroctunessp</i>) además es importante monitoreo de flora y fauna de toda la región. ▪ Por la importancia hidrológica 	

Elaboración propia con base en entrevistas con actores clave locales.

La Tabla 9 expone la viabilidad en la RBSG al exponer de infraestructura institucional y experiencia al ser parte del CESMO, de igual manera la RBSGGto reconoce la importancia ecológica y relevancia que tiene la guacamaya verde (*Ara militaris*) como un inicio para la aproximación a otros proyectos en conjunto. Es de destacar que además de la conectividad ecológica en la región se presenta un sentido de pertenencia a la serranía y la movilidad no está limitada por las fronteras de los estados.

Las ANP de San Luis Potosí son consideradas una región en su conjunto debido a que enfrentan problemas similares como la afectación de la plaga por gusano descortezador (*Dendroctonus mexicanus*), extracción de materiales y expansión de asentamientos humanos. A decir de los entrevistados son áreas que comparten ecosistemas similares y hay un interés en el monitoreo de flora y fauna pero aún falta un intercambio de experiencias con la RBSG y la RBSGG toque permitan dar a conocer las mejores prácticas para la atención de ciertas problemáticas.

Lo anterior brinda un panorama sobre las principales fortalezas que se presentan en la zona y que se deben considerar para la formulación de acciones y políticas conjuntas que puedan implementarse en la región: 1) disponibilidad e interés de los responsables de las ANP; 2) se presenta una conectividad ecológica de especies características y una conectividad social que no considera límites estatales; 3) se comparten zonas hidrológicas relevantes para el abastecimiento humano.

1.4 Acciones relacionadas con la variabilidad y cambio climático

Derivado del análisis de la codificación axial de los cuestionarios semiestructurados a los actores clave de la zonas se identificaron las medidas llevadas a cabo y que están relacionadas con la variabilidad y el cambio climático (monitoreo meteorológico y atención a fenómenos hidrometeorológicos). Los resultados se pueden encontrar compilados en la Tabla 10.

Tabla 10. Acciones relacionadas con el monitoreo meteorológico	
RBSG	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comité para atender las contingencias en específico de los incendios, con brigadas comunitarias con la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las sequías se empiezan a atender con la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia a las comunidades más vulnerables. ▪ Se han identificado tendencias y cambios en la precipitación pero son de periodos cortos (líneas base obtenidas de las estaciones meteorológicas).
<p>RBSGGto</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se cuenta con la Estación Meteorológica Automática (EMA) de El Carricillo, instalada por la CONANP, cuya información ayuda para la temporada de incendios.
<p>PNEG</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La EMA del Gogorrón, instalada por la CONANP. ▪ El uso de la información climática de las EMAS, identificar los eventos extremos, hacer una línea base con los datos de los tres años
<p>APFFSA</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Brigadas de contingencia ambiental para la atención de incendios forestales y otros fenómenos meteorológicos.
<p>PNEP</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Brigadas de contingencia ambiental para la atención de incendios forestales y otros fenómenos meteorológicos.

Elaboración propia.

Una de las acciones que implementó la CONANP dentro de sus ANP es la instalación de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) para monitorear variables climáticas como: viento, dirección máxima del viento, velocidad del viento, velocidad máxima del viento, temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica, lluvia acumulada de cada 10 minutos y radiación solar. En el área de estudio, están instaladas cuatro EMAS: dos en la RBSG (15B00166 Jalpan y 15DAC718 Sierra Gorda I), una en la RBSGGto (16A01768 Sierra Gorda II) y otra en el PNEG (15D4D006 Gogorrón).

Si bien las EMAs en las ANP han ayudado a identificar la temporada de estiaje que coincide y favorece los incendios forestales (CENAPRED, 2021) aún falta generar una línea base robusta que considere fenómenos como anomalías o eventos extremos, sobre todo, si se toma en cuenta los posibles efectos del cambio climático.

En las ANP se encuentran brigadas comunitarias de contingencia ambiental coordinadas por la CONAFOR para la prevención y atención de incendios forestales principalmente. Es de resaltar que en el caso de la RBSGGto y el PNEG no se cuenta o no se proporcionó información sobre la conformación de estas brigadas comunitarias.

1.5. Las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) y la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE)

Los impactos relacionados con los fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en la zona de estudio requieren de la generación de medidas no estructurales y estructurales¹ que permita a los socioecosistemas su adaptación considerando los efectos esperados del cambio climático que permitan la participación de academia, sociedad civil y gobierno para diseñar e implementar medidas más resilientes y sostenibles (Kumar *et al.*, 2020).

Entre las estrategias de adaptación que se llevan a cabo actualmente, se encuentran las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) que aprovechan una gama de beneficios derivada de sistemas naturales, biodiversos y resilientes. Por ejemplo, pueden apoyar la adaptación al cambio climático a través de la protección contra inundaciones, la regulación de la calidad del aire y el agua mientras contribuyen a la mitigación del cambio climático y mantienen o mejoran la biodiversidad. De hecho, una gran parte del atractivo de las SbN es su potencial para abordar múltiples objetivos internacionales simultáneamente (Chausson *et al.*, 2020).

¹Las medidas no estructurales tienen que ver con la previsión, alerta temprana, planificación del uso del suelo, servicios de emergencia y evacuación, mientras las medidas estructurales tienen que ver con la construcción de diques, malecones y presas (Kumar *et al.*, 2020).

La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) es un enfoque incorporado en las SbN y el uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte de una estrategia de adaptación general para ayudar a las personas a aumentar su resiliencia y su adaptación a los efectos adversos del cambio climático (UICN, 2017; Lhumeau & Cordero, 2012). El enfoque AbE ofrece otros beneficios como la mitigación de los gases de efecto invernadero y la mejora de la biodiversidad, el agua y la calidad del aire (McVittie *et al.*, 2018).

Las tablas 11, 12, 13, 14 y 15 integran los resultados que se obtuvieron en el trabajo de campo y con la aplicación del cuestionario semiestructurado. Así también, se realizó una codificación axial que tuvo como objetivo de distinguir las medidas que se llevan a cabo en la zona de estudio y que son consideradas como SbN y AbE.

La RBSG (Tabla 11) se observan acciones encaminadas a fomentar los corredores biológicos, al contemplar experiencias y conocimientos del CESMO, además ha implementado infraestructura —como los sistemas de captación de agua de lluvia— para mitigar de sequías y ondas cálidas de grado alto, identificadas previamente.

Tabla 11. Acciones encaminadas a las SbN y AbE en la RBSG	
Cambio observado	<ul style="list-style-type: none"> ● Se observa una disminución de la precipitación.
<ul style="list-style-type: none"> ● Pertenecen al CESMO ● Sistemas de captación de agua. ● Educación ambiental en secundarias y preparatorias ● Monitoreo del clima por medio de las estaciones meteorológicas 	

Elaboración propia con datos de CONANP.

En el caso de la RBSGGto (Tabla 12), hay un entendimiento sobre la importancia de los corredores biológicos, por las especies que comparten con la RBSG, también es importante

la conectividad social por el sentido de pertenencia en la región y el reconocimiento de los servicios a nivel de cuenca y microcuenca que se comparte con las zonas contiguas. En la RBSGGto se llevan a cabo acciones alineadas a instrumentos nacionales como la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) y la instalación de una EMA, que han ayudado a generar líneas base para la identificación de la temporada de incendios.

Tabla 12. Acciones encaminadas a las SbN y AbE en la RBSGGto	
Cambio observado	<ul style="list-style-type: none"> • Las plagas, inundaciones, sequías, heladas
Se llevan a cabo acciones que están dentro de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC): <ul style="list-style-type: none"> • Reforestación y restauración • Ferias regionales de maíces criollos • Brigadas contra incendios • Captación de colecta de agua de lluvia. 	

Elaboración propia con datos de CONANP.

En el PNEG (Tabla 13), no se ha identificado una especie de flora o fauna en específico y falta un acercamiento con las RBSG y RBSGGto, pero se constata una comprensión sobre los recursos a nivel hidrológico. Aunque el municipio tiene una alta presencia de inundaciones, sequías y ondas cálidas, los responsables del ANP no identifican esto como prioritario, la problemática en la zona está en función de los Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Tabla 13. Acciones encaminadas a la adaptación en el PNEG	
Cambio observado	<ul style="list-style-type: none"> • Peligros ante inundación parecen ser menores debido a que los asentamientos se encuentran en zonas planas con buen drenaje, los fenómenos de huracanes son escasos.
<ul style="list-style-type: none"> • Acciones de conservación del suelo. • Trabajo en comunidades ya que principalmente es ejidal. • Reducción en la utilización de leña. <p>Cabe señalar que un problema importante es la generación de emisiones contaminantes por la actividad de producción de ladrillo recocido, sin embargo no se cuenta con los recursos</p>	

para analizar y ofrecer opciones sociales y tecnológicas que permitan reorientar la producción. No se cuenta con un programa de contingencias.

Elaboración propia con datos de CONANP.

El APFFSA (Tabla 14) presenta la problemática relacionada al gusano descortezador, considerado una problemática regional. Se identifican también otras amenazas como incendios forestales pero se cuentan con brigadas para atender las emergencias.

Tabla 14. Acciones encaminadas a la adaptación en el APFFSA	
Cambio observado	<ul style="list-style-type: none"> ● Vientos fuertes, en algunos casos heladas, lluvias torrenciales.
Se realizan actividades orientadas a la: <ul style="list-style-type: none"> ● Conservación y uso sustentable de los ecosistemas ● La biodiversidad y los servicios que proveen a las poblaciones humanas que se encuentran dentro y en la zona de influencia de las ANP ● Reforestación y restauración. ● Se cuenta con una brigada de contingencia ambiental. 	

Elaboración propia con datos de CONANP.

Por su parte para el PNEP (Tabla 15), presenta la problemática relacionada con el gusano descortezador; en todo caso cuenta con una brigada comunitaria para la atención de fenómenos que se presentan en la zona tales como sequías, heladas, lluvias torrenciales y ondas cálidas en los meses de estiaje que incrementan el peligro de incendios forestales.

Tabla 15. Acciones encaminadas a la adaptación en el PNEP	
Cambio observado	<ul style="list-style-type: none"> ● Vientos fuertes, en algunos casos heladas, lluvias torrenciales.
Se realizan actividades orientadas a: <ul style="list-style-type: none"> ● La conservación y uso sustentable de los ecosistemas. ● La biodiversidad y los servicios que proveen a las poblaciones humanas que se encuentran dentro y en la zona de influencia de las ANP. ● Reforestación y restauración. ● Se cuenta con una brigada de contingencia ambiental. 	

Elaboración propia con datos de CONANP.

A través del diagnóstico, se identificaron los proyectos de colaboración entre la RBSG y la RBSGGto como el proyecto de la guacamaya verde y su nicho ecológico en el Sótano del Barro en Arroyo Seco (Querétaro) ya que su área de influencia llega al municipio de San Luis de la Paz en Guanajuato (L. F. Vázquez Sandoval, comunicación personal, 2 de diciembre de 2016).

A través de la aplicación de cuestionarios semiestructurados por medio de la técnica de la entrevista, de manera general los responsables coincidieron que el proyecto es viable por las siguientes razones: 1) Las ANP no están aisladas, 2) Los objetivos de los directores es trabajar en conjunto a pesar de que apenas en solo un proyecto se ha colaborado pero comparten en la región problemáticas similares, 3) El trabajo ayudará a definir lugares donde es posible realizar los Pago por Servicios Ambientales (PSA) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 4) El proyecto podrá definir de mejor manera muchas de las metas y políticas aplicadas al ANP, y 5) Al identificar la zona de estudio como una región las problemáticas también pueden atenderse en su conjunto.

Derivado del análisis de la codificación abierta, axial y selectiva se llegó a las siguientes conclusiones:

- 1.- Para la zona de estudio se presenta una viabilidad del corredor biológico que considera aspectos socioambientales. Es de considerar relevante el monitoreo principalmente de fauna y se reconoce un sentido de pertenencia a la zona serrana.

- 2.- Las RBSG, RBSGGto, PNEG, PNEP, APFFSA pertenecen a la misma zona biogeográfica y brindan servicios ecosistémicos a las comunidades que pueden potencializarse.
- 3.- En la región se identifican problemáticas similares que podrían atenderse de manera integral como el combate a los incendios forestales y la plaga por el gusano descortezador.
- 4.- En la zona de estudio se lleva a cabo un monitoreo climático para identificar en mayor medida los periodos relacionados con los incendios forestales.
- 5.- En cada una de las ANP se reconocen diversos fenómenos que afectan la región como las sequías, plagas, inundaciones e incendios. Sin embargo se debe considerar que solo la atención de los incendios forestales cuenta con un plan de contingencias.
- 6.- Entre las acciones que se llevan a cabo en las ANP destacan la conservación, la restauración y la reforestación de los ecosistemas.
- 7.- Las acciones que se llevan a cabo en las ANP desde un enfoque mayormente social, son las campañas de educación ambiental e instalación de sistemas de captación de agua de lluvia, a las zonas con mayor vulnerabilidad ante sequías.

Capítulo 2: La Conectividad como Estrategia de Adaptación al cambio climático

El objetivo de este capítulo es identificar la conectividad del corredor biológico a través de su área de operatividad y modelar la distribución potencial y nicho ecológico de las especies de flora y fauna mediante una técnica de máxima entropía¹ a través de MaxEnt. Este es un algoritmo que usa datos de presencia de las especies y variables predictoras (precipitación y temperatura) proporcionando buenos resultados (Elith *et al.*, 2011) con pocos datos.

La metodología para el presente capítulo consiste en identificar los estudios que han plasmado la conectividad ecológica a nivel nacional y mediante trabajo de campo con la aplicación de cuestionarios abiertos por medio de la técnica de la entrevista a actores clave, que ayuden a delimitar el área de operatividad de las ANP investigadas. Así se determinó el área de interés en kilómetros desde los límites de los espacios protegidos con acciones de conservación.

La obtención de las especies que se presentan en la zona mediante la bases de datos del registro de especies de la plataforma del Global Biodiversity Information Facility (GBIF, por sus siglas en inglés, 2001). El propósito es obtener las especies recopiladas en 1.- la NOM-059-SEMARNAT-2010; 2.- la lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS); 3.- las endémicas según con la CONABIO.

Posteriormente, mediante la modelación con el algoritmo de MaxEnt se obtiene la distribución potencial, resultado de la integración de predictores tales como la temperatura

¹ Combina estadística, modelos bayesianos, análisis convexo permitiendo hacer predicciones de la presencia de alguna especie utilizando información incompleta (Phillips, 2008).

máxima, mínima, la precipitación y el escenario de cambio climático en el 2015-2039 (Figura 10).

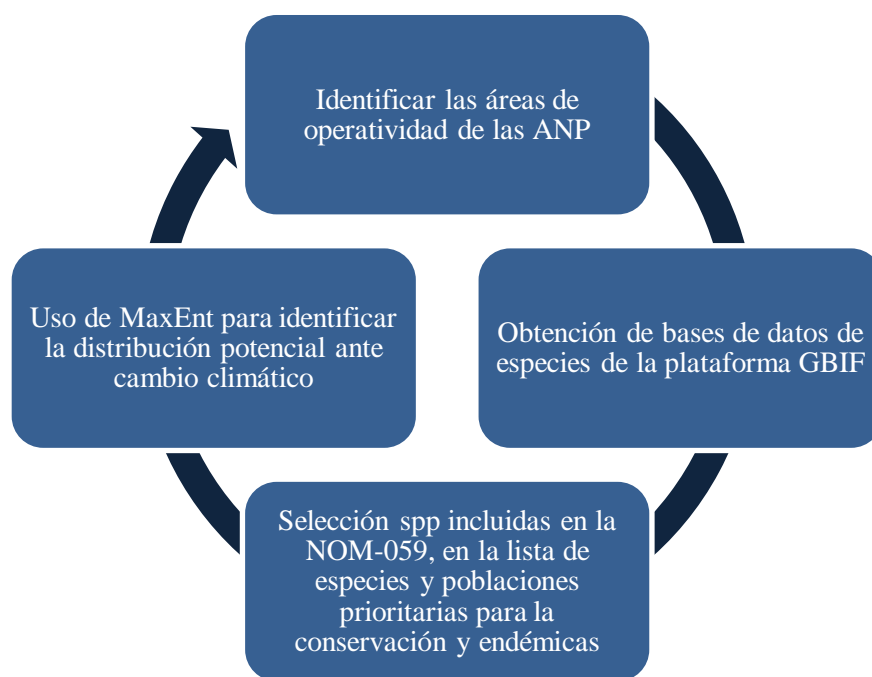


Figura 10. Proceso metodológico. Elaboración propia.

Por escenario de cambio climático, se entiende una descripción plausible de un futuro verosímil, basada en un conjunto coherente e internamente congruente de supuestos sobre las fuerzas motrices (p. ej., el ritmo del cambio tecnológico y la mitigación de GEI). Cabe destacar que, los escenarios no son predicciones ni pronósticos, pero son útiles porque ofrecen un panorama de las consecuencias de la evolución de distintas situaciones y medidas (IPCC, 2018, p. 80).

En el Quinto Informe del IPCC, se desarrollan las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés) las cuales son escenarios que incorporan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de GEI, aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso de la tierra y la cubierta terrestre. La palabra representativa significa que cada RCP ofrece uno de los múltiples escenarios posibles que

conducirían a las características específicas de forzamiento radiativo (IPCC, 2019). Las RCP que se emplean en la investigación son las siguientes:

- RCP 4.5: Una trayectoria de estabilización intermedia en la cual el forzamiento radiativo se limita a aproximadamente 4.5 W/m^2 en 2100 o 538 partes por millón (ppm) de dióxido de carbono (CO_2) — las correspondientes trayectorias de concentración ampliada mantienen concentraciones constantes después de 2100 —.
- RCP 8.5: Una trayectoria alta que alcanza valores superiores a 8.5 W/m^2 en 2100 o 936 ppm de CO_2 — la correspondiente trayectoria de concentración ampliada mantiene emisiones constantes después de 2100 hasta 2150 y concentraciones constantes después de 2250 —.

2.1. Estudios de la conectividad en México

Los sistemas de ANP tanto a escala nacional como estatal o local, son los componentes integrales de la conservación de la biodiversidad. No obstante, las decisiones sobre la conservación, la gestión y el manejo de la biodiversidad excluyen con frecuencia análisis detallados para la planificación y el diseño de redes de áreas que cumplan con este propósito (Suárez-Mota *et al.*, 2015).

Ante este panorama, es relevante llevar a cabo una recopilación de los esfuerzos llevados a cabo para identificar la conectividad entre los sistemas de ANP. Entre los esfuerzos sobresale el estudio de Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies (CONABIO, 2007). En él se demuestra que las ANP no necesariamente corresponden con las zonas más ricas en biodiversidad (Figura 11).

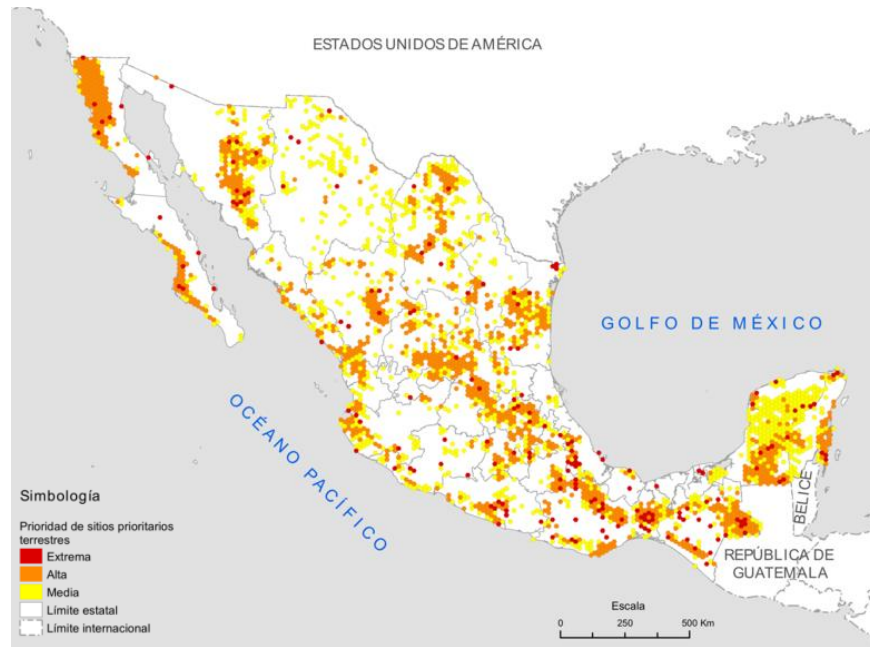


Figura 11. Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad. Tomado de CONABIO 2007.

En la actualidad, es motivo de discusión la necesidad de generar medidas alternativas basadas en estudios minuciosos y factibles, que permitan tener mejores estrategias para la conservación de los recursos naturales a largo plazo (Burgman *et al.*, 2001).

Con el fin de identificar áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad, en los últimos años se han empleado métodos iterativos basados, sobre todo, en los principios de complementariedad e irremplazabilidad. Lo que implica el empleo de un algoritmo sencillo, con el que se intenta conservar el mayor número de especies en el menor número de sitios. En México, dicho método ha sido utilizado en diversos estudios (Lira *et al.*, 2002; Suárez-Mota & Téllez-Valdés, 2014; Urbina-Cardona & Flores-Villela, 2010; Villaseñor *et al.*, 1998, 2003; Martínez-Meyer, 2011).

Entre estos métodos algunos autores dan mayor importancia a las especies endémicas, y consideran que las especies distribuidas más ampliamente pueden ser protegidas

simultáneamente (Lira *et al.*, 2002; Villaseñor *et al.*, 1998, 2003). Sin embargo, se ha encontrado también que las áreas con alta diversidad no siempre son coincidentes con las de endemismo, por lo que es necesario desarrollar diferentes estrategias de conservación de la biodiversidad en áreas con desigual representatividad o falta de correlación entre las variables utilizadas: — endemismo *versus* riqueza total — (Gentry, 1992; Arita *et al.*, 1997; Ceballos *et al.*, 1998).

El caso de estudio denominado: “Conectividad entre áreas protegidas para fomentar la adaptación al cambio climático” elaborado por Botello-López y colaboradores (2017) que se encuentra dentro de la ECCAP se desarrolló bajo un contexto de cambio climático y el papel de las ANP. En el estudio se entienden a las áreas como sitios que benefician y ayudan a incrementar la capacidad de adaptación de los ecosistemas y de las comunidades humanas ante el clima cambiante. Por lo tanto, la conectividad entre ANP y el mantenimiento de su representatividad son factores clave (Ervin *et al.*, 2010).

Más tarde, se publicó “Desarrollo de una metodología para modelar distribución potencial de nicho ecológico de especies selectas bajo diferentes escenarios de cambio climático” (2016) de SEMARNAT e INECC. En la investigación se utilizó una metodología para una modelación semiautomatizada para estandarizar la obtención de datos geográficos de ocurrencia de especies. Los datos sobre ocurrencias se obtuvieron desde el repositorio de la GBIF; para realizar la modelación se utilizó el algoritmo MaxEnt y el resultado del análisis de la información contuvo diferentes parámetros que permitieron transformar las proyecciones de los modelos en el espacio geográfico de continuas a discretas.

2.2. Evaluación de la conectividad futura y polígono propuesto

A continuación se desarrolla la metodología para identificar la conectividad y por lo tanto redes de áreas de conservación en el Corredor Biológico de la Sierra Gorda Guanajuato-Querétaro-San Luis Potosí.

a) identificación las áreas de operatividad de las ANP

Con base en la información recopilada durante el trabajo de campo, se obtuvo el área de operatividad de cada una de las ANP (Tabla 16). De esta manera, se determinó el alcance que su gestión, entendida como los kilómetros lineales en los que se implementan acciones fuera del ANP para la conservación del área de influencia y el área núcleo; también suele denominarse capacidad de ANP (Sánchez-Cordero *et al.*, 2007)

Tabla 16. Características principales de las ANP del área de estudio			
<i>ANP</i>	<i>Decreto</i>	<i>Programa de Manejo</i>	<i>Área de Operatividad (km)</i>
Reserva de la Biosfera Sierra Gorda	1997	2000 en proceso de actualización	14
Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato	2007	2013 elaborado, pero no publicado	Microcuenca
Parque Nacional Gogorrón	1936	Actualización en 2016	20
Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez	1981 y 2000	No elaborado	20
Parque Nacional El Potosí	1936	Actualización en 2015	10

Elaboración propia con datos de CONANP, 2017.

La RBSGGto, no cuenta aún con acciones llevadas a cabo fuera de su polígono — únicamente acciones de difusión en el municipio de San Luis de la Paz— ya que se han enfocado reconocer y difundir la importancia y las ventajas del ANP dentro de la misma reserva en los primeros años del decreto. Posteriormente, se llevarán a cabo acciones con un enfoque de microcuenca (L. F. Vázquez Sandoval, comunicación personal, 2 de diciembre de 2016).

b) Descarga de las bases de datos de especies de la plataforma Global Biodiversity Information Facility

La plataforma de GBIF es una base de datos abierta, internacional y financiada por gobiernos que permite acceder a datos de ocurrencia de las especies a nivel global y de manera libre para apoyar la investigación científica que apoye la toma de decisiones en torno a la pérdida de biodiversidad, propagación de especies invasoras, la salud humana y el desarrollo de políticas de favorezcan el desarrollo sostenible (GBIF, 2001).

México y otros 52 países son miembro del GBIF desde sus inicios y está representado por la CONABIO. El objetivo de la red internacional es proporcionar por medio de internet, acceso libre y gratuito a los datos que a nivel mundial compila sobre especies de plantas y animales (CONABIO, 2013).

Actualmente, la red internacional GBIF contiene en la sección para México un total de 26,671,423 registros de especímenes o ejemplares de diversas especies mexicanas, de los cuales la CONABIO ha integrado los registros. La base de datos a nivel mundial integra un total de 2,313,805,027 registros por lo que México aporta el 11.5% de los datos (CONABIO, 2013).

Obtenido el área de operatividad, se descargaron de la plataforma GBIF los datos de los registros de las coordenadas extremas de la zona para disponer toda la información de los registros conjuntamente. Después, se aplicaron a los datos, los siguientes procesos: 1.- limpieza, mediante la cual se corrigieron o eliminaron datos erróneos sin modificar el sentido original de la información; 2.- estandarización, a un mismo eje de información principalmente en nomenclatura y taxonomía; y 3.- completitud, consistió en eliminar los datos ausentes o con un número de menos de diez registros en un punto.

c) Selección de las especies que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación y son consideradas endémicas.

El primer criterio para la selección de las especies obtenidas mediante GBIF fue a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010², la cual tiene por objeto identificar las especies o poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo, mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción.

Las categorías de riesgo de las especies que se enlistan dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 referidas a detalle en la Tabla 17.

Tabla 17. Categorías de riesgo en México que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Probablemente extinta en el medio silvestre (E)</i>
Aquella especie nativa de México cuyos ejemplares en vida libre dentro del Territorio Nacional han desaparecido, hasta donde la documentación y los estudios realizados lo prueban, y de la cual se conoce la existencia de ejemplares vivos, en confinamiento o fuera del Territorio Mexicano.
<i>En peligro de extinción (P)</i>
Aquellas cuyas áreas de distribución o tamaño de sus poblaciones en el Territorio Nacional han disminuido drásticamente poniendo en riesgo su viabilidad biológica en todo su hábitat natural, debido a

² Con reforma en la que se adicionan, excluyen y cambian de categoría algunas especies, el 14 de noviembre de 2019.

factores tales como la destrucción o modificación drástica del hábitat, aprovechamiento no sustentable, enfermedades o depredación, entre otros.
<i>Amenazadas (A)</i>
Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones.
<i>Sujetas a protección especial (Pr)</i>
Aquellas que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación o la recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.
<i>Especie endémica</i>
Aquella cuyo ámbito de distribución natural se encuentra circunscrito únicamente al Territorio Nacional y a las zonas donde la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

Elaborado a partir del DOF. 2010. NOM-059-SEMARNAT-2010.

Para el caso de la lista de especies prioritarias se aplicó un proceso sistemático y de conocimiento experto en la que se propusieron 372 especies de plantas y animales que fueron seleccionadas conforme al artículo 61 y 62 de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS) publicada en el año 2000. Esto con la finalidad de promover el desarrollo de proyectos para su conservación y recuperación, y con ello la de los ecosistemas, hábitats y especies con los que se encuentran asociadas (DOF, 2014).

Las características de estas especies son las siguientes: a) importancia estratégica para la conservación de hábitats y de otras especies; b) importancia de la especie o población para el mantenimiento de biodiversidad, la estructura y el funcionamiento de un ecosistema o parte de este; c) carácter endémico, cuando se trate de especies o poblaciones en riesgo; y d) alto grado de interés social, cultural, científico o económico.

También, se obtuvieron las especies endémicas de la página web de la CONABIO (CONABIO, 2008) sobre las especies endémicas de México. En la plataforma, se brinda un panorama nacional sobre las especies endémicas, sus características generales, distribución y grado de amenaza. La Tabla 18 expresa las especies que se encuentran en México y aquellas que se consideran endémicas.

Tabla 18. Taxas incluidas en el estudio que incluyen las especies en México y endémicas		
<i>Taxa</i>	<i>Número de especies en México</i>	<i>Número de especies endémicas</i>
Anfibios	361	174
Aves	1096	125
Insectos	1181	900
Mamíferos	535	164
Reptiles	864	493
Bryophyta	982	103
Coníferas		78
Monocotiledóneas	4,542	2,010
Dicotiledóneas		9,239

Elaboración propia con datos de CONABIO, 2018.

De la base obtenida en la plataforma GBIF se obtuvieron 642,307 registros para la zona de estudio, la cual incluye información del lugar del registro, las categorías taxonómicas y el registro de trabajo. A partir de la base obtenida, se agregaron las columnas de información para identificar si se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, se enlistan dentro las especies y las poblaciones prioritarias para la conservación o son identificadas como endémicas por la CONABIO. Posteriormente se realizó un primer filtro para únicamente trabajar con las clases: *Amphibia*, *Aves*, *Insecta*, *Mammalia*, *Reptilia*, *Cycadopsida*, *Gnetopsida*, *Liliopsida*, *Magnoliopsida*, *Pinopsida* y *Polypodiopsida*. La segunda columna de la Tabla 19 expone los resultados del primer filtro.

Posteriormente, se eliminaron las especies con menos de 10 ocurrencias, la tercera columna de la Tabla 19 muestra los resultados. Para reducir la base de datos también se aplicó un tercer filtro y se dejaron únicamente las ocurrencias de más de 10 especies situadas en el mismo punto. La cuarta columna de la Tabla 19 manifiesta los resultados del último filtro.

Tabla 19. Resultado del filtrado de especies			
	Primer filtrado de especies	Segundo filtrado de especies	Tercer filtrado de especies
Anfibios:	35	12	3
Aves:	74	30	13
Insectos:	3	1	1
Mamíferos:	29	19	13
Reptiles:	75	39	17
Plantas:	204	75	2

Elaboración propia.

d) Uso de MaxEnt para identificar la distribución potencial ante cambio climático

Con la finalidad de obtener los modelos de distribución potencial de las especies obtenidas con los criterios mencionados, se seleccionaron las 19 variables bioclimáticas de WorldClim 1.4,³ así como los datos de los escenarios de cambio climático y el área de operatividad de la zona, mencionada por los responsables de las ANP.

Los modelos se generaron mediante el algoritmo MaxEnt (Phillips *et al.*, 2006) implementado en R mediante la librería dismo (Hijmans *et al.*, 2015). El algoritmo permite modelar la distribución de las especies a partir de registros de solo presencia, siendo una de las herramientas más utilizadas para este propósito (SEMARNAT-INECC, 2016).

Para las salidas de los modelos con las características anteriores algunos resultados para las especies no fueron representativos bajo el escenario de cambio climático RPC 8.5: *Ambystoma velasci*, *Ceratozamia sabatoi*, *Gerrhonotus infernalis*, *Lampropeltis triangulum*,

³ WorldClim es una base de datos de datos meteorológicos y climáticos globales de alta resolución espacial. Estos datos se pueden utilizar para el mapeo y el modelado espacial.

Lithobates neovolcanicus, *Paraphlebia zoe*, *Thamnophis eques*, *Thamnophis melanogaster* y *Zenaida asiática*. Por esta razón se tuvo que rehacer los modelos e integrar más datos fuera del área de operatividad por lo que se integró como dominio las ecorregiones terrestres propuestas por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés).

Las ecorregiones terrestres son unidades relativamente grandes de tierra o agua que contienen un conjunto distinto de comunidades naturales que comparten una gran mayoría de especies, dinámicas y condiciones ambientales, es una regionalización biogeográfica de la biodiversidad de la superficie (Olson *et al.*, 2001). Destaca que a nivel mundial existan 867 ecorregiones terrestres y en el caso del país, la regionalización fue propuesta por la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) en 1997 y se consideran 7 ecorregiones divididas en 4 categorías (CONABIO, 2008).

Para la zona de estudio, las ecorregiones terrestres que integran las ANP de estudio son: Sierras Templadas que le corresponde a RBSG, RBSGGto, PNEP, y APFFSA, mientras Elevaciones Semiáridas Meridionales tiene una fracción a la RBSG, RBSGGto y PNG y Desiertos de América del Norte le corresponde una fracción a PNG.

2.3. Propuesta para el Corredor Biológico

Debido a que la selección de especies para la zona de estudio tuvo una mala omisión y predicción de los datos con los límites de la zona de operatividad, se integraron a la modelación las ecorregiones terrestres, esto debido a que las ANP establecidas se determinan con base en el porcentaje de cubrimiento de las ecorregiones terrestres y marinas (SEMARNAT-CONANP-CONABIO, 2020).

De la base de datos de GBIF se obtuvieron 56 especies que tienen una distribución endémica y pertenecen a la lista de especies prioritarias o se encuentran en la NOM-059-

SEMARNAT-2010, de las cuales destaca la presencia de la especie *Ara militaris* (Guacamaya verde) que se encuentra en todos los criterios establecidos considerada especie bandera⁴.

Debido también a los resultados, se retiraron de la lista a las especies: *Corytophanes hernandezii*, *Crotalus aquilus*, *Cryptotis obscura*, *Dactylortyx thoracicus*, *Leopardus pardalis*, *Psarocolius montezuma* y *Pseudoeurycea belli* ya que aunque contaron con más de 10 registros, esto solo ocurrió en un punto de la zona. En la Tabla 20, se encuentra el listado final de 47 especies con más de 10 registros en diversos puntos de la zona y que son consideradas endémicas por su distribución, prioritarias y en riesgo de acuerdo con la NOM 059-SEMARNAT-2010, que se modelaron.

Tabla 20. Listado de especies, distribución, identificado como prioritaria y categoría de riesgo de acuerdo con la NOM 059-SEMARNAT-2010.					
<i>Especies</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Clase</i>	<i>Distribución</i>	<i>Prioritaria</i>	<i>Nativa</i>
<i>Ambystoma velasci</i>	Ajolote del Altiplano	Amphibia	Endemismo		Pr
<i>Chiropterotriton chondrostega</i>	Salamandra pie plano cartilaginosa	Amphibia	Endemismo	Si	Pr
<i>Chiropterotriton magnipes</i>	Salamandra pie plano patona	Amphibia	Endemismo		Pr
<i>Craugastor decoratus</i>	Rana de Hojarasca Decorada	Amphibia	Endemismo		Pr
<i>Incilius occidentalis</i>	Sapo de Los Pinos	Amphibia	Endemismo		
<i>Lithobates berlandieri</i>	Rana Leopardo	Amphibia			Pr
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	Rana leopardo neovolcánica	Amphibia	Endemismo	Si	A
<i>Pseudoeurycea cephalica</i>	Tlaconete Regordete	Amphibia			A
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	Chara mexicana	Aves	Endemismo		
<i>Ara militaris</i>	Guacamaya verde	Aves		Si	P
<i>Atthis heloisa</i>	Zumbador mexicano	Aves	Endemismo		
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>	Tucán esmeralda	Aves			Pr
<i>Catharus mexicanus</i>	Zorzal corona negra	Aves			Pr
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	Tinamú Canelo	Aves			Pr
<i>Myadestes unicolor</i>	Clarín Unicolor	Aves			A
<i>Pionus senilis</i>	Loro Corona Blanca	Aves		Si	A

⁴ Son consideradas especies carismáticas aquellas que sirven como símbolo para atraer el apoyo gubernamental, del público o de posibles donantes, para la implementación y el desarrollo de programas de conservación que involucren a la especie bandera y las especies menos llamativas con las que pudieran estar asociadas (Catalá, 2011).

<i>Rhodothraupis celaeno</i>	Picogordo Cuello Rojo	Aves	Endemismo		
<i>Trogon collaris</i>	Coa de Collar	Aves			Pr
<i>Zenaida asiática</i>	Paloma Alas Blancas	Aves		Si	
<i>Ceratozamia sabatoi</i>	Cícada	Cycadopsida	Endemismo		A
<i>Chaetodipus nelsoni</i>	Ratón de abazones de Nelson	Mammalia	Endemismo		
<i>Choeronycteris mexicana</i>	Murciélago trompudo	Mammalia			A
<i>Cryptotis mexicana</i>	Musaraña orejillas mexicana	Mammalia	Endemismo		
<i>Dipodomys phillipsii</i>	Rata canguro del centro	Mammalia	Endemismo		Pr
<i>Leptoncycteris curasoeae</i>	Murciélago Hocicudo de Curazao	Mammalia			A
<i>Microtus quasiater</i>	Metorito de Xalapa	Mammalia	Endemismo		Pr
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado de Cola Blanca	Mammalia		Si	
<i>Peromyscus difficilis</i>	Ratón de las rocas	Mammalia	Endemismo		
<i>Peromyscus furvus</i>	Ratón Negruzco	Mammalia	Endemismo		
<i>Peromyscus levipes</i>	Ratón de La Malinche	Mammalia	Endemismo		
<i>Peromyscus melanophrys</i>	Ratón de Meseta	Mammalia	Endemismo		
<i>Pinus pinceana</i>	Piñonero Llorón	Pinopsida	Endemismo	Si	P
<i>Conopsis nasus</i>	Culebra Gris Nariz de Pala	Reptilia	Endemismo		
<i>Crotalus molossus</i>	Cascabel de Cola Negra	Reptilia			Pr
<i>Gerrhonotus infernalis</i>	Lagartija caimán norteña	Reptilia	Endemismo		
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	Lagartija Caimán Sureña	Reptilia	Endemismo		Pr
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	Lagartija Caimán de la Sierra Madre Oriental*	Reptilia	Endemismo		
<i>Lampropeltis triangulum</i>	Falsa Coralillo Real Oriental Estadounidense	Reptilia			A
<i>Lepidophyma gaiageae</i>	Lagartija Nocturna de Tamazunchale	Reptilia			Pr
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	Camaleón de montaña	Reptilia			A
<i>Plestiodon lynxe</i>	Eslizón de bosque de encinos	Reptilia	Endemismo		Pr
<i>Sceloporus grammicus</i>	Lagartija espinosa del mezquite	Reptilia			Pr
<i>Sceloporus minor</i>	Lagartija Espinosa Menor	Reptilia	Endemismo		
<i>Sceloporus torquatus</i>	Lagartija Espinosa de Collar	Reptilia	Endemismo		
<i>Thamnophis eques</i>	Culebra de Agua Nómada Mexicana	Reptilia			A
<i>Thamnophis melanogaster</i>	Culebra de Agua de Panza Negra	Reptilia	Endemismo		A
<i>Xenosaurus newmanorum</i>	Lagartija escamas de perilla de la Sierra Madre Oriental*	Reptilia	Endemismo		Pr

Elaboración propia con datos obtenidas en GBIF.

Del listado anterior, las especies *Ceratozamia sabatoi*, *Chiropterotriton chondrostega*, *Chiropterotriton chondrostega*, *Chiropterotriton magnipes*, *Craugastor decoratus*, *Gerrhonotus ophiurus*, *Lepidophyma gaiageae*, *Microtus quasiater*, *Peromyscus furvus*, *Pseudoeurycea cephalica*, *Sceloporus minor* y *Xenosaurus newmanorum*, tienen una

distribución muy particular o distribución muy restringida en el país para la zona de estudio, de acuerdo con Enciclovida y Naturalista de la plataforma del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de México (SNIB). *Lampropeltis triangulum* y *Leptoncyteris curasoeae* son especies con distribución fuera del país pero a nivel nacional tienen una distribución muy particular, que incluye la zona de estudio.

La especie *Ara militaris* o guacamaya verde es de importancia para la zona debido a los proyectos ecoturísticos. Gracias a esta especie se lleva a cabo un proyecto de *United Corridors A.C*, en el cual, los habitantes de la comunidad de Santa María de Cocos han logrado un beneficio económico, y con ello una razón para proteger la biodiversidad que habita en la zona; que apoyados por investigadores, han promovido la conservación de este sitio y la promoción de un micro corredor biológico (Trueba, 2016). Como se mencionó anteriormente, este proyecto involucra la colaboración de las RBSG y RBSGGto en el que se ha identificado el nicho de esta especie en ambas reservas.

2.3.1. Interpretación de los resultados

Cuando MaxEnt termina el proceso de análisis, genera un informe con los resultados en un formato HTML con las siguientes secciones: a) análisis de la omisión; b) mapas de distribución; c) análisis de las contribuciones variables; y d) salidas de datos sin procesar y parámetros de control. A continuación se describen los principales resultados de cada una de las secciones y el Anexo 2 contiene el total de los resultados.

a) Análisis de la omisión

La primera gráfica que genera MaxEnt representa la tasa de omisión, esto indica el rendimiento y la robustez del modelo estadísticamente. La gráfica también muestra la tasa de omisión de los datos y el área pronosticada en función del umbral acumulativo. En este caso, la tasa de omisión debe estar cerca de la omisión predicha, debido a la definición del umbral acumulativo. Se busca que la prueba de omisión se ajuste a la omisión de entrenamiento (Phillips, 2008; Phillips y Dudík 2008). La Figura 12 incluye las gráficas de las especies que tuvieron el menor nivel de omisión en los datos.

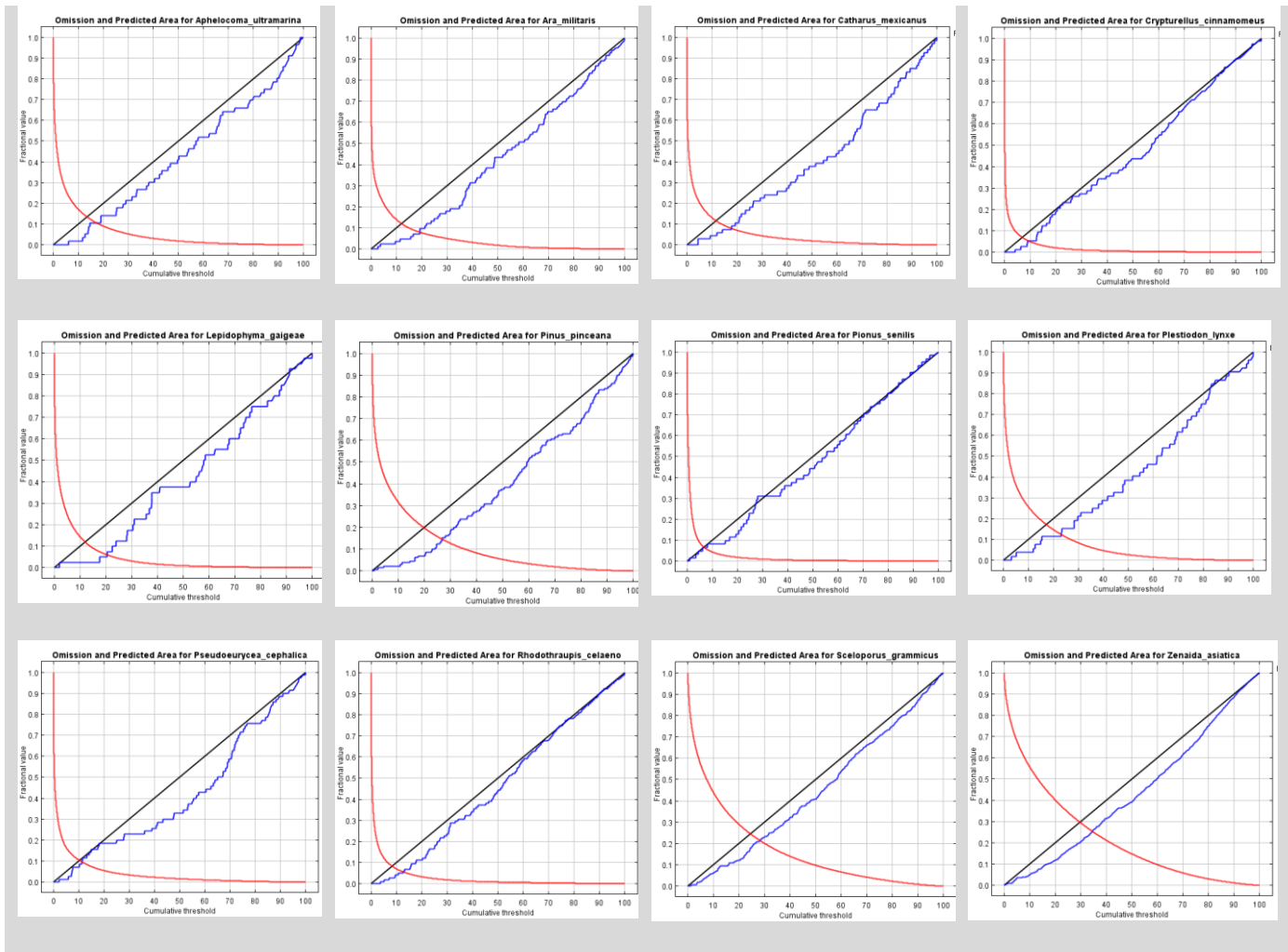
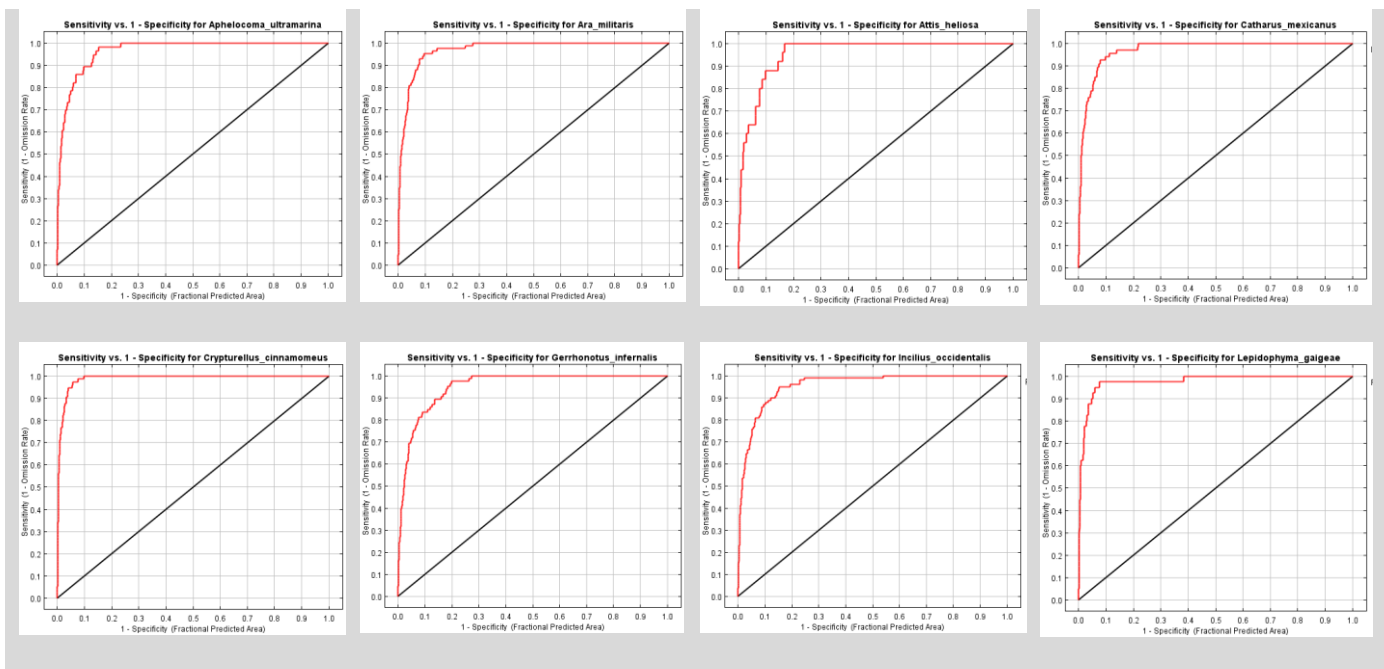


Figura 12. Gráficas de las curvas de omisión de datos de prueba. Elaboración propia.

Las gráficas de las Curvas Característica Operativa Relativa (Receiver ROC, por su nombre en inglés Receiver Operating Characteristic) presentan la sensibilidad (omisión cero = 100% de sensibilidad) en función de los falsos positivos (error de comisión) para distintos puntos de corte (umbrales) (Phillips, 2008; Phillips *et al.*, 2006; Phillips, & Dudík 2008).

La gráfica ROC a su vez da origen al estadístico llamado AUC (Area Under the Curve, por sus siglas en inglés), que es el área total bajo la curva roja. Un clasificador aleatorio tiene una AUC de 0.5, un muy buen clasificador tiene un área muy cercana a 1. Esta área puede interpretarse como la probabilidad de que, ante un par de puntos; —uno con presencia y otro sin presencia (de la especie) — la prueba los califique correctamente (Phillips, 2008). En la Figura 13 se presentan las gráficas de las especies que tuvieron una mayor sensibilidad, es decir los datos de entrenamiento se ajustan bien al modelo y tienen la capacidad del modelo para predecir.



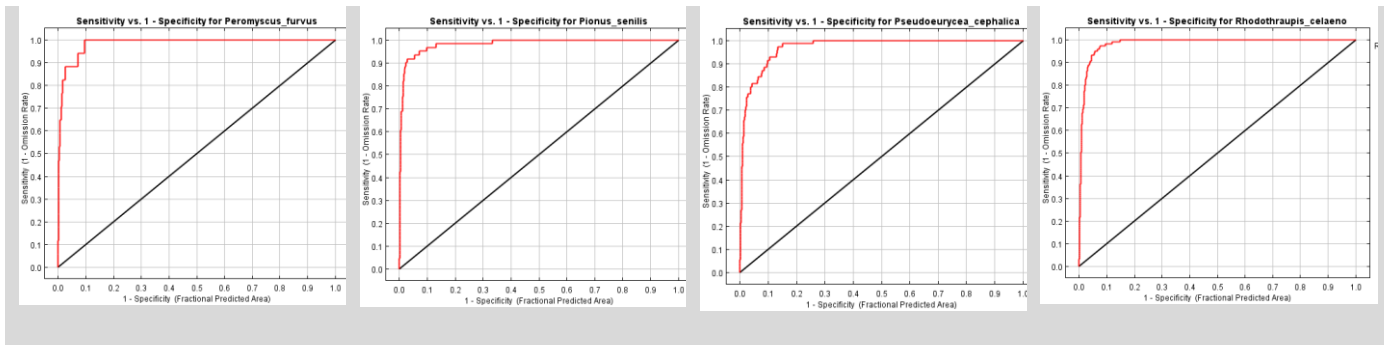


Figura 13. Gráficas de las curvas ROC. Elaboración propia.

b) *Mapas de distribución*

Los resultados arrojados por MaxEnt generan un archivo ASCII (en el formato .asc de ESRI) que señala el nicho potencial generado. En él, la imagen usa los colores para indicar la probabilidad que las condiciones son adecuadas, el rojo indica una alta probabilidad de condiciones adecuadas para la especie; el verde indica las condiciones típicas de aquéllos lugares donde la especie se encuentra; las sombras más tenues de azul indican una baja probabilidad de condiciones adecuadas (Martínez, 2010). La Figura 14 señala la salida (cruda) sin tratamiento del nicho para las especies *Choeronycteris mexicana* e *Incilius occidentalis* de la ecorregión Sierra Templadas, Elevaciones Semiáridas Meridionales y Desiertos de América del Norte.

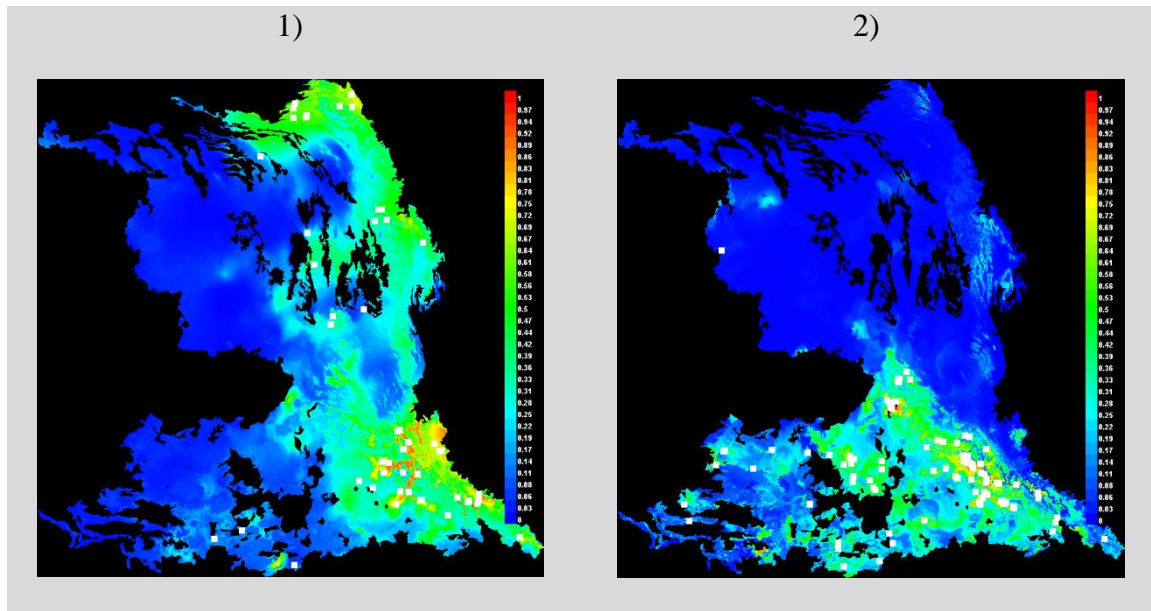


Figura 14. Salida en crudo de MaxEnt de la especie 1) *Choeronycteris mexicana* y 2) *Incilius occidentalis*. Elaboración propia.

Los puntos de prueba son una muestra aleatoria tomada de las localidades de presencia de la especie (Martínez, 2010). Al final del proceso, el valor de la ganancia (*gain*) indica cómo de ajustado está el modelo a las muestras de presencia mediante las gráficas ROC y el valor de AUC (Phillips, 2008).

Para el caso de la salida en crudo, se requiere cambiar a una escala logarítmica para definir un gradiente a la imagen para resaltar las diferencias entre los valores más altos y bajos. La salida con los umbrales definidos puede ser interpretada como una predicción de las condiciones adecuadas y, por lo tanto su distribución potencial para la especie.

En este caso, en la Figura 15 se muestran algunas salidas de las especies. Se definieron cinco categorías: la primera se sitúa entre 0 y 0.18; la segunda, entre 0.18 y 0.38; la tercera categoría va de 0.38 a 0.55; la cuarta, de 0.55 a 0.75; y la última, por arriba de un umbral en el rango aproximado de 0.75 a cercano el 1. Este último umbral es el mejor representado del nivel de omisión predicho que es aceptable para la aplicación, se representa en rojo.

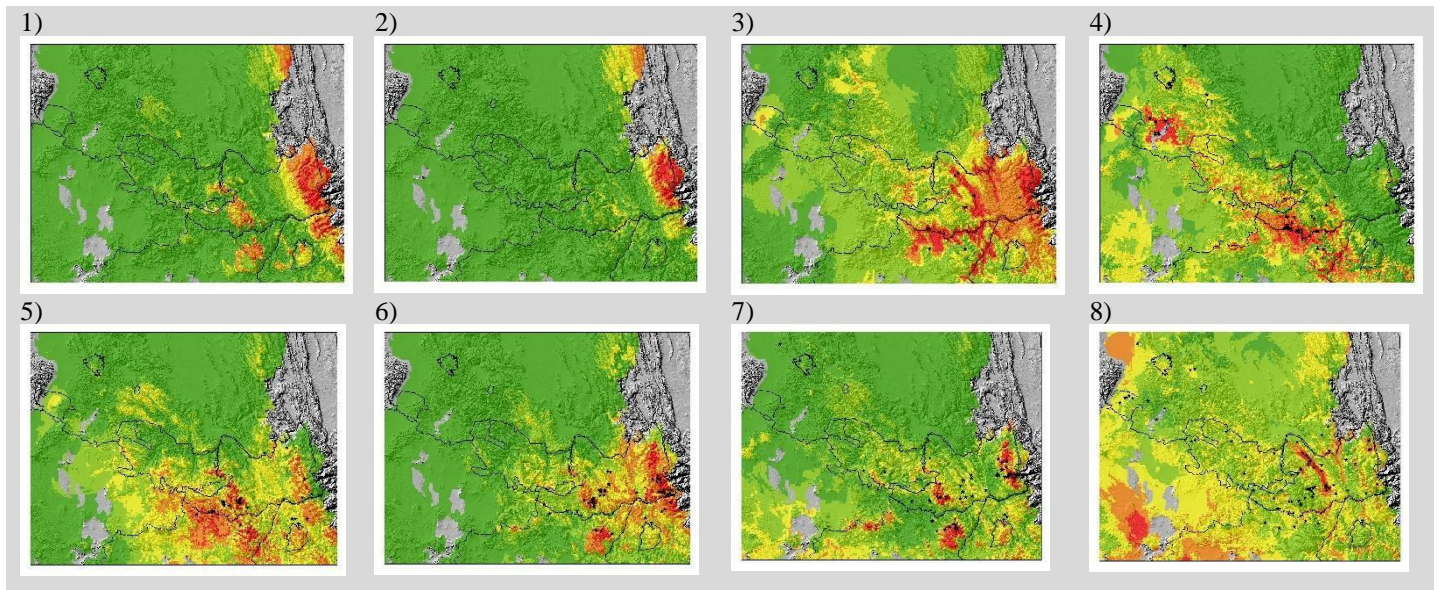


Figura 15. Ejemplos de distribución potencial con umbrales, en rojo y naranja el mayor porcentaje de distribución potencial y en amarillo y verde la ausencia de distribución potencial para la zona de estudio de las especies 1) *Attis heliosa*, 2) *Catharus mexicanus*, 3) *Choeronycteris mexicana*, 4) *Incilius occidentalis*, 5) *Peromyscus difficilis*, 6) *Peromyscus levipes*, 7) *Sceloporus torquatus* y 8) *Zenaida asiatica*. Elaboración propia.

En las salidas de MaxEnt anteriores observan distintas distribuciones potenciales para las ANP de la zona de estudio. La mayoría de los registros de especies tiende a ir a la RBSG, por lo que también la distribución potencial. Esto debido a que la RBSG tiene una mayor extensión y categoría de protección, por tanto, un área con un ecosistema no alterado significativamente por el ser humano y/o que requieren ser preservados y restaurados, en los cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción (LGEEPA, 1988).

Por lo anterior, la mayoría de las distribuciones tienen una ubicación al suroriente de la zona de estudio, concretamente en la Sierra Madre Oriental, y sigue hacia el norponiente hacia su remanente en la RBSGGto y el PNG para las especies de *Choeronycteris mexicana*, *Conopsis nasus*, *Crotalus molossus*, *Incilius occidentalis*, *Leptonycteris curasoae*,

Lithobates berlandieri, *Odocoileus virginianus*, *Peromyscus difficilis*, *Peromyscus melanophrys*, *Sceloporus minor* y *Sceloporus torquatus*. Algunos ejemplos de este tipo de distribución se representan en la Figura 16.

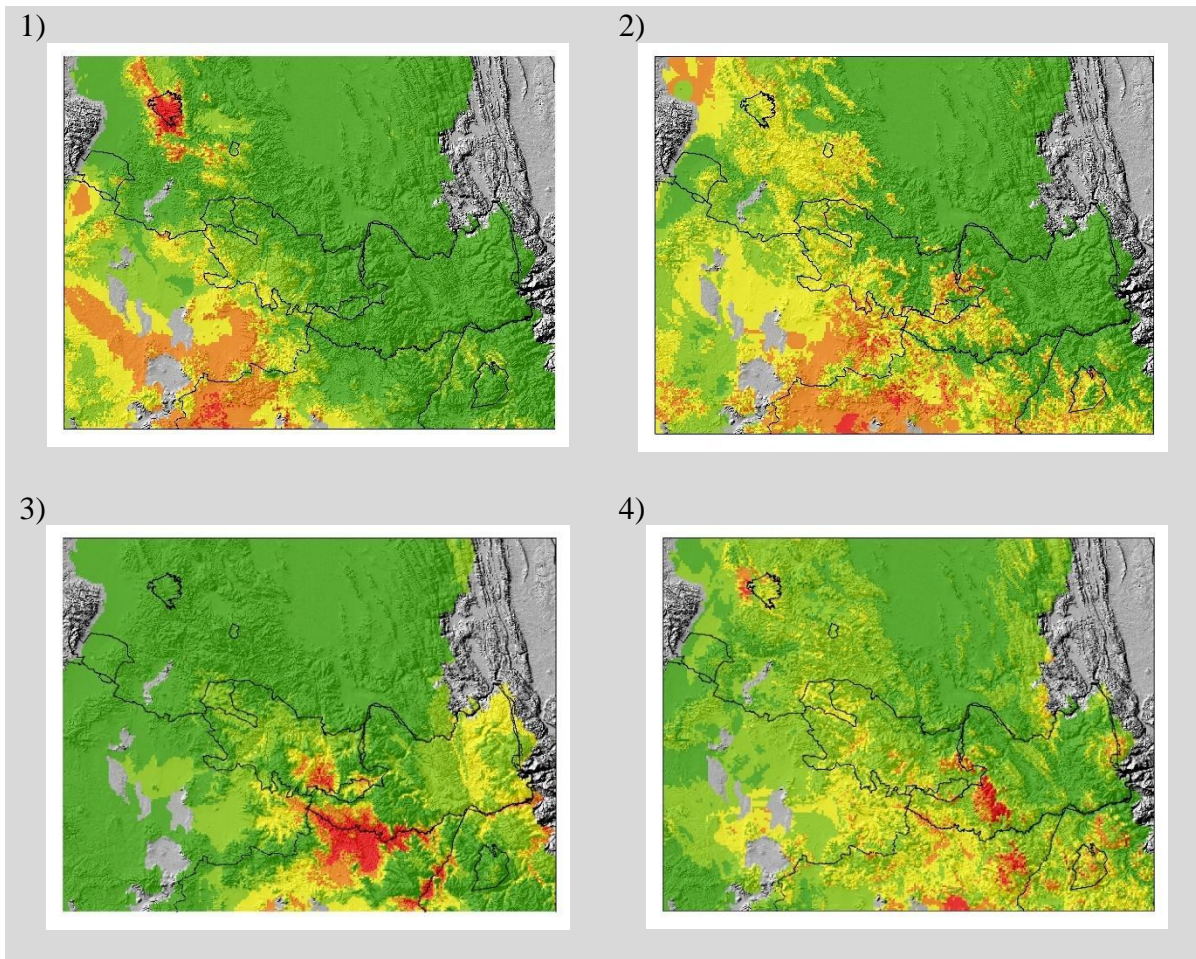


Figura 16. Distribución potencial que se presenta en remanentes de la Sierra Madre Oriental de las especies en rojo y naranja el mayor porcentaje de distribución potencial y en amarillo y verde la ausencia de distribución potencial 1) *Conopsis nasus*, 2) *Crotalus molossus*, 3) *Leptonycteris curasoae* y 4) *Sceloporus minor*. Elaboración propia.

Por su parte, existe otro tipo de distribución que está relacionado con la geomorfología de la Sierra Madre Oriental, es el caso de: *Aphelocoma ultramarina*, *Atthis heloisa*, *Aulacorhynchus prasinus*, *Catharus mexicanus*, *Chiropterotriton chondrostega*, *Chiropterotriton magnipes*, *Craugastor decoratus*, *Cryptotis mexicana*, *Gerrhonotus*

liocephalus, *Gerrhonotus ophiurus*, *Lampropeltis triangulum*, *Lepidophyma gaigeae*, *Microtus quasiater*, *Myadestes unicolor*, *Plestiodon lynxe*, *Pseudoeurycea cephalica*, *Sceloporus grammicus* y *Trogon collaris*. Algunos ejemplos de este tipo de distribución se representan en la Figura 17.

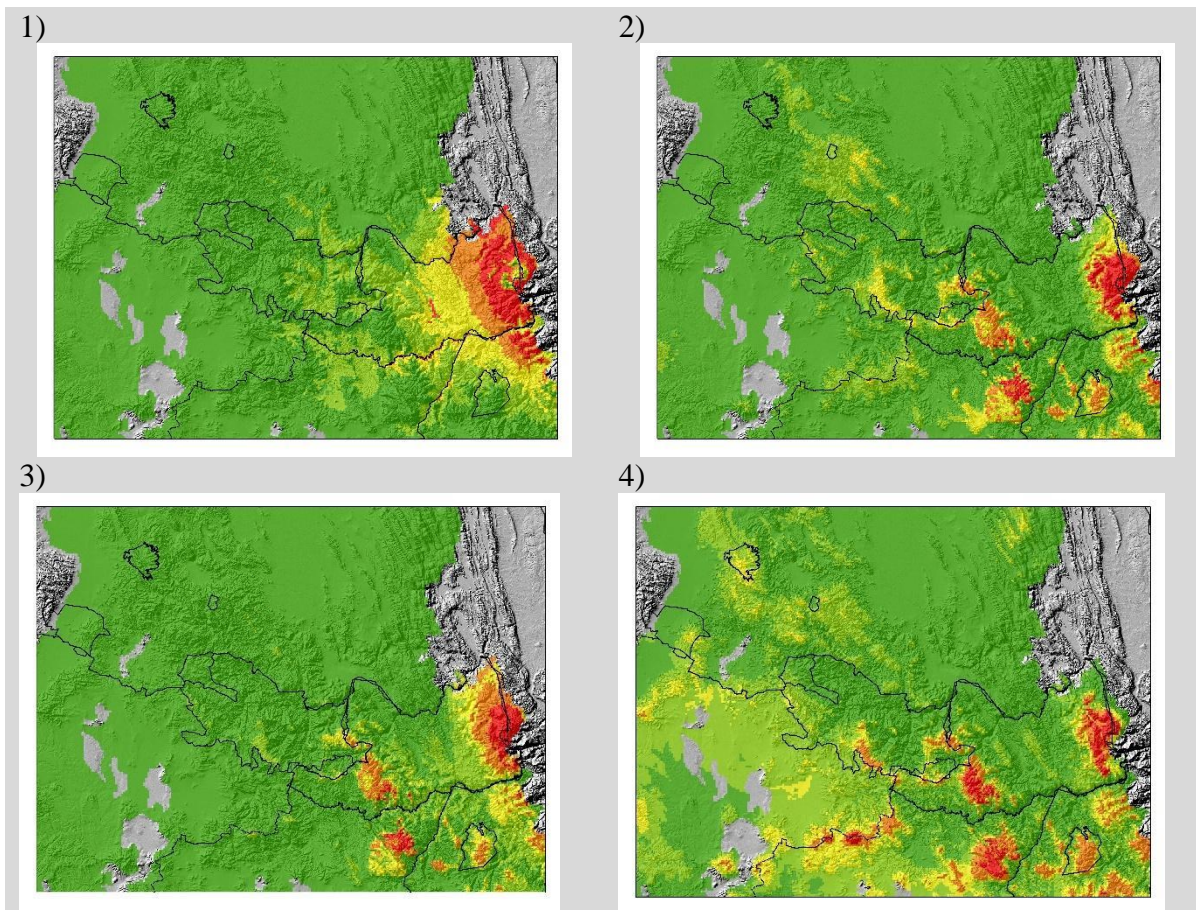


Figura 17. Distribución relacionada a la Sierra Madre Oriental para las especies en rojo y naranja el mayor porcentaje de distribución potencial y en amarillo y verde la ausencia de distribución potencial 1) *Lepidophyma gaigeae*, 2) *Plestiodon lynxe*, 3) *Pseudoeurycea cephalica*, 4) *Sceloporus grammicus*. Elaboración propia.

c) Análisis de las contribuciones variables

La Tabla 21 proporciona estimaciones de las contribuciones relativas de las variables ambientales al modelo de MaxEnt. Mientras se está entrenando al modelo MaxEnt, se puede

rastrear cuáles son las variables ambientales que contribuyen en mayor medida al modelo, convirtiendo dichos valores en porcentajes. Al final del proceso de modelado se obtiene una tabla de contribuciones con las variables consideradas. La Tabla 23 identifica las variables ambientales que más aportan a cada especie.

Tabla 21. Contribuciones de las variables	
<i>Especie</i>	<i>Variable</i>
<i>Odocoileus virginianus</i>	Precipitación de febrero
<i>Attis heliosa</i>	Precipitación de marzo
<i>Ambystoma velasci, Ara militaris, Ceratozamia sabatoi, Choeronycteris mexicana, Crotalus molossus, Gerrhonotus infernalis, Gerrhonotus liocephalus, Gerrhonotus ophiurus, Lithobates berlandieri, Peromyscus difficilis, Peromyscus levipes, Sceloporus minor</i>	Precipitación de abril
<i>Chaetodipus nelsoni, Plestiodon lynxe</i>	Precipitación de junio
<i>Conopsis nasus, Crypturellus cinnamomeus, Lithobates neovolcanicus, Rhodothraupis celaeno, Thamnophis eques, Thamnophis melanogaster</i>	Precipitación de julio
<i>Sceloporus torquatus</i>	Precipitación agosto
<i>Aulacorhynchus prasinus, Catharus mexicanus, Chiropterotriton magnipes, Craugastor decoratus, Cryptotis mexicana, Lampropeltis triangulum, Lepidophyma gageae, Myadestes unicolor, Peromyscus melanophrys, Trogon collaris</i>	Precipitación de septiembre
<i>Aphelocoma ultramarina, Chiropterotriton chondrostega, Pseudoeurycea cephalica, Zenaida asiatica</i>	Precipitación de octubre
<i>Microtus quasiater, Peromyscus furvus, Sceloporus grammicus</i>	Precipitación de noviembre
<i>Incilius occidentalis, Leptonycteris curasoae, Phrynosoma orbiculare, Pinus pinceana, Pionus senilis</i>	Precipitación de diciembre

Elaboración propia con datos de MaxEnt.

De la tabla anterior, se puede distinguir que la precipitación es la variable que más aporta a la distribución de las especies en la zona. El mes que más aporta a la modelación con MaxEnt es abril, con 12 especies. Le sigue la variable del mes de septiembre que es la que mayor aporta en la distribución de 10 especies de la zona. El mes de julio es el que más

aporta, a 6 distintas especies; luego el mes de diciembre que aporta a 5 especies, seguido del mes de octubre con 4, el mes de noviembre con 3 y junio el mes que más aporta a 2 especies. Los meses de febrero, marzo y agosto son los que más aportan a una variable cada uno.

d) Salidas de datos sin procesar y parámetros de control

Esta última sección señala datos sin procesar, arroja los datos utilizados en el análisis anterior (distribución). A los datos se accede mediante enlaces y así obtener los datos brutos, donde se encuentran los valores del pixel para los distintos resultados arrojados por MaxEnt como: el modelo aplicado a las capas ambientales de entrenamiento, el modelo aplicado a las capas ambientales, los coeficientes del modelo y los coeficientes del modelo. Si se accede a los enlaces se pueden encontrar los datos de 0 a 1 y el -9999 que indican que no existen datos en ese píxel.

La última sección indica un resumen de la ejecución del modelo, por ejemplo, los registros usados para entrenamiento, los puntos utilizados para determinar la distribución de MaxEnt (puntos de fondo y puntos de presencia) y en lista las capas ambientales utilizadas (todas continuas), en este caso la temperatura y precipitación.

2.3.2. Áreas potenciales de agregación (*Hotspots*) de biodiversidad

Con la finalidad de identificar las zonas prioritarias para la atención, dentro de la propia ANP o en su área de operatividad que permita dirigir las políticas, los proyectos y las acciones, se han identificado las zonas que tuvieron un mayor umbral de porcentaje de probabilidad (entre el rango 0.75-1) de los resultados arrojados por MaxEnt se obtuvo la distribución potencial de las especies.

Para caracterizar la zonas en función de dichas especies, la Figura 18 identifica que se constata un mayor número de éstas de la clase reptiles (15), seguido de aves (11), mamíferos (11), anfibios (8). En menor medida, las plantas como *cycadopsida sp* y *pinopsida sp*. En la Figura 18 se encuentra la representación en clases del número de las especies.

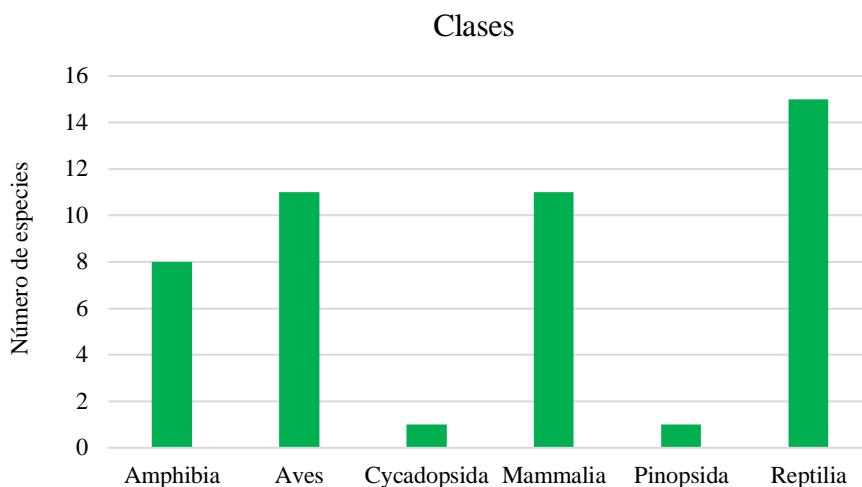


Figura 18. Número de especies por clase de la lista final de especies. Elaboración Propia.

La Figura 19 representa la distribución potencial actual obtenida de la modelación con mayor probabilidad de presencia en la zona de estudio. Se observa que la RBSG y su zona sur cuentan con la mayor concentración de distribución potencial de especies. Otra parte se sitúa al este del PNG y al oeste y dentro del APFFSA.

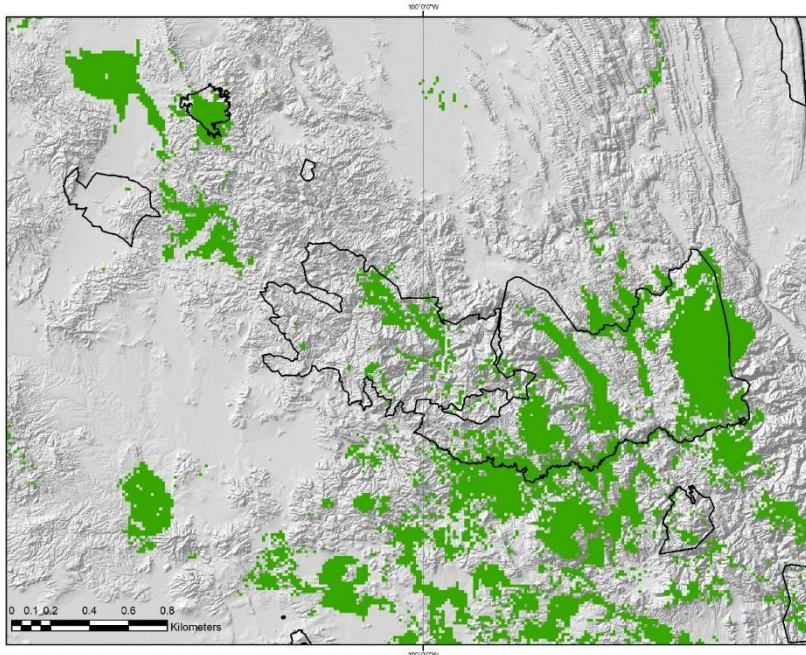


Figura 19. Distribución potencial actual de las especies seleccionadas (n=47).
Elaboración propia.

La Figura 20 expone la distribución potencial para el escenario de cambio climático con RCP 4.5 (moderado) a corto plazo (a 2039). Se observa una mayor distribución potencial general de las especies para la zona. Esta figura, además de identificar la RBSG y su zona sur como un *hotpot* de biodiversidad o punto crítico de biodiversidad⁵ también manifiesta una alta probabilidad de conectividad entre la RBSGGto y el PNG bajo ese escenario.

⁵ Se aplica a un área geográfica que ocupa un lugar particularmente alto en uno o más ejes de riqueza de especies, niveles de endemismo, número de especies raras o amenazadas e intensidad de amenaza. El término *hotspot* de biodiversidad ahora se usa más comúnmente con referencia a regiones de alta riqueza de especies. (Reid, 1998).

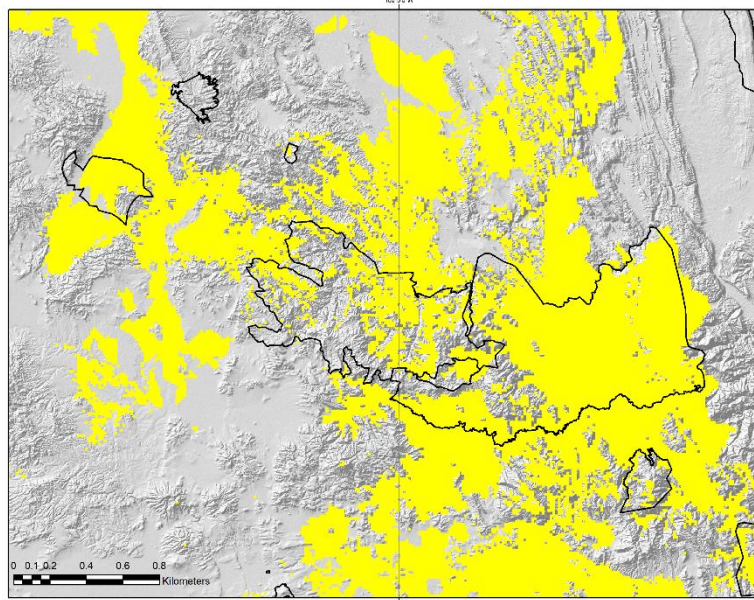


Figura 20. Distribución potencial de las especies seleccionadas (n=47) para el escenario RCP 4.5. Elaboración propia.

En el caso de este escenario moderado, RCP 4.5, también se atiende que disminuye la probabilidad de presencia de la distribución potencial de las siguientes especies *Pseudoeurycea cephalica* y *Pionus senilis*. En el caso de *Pseudoeurycea cephalica* su distribución se desarrolla actualmente en la Sierra Madre Oriental y en el Eje Neovolcánico — reportado por Ramírez-Bautista *et al.*, 2019 —. Mientras *Pionus senilis* según Monterrubio-Rico *et al.*, (2015) se distribuye desde el sur de Tamaulipas hasta el sur de la península de Yucatán.

La Figura 21 enseña la distribución potencial para el escenario de cambio climático RCP 8.5 y el horizonte cercano de la totalidad de las especies para la zona de estudio. Se puede distinguir un aumento en la distribución potencial que cubre casi en su totalidad a la RBSG y su zona sur así como el PNG que genera un corredor con el APFFSA. También se distingue una región al norte de la RBSGGto con el potencial de distribución en el escenario más drástico.

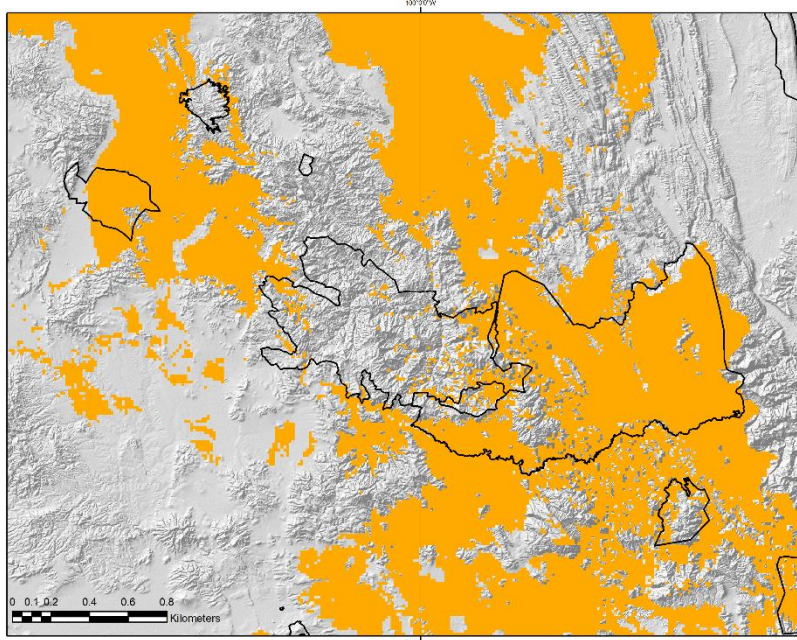


Figura 21. Distribución potencial de las especies seleccionadas (n=47) para el escenario RCP 8.5. Elaboración propia.

Para el escenario de RCP 8.5 se presenta una disminución de la probabilidad de distribución de las siguientes especies *Pseudoeurycea cephalica*, *Catharus mexicanus* cuya distribución actual se puede encontrar principalmente a lo largo de la Sierra Madre Oriental (Navarro-Sigüenza *et al.* 2018).

Crypturellus cinnamomeus, se distribuye a lo largo de las laderas de las costas del país (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2018). *Pionus senilis*, sobre la Sierra Madre Oriental (Monterrubio-Rico & Charre-Medellín 2015) y *Rhodothraupis celaeno* en la porción norte y centro de la Sierra Madre Oriental (Navarro-Sigüenza *et al.*, 2018).

Bajo este escenario desaparece la probabilidad de distribución de especies como *Pinus pinceana* distribuido desde la porción central del Eje Neovolcánico hasta la zona norte del Altiplano Mexicano, de acuerdo con Téllez-Valdés *et al.*, 2019; *Phrynosoma orbiculare* que actualmente se encuentra en todo el país (Ramírez-Bautista *et al.*, 2019) y *Plestiodon lynxe* con distribución en la zona centro al norponiente del (Feria-Arroyo *et al.*, 2016). Todo esto

se puede traducir en una baja presencia (de hasta 0.39 del último umbral) por lo que, de cumplirse el escenario, dichas especies pueden desaparecer de la zona de estudio.

Con la finalidad de identificar qué familias tienen una mayor oportunidad o desventaja ante los cambios proyectados en el clima, los resultados totales — presentados en las Figuras 20 y 21— se agruparon por clases con la finalidad de comparar entre la distribución potencial actual y los escenarios de cambio climático.

En la Figura 22 se encuentran dos salidas con una diferente representación. En la primera se sobreponen los resultados de la distribución actual — en verde — con los resultados obtenidos de la distribución ante el escenario RCP 4.5 — en amarillo — y en la segunda salida se encuentran los resultados agrupados por clases en este caso, para la zona son: anfibios, aves, mamíferos, plantas y reptiles.

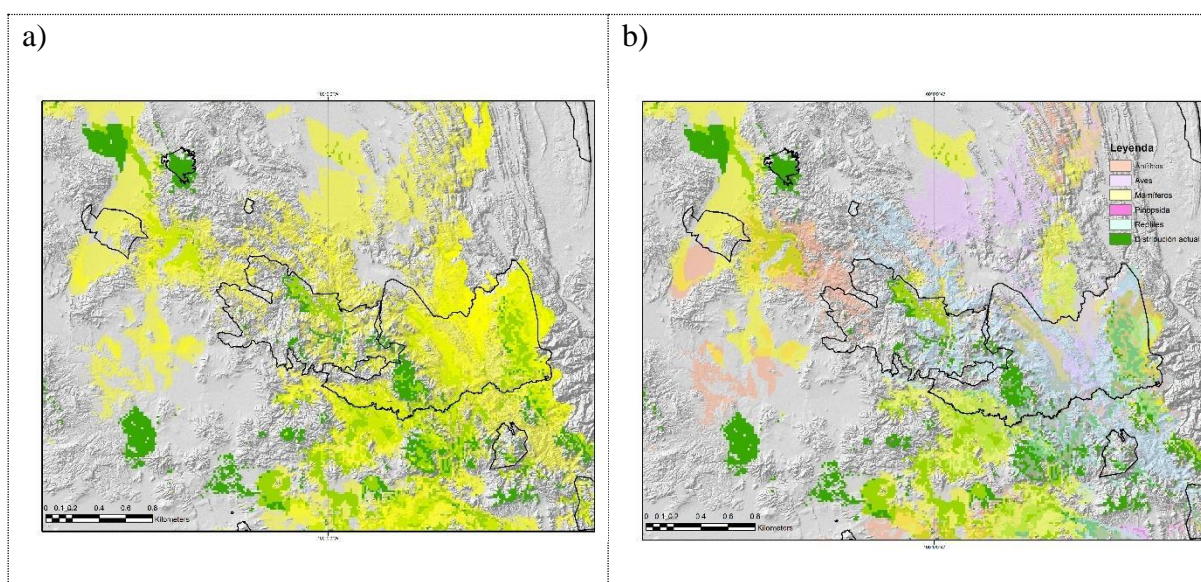


Figura 22. Distribución potencial actual y con escenario de cambio climático: a) en verde las condiciones actuales y en amarillo la distribución futura bajo el escenario RCP 4.5, mientras en la figura b) la distribución futura se divide en clases en ■ anfibios, ■ aves, ■ mamíferos, ■ plantas y ■ reptiles. Elaboración propia.

De la figura anterior, se puede destacar que para el caso del escenario RCP 4.5 los anfibios disminuirán y modificarán su área de distribución. Las especies *Ambystoma velasci*, *Lithobates neovolcanicus*, reducirán su distribución en la zona de estudio, mientras *Lithobates berlandieri* migrará más al norte, y *Pseudoeurycea cephalica* desaparecerá. Para el caso de *Incilius occidentalis* aumentará su distribución principalmente entre la RBSGGto y PNG.

En el caso de las aves, todas las especies identificadas en la zona disminuirán su distribución en este escenario, a excepción de *Zenaida asiática* que aumentará a lo largo de la RBSG y se extenderá hacia el norte de ésta y al norte en la RBGGto. No obstante, la especie *Pionus senilis* desaparecerá su distribución para la zona de estudio en este escenario.

Por su parte, los mamíferos de manera general aumentarán su distribución potencial, tal es el caso de *Odocoileus virginianus* cuya distribución se extiende dentro de la RBSG y la RBSGGto y se distribuye al norte de las zonas y, de *Peromyscus melanophrys* que ampliará su distribución a lo largo de altiplano desde el PNG hasta el sur de la RBSG, mientras que el resto de las especies reducirán su distribución en este escenario.

Para el caso de las plantas integradas por dos clases, *Cycadopsida* y *Pinopsida* su distribución en el escenario RCP 4.5, para las especies de *Ceratozamia sabatoi* su distribución se modificará y desplazará ligeramente al sur. Mientras que para *Pinus pinceana* su distribución disminuirá.

Finalmente, para este escenario, los reptiles en general tendrán un aumento en su distribución, especialmente *Gerrhonotus infernalis* que ampliará ligeramente su distribución en la RBSG y se extenderá hasta en una porción al norte de la ANP y *Lepidophyma gaigeae* que bajo este escenario ampliará su distribución desde la zona norte de la RBSGGto pasando

por la RBSG a la zona sur de la zona de estudio. El resto del listado de los reptiles en la zona disminuirá su distribución en este escenario.

De igual manera, en la Figura 23, se representan las salidas agrupadas de los modelos. En la primera se sobreponen los resultados de la distribución actual — en color verde — con los resultados obtenidos de la distribución ante el escenario RCP 8.5 — en color naranja — y en la segunda salida se encuentran los resultados agrupados por clases en este caso, los mismos que en el análisis anterior.

De manera general en la Figura 23, se observa un aumento en extensión de la distribución potencial de las especies, sin embargo, bajo este escenario (más drástico), desaparecerán ocho especies mientras en el escenario más moderado solo desaparecerán dos especies y, en otros casos, la distribución potencial de algunas especies aumentará.

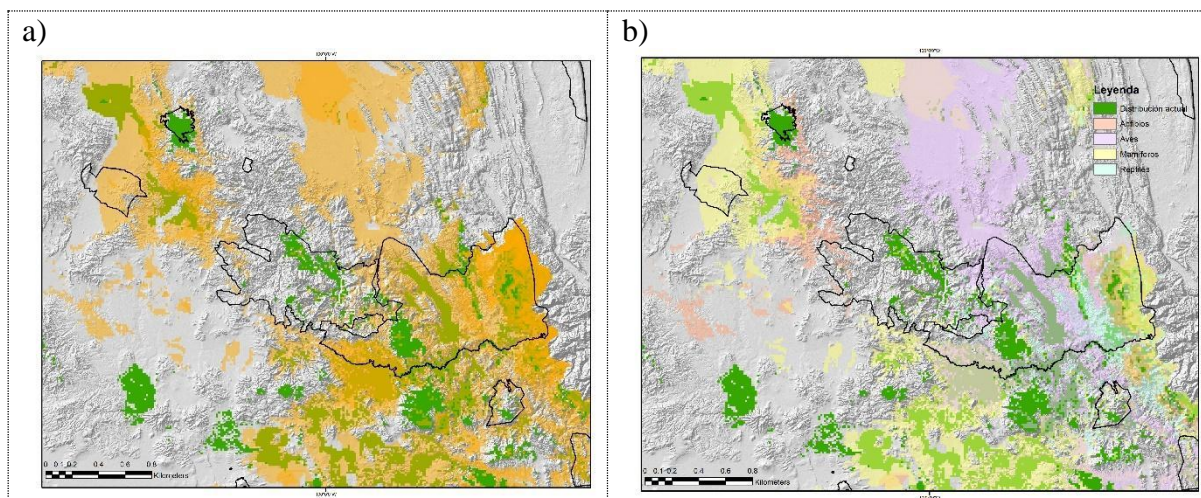


Figura 23. Distribución potencial actual y con escenario de cambio climático RCP8.5. a) en verde se representa las condiciones actuales y en naranja la distribución futura bajo el escenario RCP 8.5, b) la distribución futura se divide en clases en ■ anfibios, ■ aves, ■ mamíferos, ■ plantas y ■ reptiles. Elaboración propia.

En el escenario RCP 8.5 los anfibios disminuyen su distribución de manera general, no obstante, para las especies *Incilius occidentalis* y *Lithobates berlandieri* aumentarán y se

mantiene su probabilidad de distribución. Para el primer caso, el potencial de distribución aumenta entre el PNG y la RBSGGto y para el segundo caso, este se mantendrá a lo largo de la Sierra Madre Oriental pero de manera más dispersa. El resto de los anfibios disminuirán su distribución mientras *Pseudoeurycea cephalica* desaparecerá bajo el escenario RCP 4.5.

Para el caso de las aves las especies que bajo este escenario desaparecerán son: *Catharus mexicanus*, *Crypturellus cinnamomeus*, *Pionus senilis* y *Rhodothraupis celaeno*. Para el caso de *Aphelocoma ultramarina* su presencia no cambiarán pero su distribución se modificará ligeramente al sur de la Sierra Madre Oriental mientras que para la especie *Zenaida asiática* aumentará su distribución a lo largo de toda la zona serrana y en las planicies al norte de la zona de estudio.

Particularmente para los mamíferos las especies en este escenario se mantienen pero disminuyen su distribución *Chaetodipus nelsoni* y *Peromyscus levipes*. En el caso de *Choeronycteris mexicana*, conservará su presencia pero su distribución a lo largo de la Sierra Madre Oriental se dispersará, *Odocoileus virginianus*, se concentrará al norte mientras, *Peromyscus difficilis* disminuirá su distribución y se dispersará. La especie *Peromyscus fuvvus* concentrará su distribución a lo largo de la Sierra Madre Oriental y *Peromyscus melanophrys* aumentará a lo largo de toda la zona del altiplano.

Del mismo modo, para el caso de las plantas, *Cycadopsida* y *Pinopsida* para el escenarios pesimista se reducirá, *Pinus pinceana* desaparecerá, entre tanto *Ceratozamia sabatoi* concentrará su distribución en zonas serranas.

Para finalizar, en el caso de los reptiles bajo este escenario *Conopsis nasus*, *Crotalus molossus*, *Gerrhonotus infernalis*, *Phrynosoma orbiculare*, *Plestiodon lynxe*, *Sceloporus*

grammicus, *Sceloporus minor* y *Thamnophis eques* disminuirá su distribución en tanto, *Sceloporus torquatus* se reducirá a hábitats de la zona serrana. *Lepidophyma gaigeae* aumentará su presencia a las zonas bajas de la RBSG y la RBSGGto.

Adicionalmente, en la Tabla 22, se integra el listado y las características para los dos escenarios en el RCP 4.5 y 8.5 en el horizonte temporal cercano, con el símbolo de (-) se representa si su distribución disminuye y con (+) si aumenta, así como si en la proyección desaparece o cambia su distribución.

Tabla 22. Cambios en la distribución con escenarios de cambio climático		
Especie	RCP 4.5	RCP 8.5
<i>Ambystoma velasci</i>	- / cambio de distribución	-
<i>Chiropterotriton chondrostega</i>	-	-
<i>Chiropterotriton magnipes</i>	-	-
<i>Craugastor decoratus</i>	-	-
<i>Incilius occidentalis</i>	+	+
<i>Lithobates berlandieri</i>	-	=
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	-	-
<i>Pseudoeurycea cephalica</i>	Desaparece	Desaparece
<i>Aphelocoma ultramarina</i>	-	= / cambio en su distribución
<i>Ara militaris</i>	-	-
<i>Atthis heloisa</i>	-	-
<i>Aulacorhynchus prasinus</i>		-
<i>Catharus mexicanus</i>	-	Desaparece
<i>Crypturellus cinnamomeus</i>	-	Desaparece
<i>Myadestes unicolor</i>	-	-
<i>Pionus senilis</i>	Desaparece	Desaparece
<i>Rhodothraupis celaeno</i>	-	Desaparece
<i>Trogon collaris</i>	-	
<i>Zenaida asiática</i>	+ / cambio en su distribución	+ / cambio en su distribución
<i>Ceratozamia sabatoi</i>	-	-
<i>Chaetodipus nelsoni</i>	-	-
<i>Choeronycteris mexicana</i>	-	= / cambio de distribución
<i>Cryptotis mexicana</i>	-	-
<i>Dipodomys phillipsii</i>	-	-
<i>Leptonycteris curasoae</i>	-	-

<i>Microtus quasiater</i>	-	-
<i>Odocoileus virginianus</i>	+ / cambio en su distribución	Cambio en su distribución
<i>Peromyscus difficilis</i>	-	-
<i>Peromyscus fuvvus</i>	-	Cambio en su distribución
<i>Peromyscus levipes</i>	-	-
<i>Peromyscus melanophrys</i>	+	
<i>Pinus pinceana</i>	-	Desaparece
<i>Conopsis nasus</i>	-	-
<i>Crotalus molossus</i>	-	-
<i>Gerrhonotus infernalis</i>	+ / cambio en su distribución	-
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	-	-
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	-	-
<i>Lampropeltis triangulum</i>	-	-
<i>Lepidophyma gaigeae</i>	+	+
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	-	Desaparece
<i>Plestiodon lynxe</i>	-	Desaparece
<i>Sceloporus grammicus</i>	-	-
<i>Sceloporus minor</i>	-	-
<i>Sceloporus torquatus</i>	-	-
<i>Thamnophis eques</i>	-	-
<i>Thamnophis melanogaster</i>	-	-

Elaboración propia.

Los resultados de esta modelación con escenarios de cambio climático permiten estudiar la distribución geográfica de las especies e identificar aquellos factores ambientales que la limitan o permiten su incremento o modifican su distribución como cambios altitudinales y latitudinales (Parmesan, 2006). En general, los modelos de nicho ecológico relacionan datos de presencia (y algunas veces también de ausencia) de las especies con una serie de parámetros ambientales para generar una aproximación de las condiciones que favorecen la presencia de las poblaciones de la especie (el nicho ecológico) (Cuervo-Robayo *et al.*, 2017).

Asimismo, la aplicación de un modelo que permita la toma de decisiones en cuanto la representatividad de especies con la finalidad de conservar áreas realmente diversas es factible para la toma de decisiones. No obstante, las ANP también enfrentan diversos retos

(Neger & Crespo-Guerrero, 2020) como la falta de recursos económicos y humanos, evaluación y monitoreo deficiente, estrategias poco eficientes, corrupción y clientelismo, la falta de cooperación y coordinación y participación social insuficiente.

Por lo que, las investigaciones, estudios y monitoreo (en general cualquier aporte) desde los distintos sectores y actores son relevantes como insumos para la realización de hojas de ruta, programas operativos anuales, ordenamientos territoriales y a los propios programas de manejo de las ANP. Lo anterior debido a que, estos instrumentos requieren integrar diagnósticos para la resolución de las problemáticas en el territorio.

Capítulo 3: Estrategias de adaptación al cambio climático para el Corredor Biológico

El objetivo del presente capítulo es proponer las medidas, estrategias y las líneas de acción que se pueden implementar de acuerdo con los resultados obtenidos en los capítulos anteriores. De tal manera que dichas propuestas se inserten en las políticas de conservación, restauración y aprovechamiento para la zona. También, se pretende alinear las medidas de nivel estratégico con los instrumentos seleccionados de política pública vigentes, y diseñar líneas de acción y actividades específicas para la adaptación (CONANP-PNUD, 2021).

Así también, con la finalidad de darle voz a los actores clave entrevistados, en esta sección se integra la información obtenida de otros actores que se entrevistaron durante el trabajo de campo. Se llevaron a cabo dos entrevistas y se aplicaron dos cuestionarios abiertos en el municipio de San Luis de la Paz. Posteriormente se analizó la información de manera inductiva y se agruparon dos categorías, de acuerdo con las actividades que se implementan: aprovechamiento sustentable y conservación.

La metodología para este capítulo se basa en la ‘Herramienta para la elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas’ (CONANP 2011 y 2021) a fin de definir las medidas de adaptación. Esas son definidas como un conjunto de acciones planificadas que tienen como objetivo reducir las condiciones de vulnerabilidad de la población y los asentamientos humanos; las actividades productivas, y la infraestructura instalada, así como de los ecosistemas y la biodiversidad.

De igual manera, con la identificación de la normatividad existente a nivel internacional y nacional permite la justificación y reconocimiento de la implementación de

las propuestas para llevar a cabo en la zona. Esto mismo sirve para visibilizar la omisión y vacíos que presentes en materia legislativa.

En ese sentido, primero es importante dejar en claro que estas propuestas —o en su caso, los Programas de Adaptación al Cambio Climático (PACC)—, son una medidas globales de adaptación compuestas por estrategias conformadas por líneas de acción y actividades que especifican la demanda de recursos (técnicos y financieros) y su territorialización (Figura 24) (CONANP-PNUD, 2021).

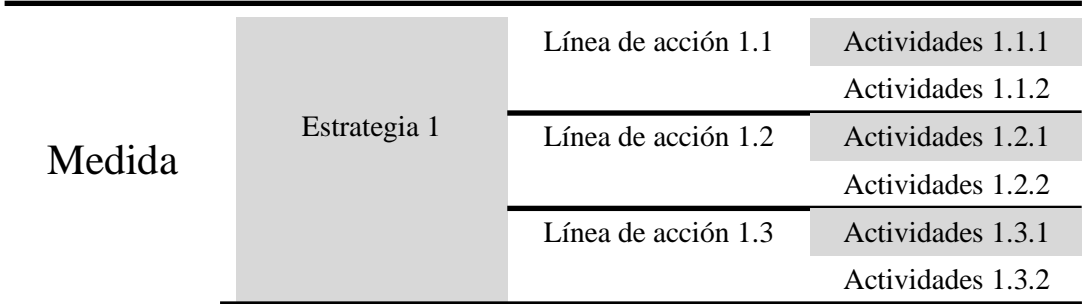


Figura 24. Estructura de las medidas, estrategias, líneas de acción y actividades.
Fuente: CONANP, 2021.

Para este caso, solo se llegará a un nivel de línea de acción ya que las actividades dependen de los actores clave de la zona, de grupos de trabajo tanto gubernamentales como sociedad civil y academia. Bajo esa integración, se involucran a dichos actores para el diseño e implementación de las actividades de los programas, proyectos en alguna de las ANP de la zona de estudio.

3.1. Participación de actores clave a la investigación

Durante el trabajo de campo se tuvo la oportunidad de aplicar dos cuestionarios semiestructurados por medio de la técnica de la entrevista y tres cuestionarios que se obtuvieron respondidos vía correo electrónico con los directores responsables de las ANP de San Luis Potosí. Sin embargo, durante la salida a campo también se realizaron dos

cuestionarios abiertos con otros actores: la Promotoría de CONAFOR del noreste de Guanajuato y la Dirección de Protección al Ambiente del municipio de San Luis de la Paz.

Lo anterior reforzó la investigación al reconocer los procesos de colaboración enfocados a la región noreste de Guanajuato. También se identificó que otros actores tienen un entendimiento sobre la importancia de conectar ANP circundantes en este caso entre los estados de San Luis Potosí y Querétaro. Las entrevistas abiertas se enfocaron en recabar los proyectos que se llevan a cabo en apoyo a la conservación de la RBSGGto. El análisis de información se llevó a cabo de manera inductiva y sirvió para construir dos categorías: aprovechamiento sustentable y conservación.

La primera categoría relacionada con el aprovechamiento sustentable se mencionaron las especies con las que la promotoría de CONAFOR apoya con semillas y plántulas a las comunidades. La especie más importante es el chilcoague (*Heliopsis longipes*) una especie originaria usada como planta medicinal. Otras especies que también tiene un aprovechamiento es el pino prieto (*Pinus greggii*) usado como árbol de navidad, el orégano (*Origanum vulgare*) y el pino moctezuma ‘ocote’ (*Pinus montezumae*) para controlar plagas como algunas epifitas y parasitas.

Por su parte, la segunda categoría relacionada con la conservación, la promotoría de CONAFOR señaló que las actividades que apoyan a la RBSGGto es la reforestación con la especie (*Pinus cembroides*) que ayuda a la pérdida de suelo y el esquema de Pago por Servicios Ambientales (PSA). Adicionalmente se implementa la vigilancia comunitaria para evitar la tala ilegal y los incendios forestales y también se capacitó a una brigada para su atención.

En el caso de la Dirección de Protección al Ambiente de San Luis de la Paz sobre la categoría de aprovechamiento sustentable se llevan a cabo actividades como la elaboración

de dictámenes de impacto ambiental en corrales destinados para la ganadería de acuerdo con el programa de ordenamiento territorial municipal. Respecto a la categoría de conservación la dirección efectúa campañas de educación ambiental en distintas escuelas (primarias, secundarias y preparatorias), donde se incluye el tema del cambio climático.

Con la finalidad de representar las palabras con mayor relevancia mencionadas durante las entrevistas, se realizó una nube de palabras como una técnica para un análisis visual (*visual analytics*) que tiene por objetivo apoyar el razonamiento analítico, en este caso mediante interfaces virtuales interactivas (Thomas & Cook, 2006) (Figura 25).



Figura 25. Nube de palabras obtenida de los actores clave. Elaboración propia mediante <https://www.nubedepalabras.es/>

3.2. Revisión de la normatividad internacional y nacional

De modo complementario, a la identificación de las estrategias y líneas de acción es importante la alineación de la investigación con la normatividad aplicable en México. En este

caso, desde los marcos internacionales hasta los instrumentos programáticos de las ANP para justificar y facilitar la implementación de la propuesta de investigación. Esto también es relevante ya que contribuye con los compromisos asumidos por el país en sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés) al acuerdo de París.

En ese marco, se integra la normativa (nacional, internacional y operativa) relacionada a las ANP, la conectividad ecológica y su contexto dentro del cambio climático.

3.2.1 Compromisos y marcos internacionales

Dentro de los compromisos internacionales asumidos por el estado mexicano y en apego al artículo 133 constitucional, el cual está vinculado a la conservación de la Biodiversidad y que tienen estrecha relación con la función de las ANP se encuentran los siguientes:

- Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (Nueva York, 25 de septiembre de 2015. Publicación/ Aprobación en el DOF: 24 de abril de 2017) Objetivo 13: Acción por el clima y Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.
- Convenio Sobre la Diversidad Biológica (CBD). (Río de Janeiro, Brasil, 5 de junio de 1992. Publicación/Aprobación en el DOF: 13 de enero de 1993. Entrada en vigor para México: 29 de diciembre de 1993).
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). (Nueva York, Estados Unidos de América, 9 de mayo de 1992. Publicación/Aprobación en el DOF: 13 de enero de 1993. Entrada en vigor para México: 21 de marzo de 1994).

- Convenio sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural (CPPMCN). (París, 16 de noviembre de 1972. Publicación/Aprobación en el DOF: 23 de enero de 1984. Entrada en vigor para México: 23 de mayo de 1984).
- Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas (Ramsar, Irán, 2 de febrero de 1971. Publicación/Aprobación en el DOF: 24 de enero de 1985. Entrada en vigor para México: 4 de julio de 1986).
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (Washington DC, Estados Unidos de América, 3 de marzo de 1973. Publicación/ Aprobación en el DOF: 24 de junio de 1991. Entrada en vigor para México: 30 de septiembre de 1991).
- Acuerdo de París (París, Francia, 12 diciembre 2015. Publicación Aprobación en el DOF: 17 de septiembre de 2016. Entrada en vigor para México: 4 de noviembre de 2016). Integración al componente de adaptación en el objetivo C.- Conservación, restauración y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos.
- Resolución A/RES/70/1 de la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas ‘Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible’.

3.2.2 Marco normativo nacional

En relación con el marco legislativo que integra el tema de biodiversidad en México se compone de leyes, reglamentos e instrumentos de planeación sectoriales, derivados del Plan Nacional de Desarrollo (PND). A continuación se integra la normativa en materia de biodiversidad y adaptación al cambio climático.

- **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos** (Publicada en el DOF el 5 de febrero de 1917). Artículo 4o. Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y el deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley (DOF, 1917, p. 10).
- **Ley General de Equilibrio Ecológico (LGEEPA)** (Publicada en el DOF el 28 de enero de 1988). Artículo primero que se refieren a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente. Tiene por objetivo propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para: la preservación, la protección de la biodiversidad, el establecimiento y administración de las ANP (DOF, 1988).
- **Ley General de Cambio Climático (LGCC)** (Publicada en el DOF el 6 de junio de 2012). Artículo 29. Se considerarán acciones de adaptación: Fracción X. El establecimiento y conservación de las ANP y corredores biológicos (DOF, 2012, p. 19).
 Artículo 30. El gobierno implementará acciones para la adaptación conforme a: Fracción IV. Establecer planes de protección y contingencia ambientales en zonas de alta vulnerabilidad, ANP y corredores biológicos ante eventos meteorológicos extremos; Fracción XXII. Establecer nuevas ANP, corredores biológicos, y otras modalidades de conservación y zonas prioritarias de conservación ecológica para que se facilite el intercambio genético y se favorezca la adaptación natural de la biodiversidad al cambio climático, a través del mantenimiento e incremento de la cobertura vegetal nativa y otras medidas de manejo (DOF, 2012, p. 21).

Artículo 110 Fracción II. Celebrar convenios de concertación con organizaciones sociales y privadas relacionadas con el medio ambiente para fomentar acciones de adaptación y mitigación del cambio climático; el establecimiento, la administración y el manejo de ANP; así como para brindar asesoría en actividades de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y en la realización de estudios e investigaciones en la materia y emprender acciones conjuntas (DOF, 2012, p. 44).

- **Ley General de Vida Silvestre (LGVS)** (Publicada en el DOF el 3 de julio de 2000).

Artículo 46. La Secretaría coordinará el Sistema Nacional de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre, el cual se conformará por el conjunto de dichas unidades y tendrá por objeto: b) La formación de corredores biológicos que interconecten las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre entre sí y con las ANP, de manera tal que se garantice y potencialice el flujo de ejemplares de especies silvestres (DOF, 2000, p. 20).

- **Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)** (Publicada en el DOF

el 5 de junio de 2018). Artículo 2. Son objetivos generales de esta Ley: Fracción IX. Promover acciones necesarias en el sector para dar cumplimiento a tratados internacionales en los que el Estado mexicano sea parte en materia de cambio climático, diversidad biológica y demás aplicables en la materia (DOF, 2018, p. 2).

Artículo 3. Son objetivos específicos de esta Ley: Fracción XXV. Promover acciones para frenar y revertir la deforestación y la degradación de los ecosistemas forestales y ampliar las áreas de cobertura vegetal (DOF, 2018, p. 4).

- **Ley General de Protección Civil (LGPC)** (Publicada en el DOF el 6 de junio de

2012). Artículo 4. Las políticas públicas en materia de protección civil se ceñirán al

Plan Nacional de Desarrollo y al Programa Nacional de Protección Civil, identificando para ello las siguientes prioridades: Fracción VII. El conocimiento y la adaptación al cambio climático, y en general a las consecuencias y afectos del calentamiento global provocados por el ser humano y la aplicación de las tecnologías (LGPC, 2012, p. 8).

- **Estrategia Nacional REDD+** (ENAREDD+) (CONAFOR, 2017). La Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques, así como el papel de la gestión sostenible de los bosques y el aumento y conservación de los reservorios forestales de carbono (ENAREDD+) busca contribuir a la mitigación de GEI, planteando políticas, medidas y acciones que deberán ser incorporadas en instrumentos de planeación para el desarrollo sustentable. La ENAREDD+ responde también a la iniciativa internacional iniciada en Bali en 2007 en la CMNUCC (CONAFOR, 2017, p.14).
- **Estrategia de Cambio Climático en ANP** (ECCAP) (CONANP, 2015). Es un instrumento que para dirigir y orientar acciones que permitan reducir la vulnerabilidad de los socioecosistemas al cambio climático, contribuir a la conservación de los servicios ecosistémicos que proveen y promover la captura y el almacenamiento de carbono en ANP. También promueve la coordinación interinstitucional, la creación de acuerdos, la concurrencia de recursos y la obtención de apoyos de instituciones gubernamentales, académicas y de organizaciones de la sociedad civil, en las diversas ANP y zonas de influencia de México (CONANP, 2015, p.38).
- **Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010**. (Publicada en el DOF el 30 de diciembre de 2010). Esta Norma tiene por objeto identificar las especies o

poblaciones de flora y fauna silvestres en riesgo en la República Mexicana, mediante la integración de las listas correspondientes, así como establecer los criterios de inclusión, exclusión o cambio de categoría de riesgo para las especies o poblaciones mediante un método de evaluación de su riesgo de extinción (DOF, 2010, p. 4).

- **ACUERDO por el que se da a conocer la ‘Lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación’.** (Publicado en el DOF el 5 de marzo de 2014). El artículo 61 de la LGVS, tiene como obligación elaborar y publicar la lista de especies prioritarias para la conservación, con el fin de promover el desarrollo de proyectos para su conservación y recuperación, y con ello la de ecosistemas, hábitat y especies con los que se encuentran asociadas. Este, no es una lista de especies en riesgo (materia de la NOM-059-SEMARNAT-2010), sino que se trata de una lista de especies que ofrecen oportunidades para dar mayor alcance a los esfuerzos de conservación (DOF, 2014, p.1).
- **Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2020-2024 (PROMARNAT).** Su objetivo prioritario 1, tiene que ver con: Promover la conservación, protección, restauración y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y su biodiversidad con enfoque territorial y de derechos humanos, considerando las regiones bioculturales, a fin de mantener ecosistemas funcionales que son la base del bienestar de la población (SEMARNAT, 2020, p.36).
- **Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020 – 2024 (PNANP).** Entre los objetivos prioritarios del programa relacionado con las ANP son los siguientes:
1.- Fortalecer el manejo efectivo de las ANP e impulsar el incremento de la superficie de conservación para mantener la representatividad de la biodiversidad, la conectividad y funcionalidad de los ecosistemas y la provisión de sus servicios

ambientales; 2.- Impulsar la participación comunitaria en la conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en las ANP para mejorar sus medios de vida y reducir su vulnerabilidad; 3.- Promover la restauración de ecosistemas, así como acciones de protección y monitoreo para la conservación y recuperación de especies prioritarias y sus hábitats en las ANP y zonas de influencia; 4.- Fortalecer las capacidades institucionales, optimizando la coordinación y articulación intra e interinstitucional con otras dependencias y actores involucrados con las ANP y fomentando y fortaleciendo la participación y cooperación internacional (CONANP, 2020, p.24).

3.2.3 Aplicabilidad en el territorio

La normatividad en materia ambiental identificada es relevante para alinearse y articularse como iniciativa de las Estrategias en la región, ya que estos son los medios de implementación para avanzar en la conservación, restauración y reducción de la vulnerabilidad, todo ello a través de la acción coordinada de los tres órdenes de gobierno y con participación de la sociedad como se documenta.

En este caso es de resaltar los instrumentos como la LGVS y la LGCC que reconocen e integran a los corredores biológicos como áreas de conectividad entre ANP para permitir el flujo de las especies que permitan su adaptación ante el cambio climático. Por su parte, la ECCAP integra la conectividad como un mecanismo de amortiguamiento de los espacios protegidos para el manejo integral del paisaje.

En el caso de los instrumentos programáticos en materia de medio ambiente es el PNANP el que incluye los objetivos alineados a esta investigación resaltando los siguientes temas en común: 1.- Identificar la representatividad de la biodiversidad y la conectividad; 2.-

Apoyarse en las comunidades para llevar acciones de conservación y crear mecanismos para la participación de actores clave en la toma de decisiones; y 3.- Promover la restauración en las zonas de influencia de las ANP (Figura 26).

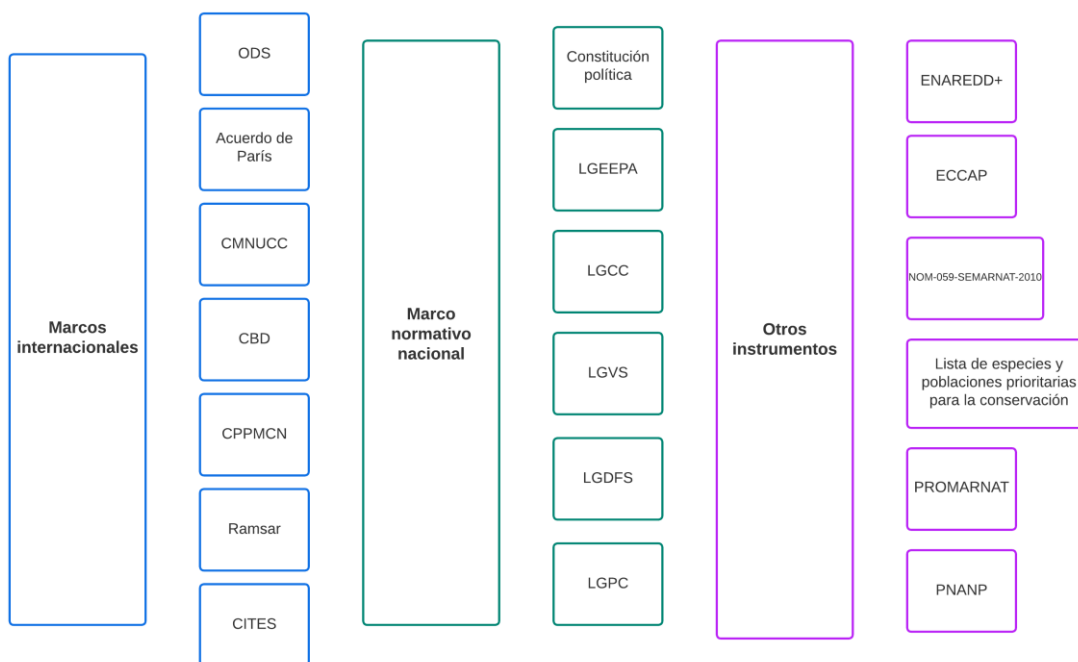


Figura 26. Estructura del marco normativo, internacional, nacional y programático para la zona de estudio. Elaboración propia.

En seguida, se desarrollan las medidas, estrategias y líneas de acción propuestas para el Corredor Biológico de la Sierra Gorda de Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí.

3.3. Propuesta de medidas, estrategias y líneas de acción

La integración de las estrategias y líneas de acción se basa en los ejes definidos en la ECCAP que divide la adaptación en tres grandes temas: a) sector social; b) infraestructura estratégica y sistemas productivos; c) ecosistemas y servicios ambientales. También, se

deben considerar los enfoques de la adaptación al cambio climático como la adaptación basada en comunidades (AbC), el de reducción de riesgo de desastres (RRD), la adaptación basada en ecosistemas (AbE) y las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN) (INECC, 2021).

3.3.1 Prioridad 1- Conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos

El objetivo de la investigación en general es identificar la conectividad entre cinco ANP y reconocer las áreas prioritarias para la intervención bajo un escenario de cambio climático y dos horizontes temporales. Por consiguiente, el peso ambiental en la investigación es importante al identificarse a las especies con mayores amenazas y oportunidades ante los cambios esperados en el clima. En este sentido, la principal estrategia está en función del sistema ambiental.

Aunado a esto, es de resaltar el número de ANP de la zona de estudio. la gestión de este tipo de territorios se encuentra referidas en la LGEEPA en su artículo primero fracción IV que establece la preservación y la protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las ANP (Figura 27).

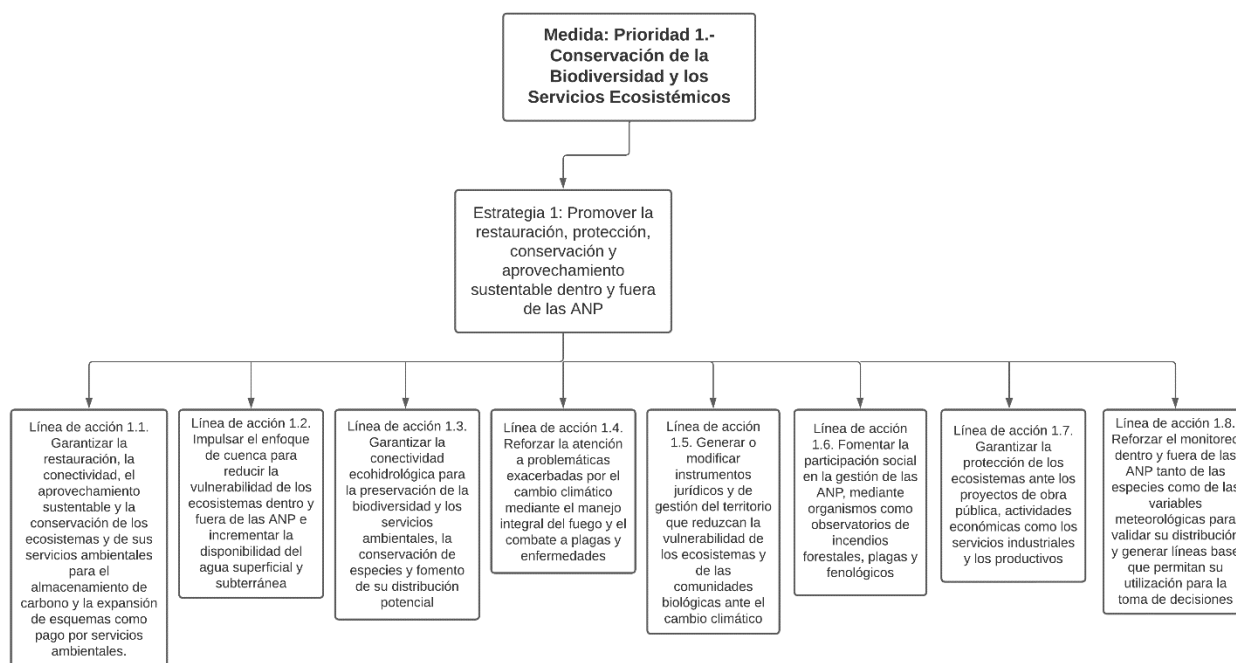


Figura 27. Estructura de las medidas relacionada a la prioridad 1, estrategias y líneas de acción. Elaboración propia.

A continuación, se describen las propuestas de las estrategias y líneas de acción para la prioridad 1 de este estudio.

3.3.1.1. Estrategia 1: Promover la restauración, protección, conservación y aprovechamiento sustentable dentro y fuera de las ANP

Esta estrategia se encuentra alineada a los objetivos de la LGEEPA y de la Ley General de Vida Silvestre (LGVS); ésta última incluye líneas relacionadas con la restauración

y la recuperación ecológica, la conservación de cuencas, el fomento de la conectividad y la formación de corredores biológicos. Esto con el fin de promover la conservación de la biodiversidad que busque fomentar en las personas que son propietarias de los predios en donde se distribuye la vida silvestre, el derecho al aprovechamiento sustentable.

Esta estrategia integra afectaciones para la biodiversidad como plagas, enfermedades e incendios. También se incluyen los esquemas de pagos por servicios ambientales y el considerar a las personas en la gestión de las ANP mediante proyectos comunitarios. Se propone se continúe con el monitoreo ambiental y la protección de la biodiversidad ante las obras como la minería, turismo, industria de la construcción y cambio de uso de suelo.

En ese tenor, se proponen las siguientes líneas de acción integradas en la ‘estrategia 1’:

- *Línea de acción 1.1.* Garantizar la restauración, la conectividad, el aprovechamiento sustentable y la conservación de los ecosistemas y de sus servicios ambientales para el almacenamiento de carbono y la expansión de esquemas de valoración como pago por servicios ambientales.
- *Línea de acción 1.2.* Impulsar el enfoque de cuenca para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas dentro y fuera de las ANP e incrementar la disponibilidad del agua superficial y subterránea.
- *Línea de acción 1.3.* Garantizar la conectividad ecohidrológica para la preservación de la biodiversidad y los servicios ambientales, la conservación de especies y fomento de su distribución potencial.
- *Línea de acción 1.4.* Reforzar la atención a problemáticas exacerbadas por el cambio climático mediante el manejo integral del fuego y el combate a plagas y enfermedades

- *Línea de acción 1.5.* Generar o modificar instrumentos jurídicos y de gestión del territorio que reduzcan la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las comunidades biológicas ante el cambio climático.
- *Línea de acción 1.6.* Fomentar la participación social en la gestión de las ANP, mediante organismos como observatorios de incendios forestales, plagas y fenológicos.
- *Línea de acción 1.7.* Garantizar la protección de los ecosistemas ante los proyectos de obra pública, actividades económicas como los servicios industriales y los productivos.
- *Línea de acción 1.8.* Reforzar el monitoreo dentro y fuera de las ANP tanto de las especies como de las variables meteorológicas para validar su distribución y generar líneas base que permitan su utilización para la toma de decisiones.

Entre las actividades que se identifican en el área de estudio para esta Estrategia se encuentran las campañas de reforestación, restauración y conservación del suelo, monitoreo de las especies y de variables meteorológicas con el interés de identificar los periodos de estiaje y por lo tanto la temporada de incendios forestales, sin embargo, se identifica una falta de análisis de línea base para la toma de decisiones.

Así también, se incluyen los recorridos de campo, la vigilancia comunitaria, la integración del enfoque de cuenca para la conservación de las ANP. El monitoreo enmarcado dentro del Programa de Recuperación y Repoblación de Especies en Riesgo (PROCER), en torno a la guacamaya verde (descrito previamente en el capítulo 2) para la región Sótano de Barro.

3.3.2. Prioridad 2 – Reducir la vulnerabilidad social, fortalecer su resiliencia y los sistemas productivos

En la zona de estudio se constata una diferenciación entre los niveles de rezago y marginación social por lo que la conservación y la restauración debe incluir el desarrollo social. Se debe incluir perspectiva de género, la participación de actores clave y considerar a los grupos de atención prioritaria en las acciones y actividades de las ANP.

Por el grado de exposición que se presentan en la zona ante sequías, ondas cálidas y susceptibilidad de laderas, es relevante la reducción de la vulnerabilidad y el aumento de la resiliencia de la población, su infraestructura y los socioecosistemas que contribuyen a mejorar la calidad de vida de las personas (Figura 28).

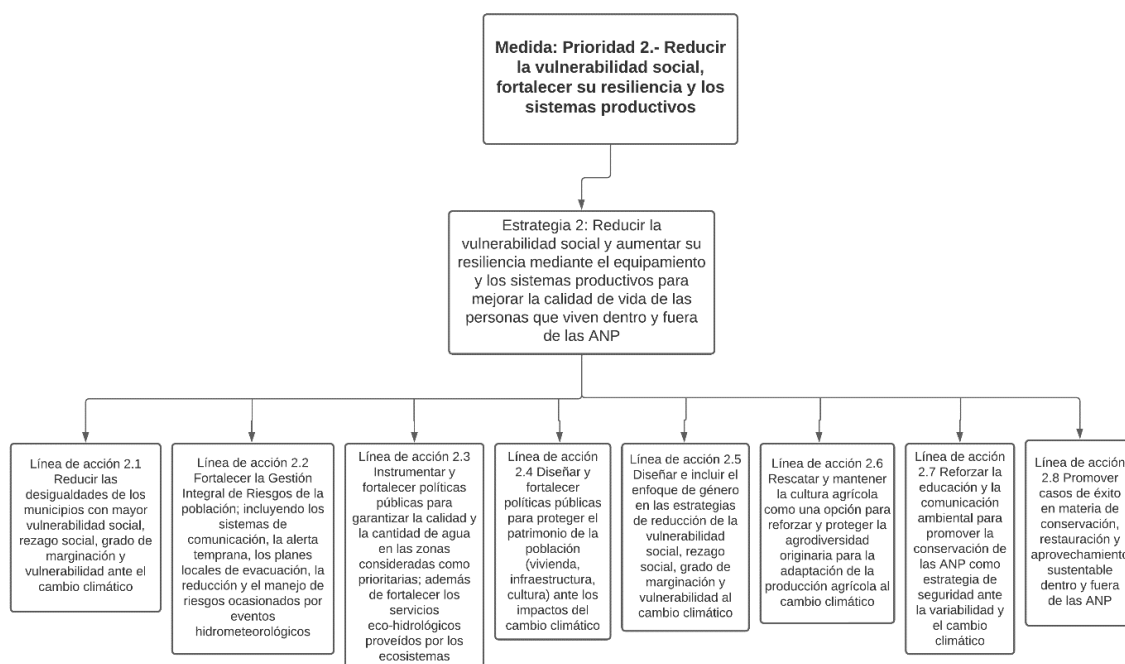


Figura 28. Estructura de las medidas relacionada a la prioridad 2, estrategias y líneas de acción. Elaboración propia.

3.3.2.1. Estrategia 2: Reducir la vulnerabilidad social y aumentar su resiliencia mediante el equipamiento y los sistemas productivos para mejorar la calidad de vida de las personas que viven dentro y fuera de las ANP

Debido a los resultados obtenidos, es relevante que la conservación y la restauración vayan de la mano de las personas que viven de las ANP, ya que también es de destacar que los municipios dentro del área de estudio tienen un grado de vulnerabilidad social y vulnerabilidad al cambio climático de alto a muy alto (Pinal de Amoles, San Luis de la Paz, Atarjea, Victoria, Xichú y Santa María del Río).

El área de estudio cuenta con una identidad cultural importante. El huapango arribeño y huasteco se utiliza como un medio para salvaguardar la memoria, tanto de hechos ocurridos en el pasado, como de acontecimientos más recientes y de impacto en la cotidianidad (Rodríguez-Hernández, 2014).

En ese sentido, las líneas de acción que se proponen para esta estrategia son las siguientes:

- *Línea de acción 2.1* Reducir las desigualdades de los municipios con mayor vulnerabilidad social, rezago social, grado de marginación y vulnerabilidad ante el cambio climático.
- *Línea de acción 2.2* Fortalecer la Gestión Integral de Riesgos de la población; incluyendo los sistemas de comunicación, la alerta temprana, los planes locales de evacuación, la reducción y el manejo de riesgos ocasionados por eventos hidrometeorológicos.
- *Línea de acción 2.3* Instrumentar y fortalecer políticas públicas para garantizar la calidad y la cantidad de agua en las zonas consideradas como prioritarias; además de fortalecer los servicios eco-hidrológicos proveídos por los ecosistemas.

- *Línea de acción 2.4* Diseñar y fortalecer políticas públicas para proteger el patrimonio de la población (vivienda, infraestructura, cultura) ante los impactos del cambio climático.
- *Línea de acción 2.5* Diseñar e incluir el enfoque de género en las estrategias de reducción de la vulnerabilidad social, rezago social, grado de marginación y vulnerabilidad al cambio climático.
- *Línea de acción 2.6* Rescatar y mantener la cultura agrícola como una opción para reforzar y proteger la agrobiodiversidad originaria para la adaptación de la producción agrícola al cambio climático.
- *Línea de acción 2.7* Reforzar la educación y la comunicación ambiental para promover la conservación de las ANP como estrategia de seguridad ante la variabilidad y el cambio climático.
- *Línea de acción 2.8* Promover casos de éxito en materia de conservación, restauración y aprovechamiento sustentable dentro y fuera de las ANP.

En la zona de estudio, se complementan acciones con los apoyos de programas sociales enfocados en el empleo temporal, la agricultura y la ganadería. Son de destacar los proyectos enfocados en los maíces criollos, los programas de educación ambiental principalmente en cabeceras municipales. Se lleva a cabo también la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia y el aprovechamiento de especies de la zona, por ejemplo, se presenta un aprovechamiento extractivo en función al chilcuague para usos tradicionales (Cilia-Lopez *et al.*, 2008).

La identidad cultural reconocida en la zona permite la generación de lazos en un espacio determinado; estos se afianzan al identificarse más con el lugar de origen, es decir se aprecia y respeta mejor el lugar en el que vive (Miranda e Infante, 2011). Un ejemplo se

presenta en San Jerónimo, Guanajuato, una comunidad habitada mayormente por mujeres. En los años cincuenta existió un aserradero con prácticas no sustentables lo que ocasionó deforestación. Gracias al liderazgo de las mujeres en las campañas de reforestación, se ha logrado una recuperación del 90%, cabe destacar que el promedio de la promotoría forestal de la CONAFOR es del 70% (Camacho, 2014).

Las actividades ambientales-culturales que se llevan a cabo en la zona son las ferias itinerantes locales en función de prioridades comunitarias como los maíces criollos ya que son actividades donde se involucra el interés de la población pero se logra darle un enfoque medio ambiental. En estas actividades participan la academia, gobierno y habitantes de la zona que impulsan la conservación y el desarrollo sostenible. La que suscribe este trabajo tuvo la oportunidad de participar como expositora en la ‘Quinta Feria Regional del Maíz Criollo de 2017’.

Discusión

A lo largo de la investigación, en cada capítulo se tuvieron diversos resultados para la zona de estudio. A continuación, se discuten algunos resultados de la investigación relacionadas con las preguntas de investigación 1.- ¿Cuáles son los elementos clave de la adaptación al cambio climático que deben incluirse en la creación o consolidación de corredores biológicos? y 2.- ¿Cómo se puede medir la conectividad de diversas ANP y el cambio climático?

Como primer punto se destaca que la región de estudio es altamente heterogénea. Desde los decretos de protección que van de 1936 (PNEP) el más antiguo y de 2007 (RBSGGto) el más reciente, por lo que existe una diferencia de 71 años que repercute en diferentes gestiones en el manejo del área. Así también, la superficie de cada una es diferenciada, mientras la más grande es de 383,567.44 ha (RBSG) a la más pequeña que es 2,000.00 ha (PNEP). Esto significa que el PNEP cubre tan solo el 0.52% de superficie de la RBSG, lo que implica mayores capacidades tanto técnicas, humanas y financieras.

Adicionalmente, las características geográficas de la zona descritas por otros autores (Muñoz-Espinoza & Castañeda-Reyes, 2015) señalan que la región serrana abarca desde el norte de la planicie de Río Verde, al noreste la huasteca, al occidente las llanuras de Guanajuato, al oriente los macizos serranos de Hidalgo y al sur el semidesierto queretano. Esto, por lo tanto, deriva en una gran variedad de climas y ecosistemas, entre otros factores, debido al gradiente altitudinal.

Por ejemplo, el norte de la RBSG se favorece por la corriente de aire cálido y húmedo de la costa del Golfo de México que descarga sus aguas en las cumbres más altas, lo que

ayuda en gran parte al desarrollo de agricultura de temporal, impidiendo que lleguen hasta la meseta central (Ramírez-Casas, 2020).

La región también tiene altos índices de pobreza, rezago y marginación (identificado en el ANR) derivado en gran medida por una dinámica de migración del campo a la ciudad. A nivel territorial esto se refleja en escasas oportunidades laborales derivadas al desarrollo económico de la región Laja-Bajío (Reyes-Tovar *et al.*, 2019).

En la investigación también se evalúa la conectividad futura en las cinco ANP de la zona de estudio según la metodología ‘Propuesta Metodológica para Evaluar la Vulnerabilidad Actual y Futura ante el Cambio Climático de la Biodiversidad de México: El Caso de las Especies Endémicas, Prioritarias y en Riesgo de Extinción’. Ésta fue propuesta por el Instituto de Biología de la UNAM, elaborado para SEMARNAT-INECC en 2017.

Es de destacar que dentro de este estudio se incluyen algunas consideraciones como evaluar si los nichos fundamentales se encuentran hacia regiones no conservadas en la actualidad. Dicha modelación responde a las condiciones climáticas en las que una especie puede existir, por lo que la observación de registros en las áreas circundantes a las ANP es relevante para identificar áreas de nichos.

Esto representa un reto en la gestión de las ANP que enfocan sus esfuerzos en llevar a cabo acciones únicamente dentro de sus áreas pero que tienen la encomienda de cumplir las metas propuestas a nivel internacional como los ODS en específico el 15 Vida de Ecosistemas Terrestres y contribuir a la Década para la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030) y el compromiso de México al acuerdo de París en su componente de adaptación.

Así también, se debe mencionar que los modelos cuentan con muchas limitaciones pues se basan en supuestos tanto en la distribución de especies como en los escenarios de cambio climático. Sin embargo, esto es importante para la toma de decisiones, en este caso en la gestión de potenciales colaboraciones entre ANP que son contiguas y para fomentar un corredor biológico para la región.

En el caso de los resultados de la modelación, es de subrayar que se presenta una pérdida de especies ante cambio climático. Los anfibios por ejemplo, reducen su distribución potencial ante el escenario menos optimista. Esto es consistente con otros estudios que consideran a los anfibios como los vertebrados más amenazados ante el cambio climático ya que son altamente dependientes de la temperatura y a la modificación de su entorno (Llusia *et al.*, 2013; Toraza *et al.*, 2016).

Por su parte, también es de destacar que resultado de la modelación, existen especies favorecidas ante el cambio climático. En este caso, los réptiles son la clase más favorecida ya que aumentan su distribución potencial en el escenario más optimista, esto en mayor medida por preferir climas cálidos y con poca variabilidad en la temperatura (Ortíz-Yusty *et al.*, 2014). No obstante, para el escenario menos optimista su distribución se reduce a las zonas serranas.

En cuanto a la clase de las aves ante cambio climático, su distribución aumenta tanto para el escenario más y menos optimista. Esto se explica en gran parte, debido a los periodos de migración y anidación, sus tamaños poblacionales y que las aves dependen de sus capacidades de dispersión (Feria Arroyo *et al.*, 2013). Lo que se traduce en una distribución potencial ante cambio climático más incierta a nivel de clase.

Las decisiones para fomentar la adaptación al cambio climático deben considerar la conectividad y la restauración de ecosistemas, así como la atención que reciben las costas, la salud, las zonas agrícolas debido a los servicios ecosistémicos que proveen a las comunidades. Además, la conectividad es una parte esencial para hacer frente al cambio climático global ya que entre otros beneficios reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero (UICN, 2010) como lo establece la Convención de Diversidad Biológica (CBD, por sus siglas en inglés).

En 2021 se publicó el Marco Mundial de la Diversidad Biológica posterior a 2020 en el que se integran metas como que para el 2030, todos los ecosistemas tendrían un aumento de al menos un 30 por ciento de su superficie mejorando su conectividad y representatividad, con áreas naturales administradas eficaz y equitativamente (CBD, 2021, p. 7), contribuyendo así a la mitigación del cambio climático, la adaptación a éste y aumento de la resiliencia, así como a la lucha contra la desertificación.

En contraste, los corredores también pueden favorecer un conjunto de riesgos, siendo el más común el asociado a la expansión de especies no deseadas (bioinvasiones, enfermedades, mayor exposición de determinadas especies animales a los predadores y facilidades para la propagación del fuego). No obstante, aunque la conectividad implica riesgos potenciales, éstos quedan ampliamente compensados por los beneficios que ésta conlleva en conjunto con una buena gestión en el territorio (Bennett, 2004).

El estudio ‘Modelación de la distribución potencial actual y futura de las especies invasoras de mayor riesgo para México’ del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) identificó a las ecorregiones del país con mayor vulnerabilidad ante

especies invasoras. Los resultados señalan que las zonas áridas y semiáridas, en particular la ecorregión de la zona de estudio Desiertos de América del Norte (DAN) es vulnerable ante 43 especies de plantas y 6 de vertebrados consideradas como especies invasoras (PNUD, 2017).

A pesar de ello, se presentan algunos beneficios y oportunidades en cuanto al establecimiento de corredores biológicos en el contexto de cambio climático. Algunas ventajas de acuerdo con Bennett, 1998 y Williams, *et al.*, 2017 son las siguientes:

- Disminuye las presiones sobre los ecosistemas, se evita la destrucción de hábitats y la degradación, aumenta la resiliencia y permite reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático.
- Contribuyen a mejorar la conectividad de los paisajes y reducir la fragmentación, lo cual facilita el movimiento de las especies permitiendo responder a los cambios a través de la dispersión natural.
- Captura de carbono y el potencial de facilitar la adaptación de los bosques al cambio climático al reducir las presiones antropogénicas y conservar sitios de alta biodiversidad.

Para finalizar, resultado de la aplicación de una modelación se identifican las principales prioridades para la zona de estudio en función de los resultados obtenidos, por lo que se planteó la Prioridad 1. - Conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos y la Prioridad 2. – Reducir la vulnerabilidad social, fortalecer su resiliencia y los sistemas productivos. A esto se le integró la normatividad aplicable para la zona, que permita la

alineación entre la política y el territorio y encamine la implementación de acciones en la zona.

Lo anterior cobra relevancia ya que la problemática ambiental se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la sociedad (Lezama, 2010) y la atención de esta problemática requiere un enfoque integral donde no existen vías únicas para el establecimiento de una ANP o corredor biológico debido a su diversidad social, cultural y política. Para alcanzar los objetivos de conservación se requiere propiciar procesos de participación y construir las plataformas de negociación política y social para acceder a una sustentabilidad adaptativa (Martínez & Espejel, 2015).

Debido a que del 2021-2030 se ha declarado la Década para la Restauración de los Ecosistemas todos los esfuerzos en la materia son relevantes dado que las causas de la degradación y pérdida de la biodiversidad son numerosas y variadas, y pueden tener un impacto a diferentes escalas (UNEP-FAO s/a). En este caso, la investigación aporta una metodología que puede fundamentar y guiar la toma de decisiones alrededor de las ANP de la zona central de la Sierra Madre Oriental y el Bajío.

Conclusiones

Como resultado de la investigación se confirma la hipótesis del estudio en el que se reconoce que derivado de la problemática de la zona existe una vulnerabilidad a la variabilidad y cambio climático sin embargo, la propuesta de un corredor biológico que integre las ANP de RBSG, RBSGGto, APFFSA, PNG y PNEP como una estrategia de adaptación al cambio climático que al mismo tiempo integre a las comunidades, es una opción para restaurar y conservar áreas de atención y mejorar la calidad de vida de las personas a través de su involucramiento y participación.

Para el caso de los objetivos particulares se aplicó una metodología que evalúa la conectividad actual y futura ante el cambio climático por lo que el primer objetivo particular se confirma. Respecto al segundo objetivo particular en el capítulo tres se propusieron los lineamientos técnicos y administrativos para la creación del corredor en función del marco legal existente. Y en referente al tercer objetivo particular se elaboraron las medidas de adaptación para la zona y se resaltó que la conservación y restauración para promover la conectividad entre ANP es prioritario, por lo que el objetivo tres se cumplió cabalmente.

Es también de destacar, que dentro del análisis se identifica que la política ambiental se implementa mediante programas sectoriales que siguen viendo la atención de los diversos problemas de manera fragmentada, y no desde un enfoque integral o considerando los socioecosistemas. Por lo que, las diversas problemáticas deben ser resultado de la interacción de las sociedades y las comunidades, su organización cultural y económica que se llevan a cabo en el territorio.

Asimismo, durante la investigación se identificaron diversas acciones que ya resultaban difíciles de implementar como los recorridos y los monitoreos de proyectos por falta de combustible o mantenimiento de vehículos y que actualmente se enfrentan cada año a los recortes de presupuesto a la CONANP para poder llevar a cabo los programas como Programa para la Protección y Restauración de Ecosistemas y Especies Prioritarias (PROREST), Programa de Monitoreo Biológico (PROMOBI), Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) y el Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCODES).

Para sostener lo anterior, de acuerdo con la Cuenta Pública de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) en 2015 el presupuesto ejercido para SEMARNAT fue de 57,452,426,535 pesos mientras que para 2021 ese presupuesto ejercido se redujo a 39,369,070,484 es decir un 31.4% menor que hace 6 años. En el caso de las partidas presupuestadas relacionadas con las ANP en 2015 se destinaban 246,188,091 pesos mientras, en 2021 fueron 81,073,863 esto es una reducción del 67% menos en cuanto a las partidas presupuestadas concernientes con las ANP.

Esto aunado a los compromisos internacionales en las distintas convenciones marco ¿Se cumplió la meta a 2020 que establece que para 2020, todas las ANP cuentan con un programa de manejo? Desde el primer capítulo se describió que el APFFSA no cuenta con un Programa de Manejo y la RBSGGto no lo ha publicado. Bajo este mismo planteamiento ¿Es realista aumentar el compromiso de reducción de GEI en 35% a 2030. Si se han dejado de lado los Programas de Adaptación al Cambio Climático (PACC)?

Esto es relevante dado que los PACC integran información sobre la climatología actual y escenarios del clima con sus posibles efectos sobre los socioecosistemas, que ayuden

a la planeación e identificación subsecuente de medidas de adaptación y vulnerabilidad con actores clave del territorio.

De ahí, que la generación de alianzas de gobierno con academia o con la sociedad civil, privados y agencias de cooperación, sean relevantes para coadyuvar en los esfuerzos de conservación y restauración. Por lo que los estudios generados desde cualquier sector pueden brindar las bases para la generación de políticas o incorporación a los instrumentos operativos que permitan la toma de decisiones.

Para el caso de la conectividad ecológica, el desarrollo tanto de marcos normativos es poco desarrollado aún, ya que la única ley que considera la operatividad de los corredores biológicos es la LGVS, a través del sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA). Así también, la Ley General de Cambio Climático (LGCC) que considera a los corredores biológicos como acciones relevantes de adaptación.

Lo anterior es resultado de la complejidad de retos que enfrentan tanto las ANP como la identificación y establecimiento de corredores biológicos y áreas de conectividad (desde la parte técnica, la parte normativa a la parte de la implementación de acciones). Esto aunado a un escenario actual donde las ANP solo tiene recortes en sus presupuestos, como ya se mencionó, es un doble desafío.

Mediante esta investigación, fue posible aplicar una metodología con datos obtenidos mediante plataformas como GBIF o Worldclim. Así también, la selección de especies prioritarias o consideradas relevantes para la conservación brinda una solución asequible para identificar potenciales zonas de conectividad, dentro del marco del principio precautorio que se requiere para la salvaguarda de las comunidades.

Finalmente, los resultados de esta investigación se consideran de interés en específico para la CONANP y a la dirección general de desarrollo institucional y promoción (DGDIP), la dirección general de conservación para el desarrollo (DGCD) y a la dirección general de operación regional Centro y Eje Neovolcánico y a la dirección región Noreste y Sierra Madre Oriental, así como a los directores de las ANP y sus respectivos consejos asesores, con la finalidad de fomentar la conectividad en la región central del país.

Referencias

- Aguilar-Bellamy, A. (2006). Algunas consideraciones teóricas en torno al paisaje como ámbito de intervención institucional. *Gaceta Ecológica*, núm. 79, 5-20.
- Arita, H. T., Figueroa, F., Frisch, A., Rodríguez, P., & Santos-Del-Prado, K. (1997). Geographical Range Size and the Conservation of Mexican Mammals: Tamaño del Área de Distribución Geográfica y la Conservación de los Mamíferos de México. *Conservation biology*, 11(1), 92-100.
- Bello, L. (2014). *Escenarios de Cambio Climático para la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato mediante el modelo LARS-WG*. Tesis Licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bennett, A. (2004). *Enlazando el paisaje: El papel de los Corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*. UICN. Gland, Suiza, Cambridge. 254 pp.
- Bouwer, L. M. (2011). Have disaster losses increased due to anthropogenic climate change?. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(1), 39-46.
- Burgman, M. A., Breininger, D. R., Duncan, B. W., & Ferson, S. (2001). Setting reliability bounds on habitat suitability indices. *Ecological Applications*, 11(1), 70-78.
- Camacho, M. (2014). En San Jerónimo, mujeres siembran pinos y cosechan vida. Recuperado de: <https://www.somosmass99.com.mx/en-san-jeronimo-mujeres-siembran-pinos-y-cosechan-vida/> [22 de junio 2022].
- Caro, T., Jones, T., & Davenport, T. (2009). Realities of documenting wildlife corridors in tropical countries. *Biological Conservation*. 142, 2807-2811.
- Catalá, E. I. (2011). Los conceptos de especies indicadoras, paraguas, banderas y claves: su uso y abuso en ecología de la conservación. *Interciencia*, 36(1), 31-38.
- CBD. (2021). Primer Proyecto del Marco Mundial de la Diversidad Biológica Posterior a 2020. Recuperado de: <https://www.cbd.int/doc/c/0671/4456/ff4979877c8a9a910912689e/wg2020-03-03-es.pdf> [3 de diciembre 2022].
- Ceballos, G., Rodríguez, P., & Medellín, R. A. (1998). Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: mammalian diversity, endemism, and endangerment. *Ecological Applications*, 8(1), 8-17.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2012). Atlas Nacional de Riesgos. Recuperado de: <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/> [6 de agosto 2017].
- CENAPRED. (2021). Infografía. En esta temporada de calor, evita los incendios forestales. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cenapred/articulos/en-esta-temporada-de-calor-evita->

[los-incendios-forestales-269935#:~:text=En%20M%C3%A9xico%2C%20la%20temporada%20de,son%20marzo%2C%20abril%20y%20mayo. \[6 de Agosto 2017\].](#)

- Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C. A., Kapos, V., ... & Seddon, N. (2020). Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology*, 26(11), 6134-6155.
- Chetkiewicz, C., Clair, C., Boyce, M. (2006). Corridors for Conservation: Integrating Pattern and Process. *Annual Review of Ecology*. 37, 317-42.
- Cilia-Lopez, V. G., Aguirre-Rivera, J. R., Reyes-Agüero, J. A., & Juárez-Flores, B. I. (2008). Ethnobotany of *Heliopsis longipes* (Asteraceae: Heliantheae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, núm 83, 81-87.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.-The Nature Conservancy. (CONANP-FMCN-TNC). (2011). *Guía para la elaboración de programas de adaptación al cambio climático en áreas naturales protegidas*. México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2009). *Biodiversidad Mexicana - Corredores Biológicos*.
- CONABIO (2013). Visita la sección México del GBIF. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conabio/prensa/visita-la-seccion-mexico-del-gbif> [17 de abril 2017].
- CONABIO. (2009). Especies endémicas. Biodiversidad Mexicana. Recuperado de: <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/endemicas> [05 marzo de 2017].
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2017). Estrategia Nacional para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques, así como el papel de la gestión sostenible de los bosques y el aumento y conservación de los reservorios forestales de carbono (ENAREDD+). Recuperado de: <http://www.enaredd.gob.mx/wp-content/uploads/2017/09/Estrategia-Nacional-REDD+-2017-2030.pdf> [06 de abril 2019].
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2010). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Recuperado de: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=divisionHidrologicaAdministrativa> [22 de septiembre 2017].
- CONAGUA. (2017). *Presas y Acueductos para Abastecimiento de Agua Potable: Presa el Realito. Acueducto el Realito, San Luis Potosí (SLP)*. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/230761/Presa_El_Realito.pdf [20 de septiembre 2017].

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2011). *Historia de la CONANP*. Recuperado de: https://www.conanp.gob.mx/quienes_somos/historia.php [10 de Agosto 2019].
- CONANP. (2011). *Herramienta para la elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas*, Primera Edición. México.
- CONANP. (2015). Estrategia de Cambio Climático en ANP (ECCAP): Una convocatoria para la resiliencia de México 2015-2020. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/246611/ECCAP-2015.pdf> [15 de febrero 2017].
- CONANP. (2016). Direcciones Regionales. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/direcciones-regionales-120054> [05 de marzo 2017].
- CONANP-PNUD. (2021). *Herramienta para la elaboración de Programas de Adaptación al Cambio Climático en Áreas Naturales Protegidas*, Segunda Edición. México
- Convention on Biological Biodiversity (CBD). (2009). *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Informe del Segundo Grupo Ad Hoc de Expertos Técnicos sobre Biodiversidad y Cambio Climático*. Montreal, Serie Técnica No. 41.
- Cruz, D. (2013) *Adaptación a cambio climático en el Área Protegida Sierra Gorda Guanajuato*, Tesis de Licenciatura en Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cuervo Robayo, A. P., Escobar, L. E., Osorio Olvera, L. A., Nori, J., Varela, S., Martinez Meyer, E., ... & Townsend Peterson, A. (2017). *Introducción a los análisis espaciales con énfasis en modelos de nicho ecológico*. University of Kansas Libraries. Biodiversity Informatics.
- DeFries, R. S., Asner, G. P., & Houghton, R. A. (2004). *Ecosystems and land use change*. Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series. 153pp.
- Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2007). *Investigación, fundamentos y metodología* (Primera edición ed.). México. Pearson Educación. 200pp.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1917). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1917. Recuperado de: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/cpeum/CPEUM_orig_05feb1917.pdf [25 de noviembre 2022].
- DOF. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988. Recuperado de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf> [14 de Agosto 2017].

- DOF. (2000). Ley General de Vida Silvestre (LGVS). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000. Recuperado de: https://www.senado.gob.mx/comisiones/medio_ambiente/docs/LGVS.pdf [22 de septiembre 2017].
- DOF. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010. Recuperado de: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091 [18 de julio 2017].
- DOF. (2012). Ley General de Cambio Climático (LGCC). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012. Recuperado de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf> [20 de julio 2017].
- DOF. (2012). Ley General de Protección Civil (LGPC). Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de junio de 2012. Recuperado de: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC_200521.pdf [11 de octubre 2017].
- DOF. (2014). ACUERDO por el que se da a conocer la ‘Lista de especies y poblaciones prioritarias para la conservación’. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el el 5 de marzo de 2014. Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334865&fecha=05/03/2014#gsc.tab=0 [18 de julio 2017].
- DOF. (2018). *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS)*. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de 2018. Recuperado de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf> [03 de octubre 2017].
- Dudley, N. (Ed.). (2008). *Guidelines for applying protected area management categories*. IUCN. Gland, Suiza. 86 pp.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudík, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43–57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>.
- Ervin, J., Sekhran, N., Dinu, A., Gidda, S., Vergeichik, M. & Mee, J. (2010). *Protected Areas for the 21st Century: Lessons from UNDP/GEF's Portfolio*. New York: United Nations Development Programme and Montreal: Secretariat of Convention on Biological Diversity.
- EUROPAC-España (2009). *Conectividad ecológica y áreas protegidas. Herramientas y casos prácticos*. FUNGOBE. Madrid. 86 pp
- Feria Arroyo, T. P., Sánchez-Rojas, G., Ortiz-Pulido, R., Bravo-Cadena, J., Calixto Pérez, E., Dale, J. M., ... & Valencia-Herverth, J. (2013). Estudio del cambio climático y su efecto en las aves en México: enfoques actuales y perspectivas futuras. *Huitzil*, 14(1), 47-55.

- Feria Arroyo, T. P., Lara, C., Dale, J., Cavazos, A. L., & Oyervides, M. (2016). Informe final del Proyecto JM007 *Geographic distribution of lizards (genus Plestiodon) and hummingbirds endemics of México (Distribución geográfica de lagartijas (género Plestiodon) y colibríes endémicos de México)*. University of Texas. Edinburg.
- Gentry, A. H. (1992). Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos*, 16(1)19-28.
- Global Biodiversity Information Facility (GBIF). (2001). *Acceso libre y gratuito a los datos de biodiversidad*. Recuperado de: <https://www.gbif.org/es/> [10 de febrero 2017].
- Hanski, I. & Simberloff, D. 1997. *The metapopulation approach, its history, conceptual domain, and application to conservation*. En *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution* (eds. Hanski, I. y Gilpin, M.), Academic Press, San Diego. 5-26 pp.
- Hijmans, R. J.; Phillips, S.; Leathwick, J. & Elith, J. (2015), 'dismo: Species Distribution Modeling', R package version 1.0-12. Recuperado de: <https://cran.r-project.org/web/packages/dismo/dismo.pdf> [17 de septiembre 2022].
- Hoegh-Guldberg, O., & Bruno, J. F. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328(5985), 1523-1528.
- INEGI-CONABIO-INE. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) - Instituto Nacional de Ecología (INE). (2008). *Ecorregiones terrestres de México (2008)*. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático (ICCAyCC). (2009). Atlas Climático Digital de México de la UNAM. Recuperado de: <https://atlasclimatico.unam.mx/acdm/visualizador> [25 de enero 2018].
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2019). Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Recuperado de: <https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/> [24 de enero 2022].
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Informe de Síntesis*. ONU-PNUMA. Ginebra. 114 pp.
- IPCC. (2012). *Gestión de los Riesgos de Fenómenos Meteorológicos Extremos y Desastres para Mejorar la Adaptación al Cambio Climático. Informe especial de grupo*. IPCC, Ginebra. 32 pp.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. IPCC, Ginebra, Suiza. 157 pp.

- IPCC. (2018). *Anexo 1: Glosario. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza.* Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/10/SR15_Glossary_spanish.pdf [17 de junio 2022].
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability.* Recuperado de: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> [21 de agosto 2022].
- Jantz, P., Goetz, S., & Laporte, N. (2014). Carbon stock corridors to mitigate climate change and promote biodiversity in the tropics. *Nature Climate Change*, 4(2), 138-142.
- Kumar, P., Debele, S. E., Sahani, J., Aragão, L., Barisani, F., Basu, B., ... & Zieher, T. (2020). Towards an operationalisation of nature-based solutions for natural hazards. *Science of the Total Environment*, 731, 138855.
- Lawler, J. J. (2009). Climate change adaptation strategies for resource management and conservation planning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1162(1), 79-98.
- Lezama, J. L. (2010). *Sociedad, medio ambiente y política ambiental*, Los grandes problemas de México, El Colegio de México, México, pp. 23-59.
- Lhumeau, Á., & Cordero, D. (2012). *Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático.* UICN, Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/2012-004.pdf> [29 de marzo 2017].
- Lira, R., Villaseñor, J.L. & E. Ortiz. (2002) A proposal for the conservation of the family Cucurbitaceae in Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 11,1699.
- Llusia, D., Márquez, R., Beltrán, J. F., Benítez, M. Do Amaral, J. (2013). Calling behaviour under climate change: geographical and seasonal variation of calling temperatures in ectotherms. *Global Change Biology*, 19, 2655-2674.
- Loss, S., Terwilliger, L., & Petersen, A. (2010). Assisted Colonization: Integrating Conservation Strategies in the face of Climate Change. *Biological Conservation*. 144, 92-100.
- Majka, D., Jenness, J., & Beier, P. (2007). *CorridorDesigner: ArcGIS tools for designing and evaluating corridors.* Recuperado de: <http://corridordesign.org>.
- Martínez, N. (2010). Apuntes sobre Modelación de Nichos Ecológicos. Laboratorio de Evolución Molecular y Experimental, del Instituto de Ecología de la UNAM.

- Martínez, N., & Espejel, I. (2015). La investigación de la gobernanza en México y su aplicabilidad ambiental. *Economía, sociedad y territorio*, 15(47), 153-183.
- Martínez-Meyer, E., Anderson, R. P., Nakamura, M., Araújo, M. B., Peterson, A. T., Soberón, J., & Pearson, R. G. (2011). *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton University Press.
- Mazaris, A., Papanikolaou, A., Barbet-Massin, M., Kallimanis, A., Jiguet, F., Schmeller, D., & Pantis, J. (2013). Evaluating the connectivity of a protected area's network under the prism of global change: the efficiency of the European Natura 2000 network for four birds of prey. *PLoS ONE*, 8(3), e59640.
- MacArthur, R., & Levins, R. (1967). The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *The american naturalist*, 101(921), 377-385.
- MacArthur, R. H., & Wilson, E. O. (1967). *The theory of island biogeography*. Princeton University Press.
- Mawdsley, J. R., O'Malley, R., & Ojima, D. S. (2009). A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 23(5), 1080-1089.
- McVittie, A., Cole, L., Wreford, A., Sgobbi, A., & Yordi, B. (2018). Ecosystem-based solutions for disaster risk reduction: Lessons from European applications of ecosystem-based adaptation measures. *International journal of disaster risk reduction*, 32, 42-54.
- Mesinger, F. (1996). Improvements in quantitative precipitation forecasts with the Eta regional model at the National Centers for Environmental Prediction: The 48-km upgrade. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(11), 2637-2649
- Miranda, M. E. I., & Infante, R. C. H. (2011). Preservar la Identidad Cultural: Una necesidad en la actualidad. *ASRI: Arte y sociedad. Revista de investigación*, 35.
- Monterrubio-Rico, T. C., Charre-Medellín, J. F., Pacheco-Figueroa, C., Arriaga-Weiss, S., de Dios Valdez-Leal, J., Cancino-Murillo, R., ... & Rubio-Rocha, Y. (2015). Distribución potencial histórica y contemporánea de la familia Psittacidae en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(3), 1103-1117.
- Morlans, M. C. (2005). *Introducción a la Ecología del Paisaje*. Área ecológica. Catamarca: Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Liu, J., & Han, Z. (2013). The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1), 47-52.

- Muñoz Espinosa, M. T., & Castañeda Reyes, J. C. (2015). De la Sierra Gorda queretana y sus habitantes primigenios: relaciones de poder e interrelación cultural en el noreste de la Mesoamérica antigua. *Arqueología*, 1(50), 48-74.
- Navarro-Sigüenza, A. G. Vázquez-Reyes, L. D., Jiménez-Arcos, V. H., SantaCruz-Padilla, S. A., García-Aguilera, R., Aguirre-Romero, A., & Arizmendi, M. D. C. (2018). Aves del Alto Balsas de Guerrero: diversidad e identidad ecológica de una región prioritaria para la conservación. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(3), 873-897.
- Neger, C., & Guerrero, J. M. C. (2021). Problemática de la gestión de las Áreas Naturales Protegidas de México: un análisis en las Reservas de la Biosfera de Los Tuxtlas y Los Petenes. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. 41(2), pp. 463-481.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., D'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P., Kassem, K. R. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *Bioscience* 51(11), 933-938.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2021). *Atlas de la OMM sobre mortalidad y pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos, climáticos e hidrológicos extremos (1970-2019)*. Recuperado de: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10992 [06 de marzo 2022].
- Ortíz-Yusty, C., Restrepo, A., & Páez, V. P. (2014). Distribución potencial de Podocnemis lewyana (Reptilia: Podocnemididae) y su posible fluctuación bajo escenarios de cambio climático global. *Acta Biológica Colombiana*, 19(3), 471-481.
- Parmesan, C., (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37, 637-669.
- Phillips, S. (2008). A Brief Tutorial on Maxent. *AT&T Research*, 1-38. <https://doi.org/10.4016/33172.01> [13 de abril 2022].
- Phillips, S. J., & Dudík, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.
- Phillips, S. J.; Anderson, R. P. & Schapire, R. E. (2006), Maximum entropy modeling of species geographic distributions, *Ecological modelling* 190(3), 231-259.
- PNUD (2005). *Marco de Políticas de adaptación al cambio climático*. Desarrollando Estrategias, Políticas y Medidas. PNUD-PNUMA-FMAM. Nueva York, 274 pp.

- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo). (2017). Modelación de la distribución potencial actual y futura de las especies invasoras de mayor riesgo para México. Elaborado en el marco del proyecto GEF-PNUD 089333. Martínez-Meyer, E., A.P. Cuervo-Robayo, G.A. Ortiz-Haro y L.A. Osorio-Olvera. Instituto de Biología, UNAM. 39 pp.
- Ramírez-Bautista, A., & Williams, J. N. (2019). The importance of productivity and seasonality for structuring small rodent diversity across a tropical elevation gradient. *Oecologia*, 190(2), 275-286.
- Ramírez-Casas, U. (2020). Sierra Gorda al mediar el siglo XIX, 1840-1850. *Signos Históricos*, 22(44).
- Reid, W. V. (1998). Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(7), 275-280.
- Renaud, F. G., Sudmeier-Rieux, K., Estrella, M., & Nehren, U. (Eds.). (2016). *Ecosystem-based disaster risk reduction and adaptation in practice* (Vol. 42). Cham: Springer International Publishing.
- Reyes Tovar, M., Paz Frayre, M. Á., & Muñoz Jáuregui, J. A. (2019) El Territorio como Herramienta Analítica de la Migración y la Pobreza. Una Propuesta en la Sierra Gorda de Guanajuato, México. *Ra Ximhai*, 15(2).
- Reyes, M. (2013). *Vulnerabilidad de los Bosques en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda Guanajuato, bajo Escenarios de Cambio Climático*. Tesis Licenciatura en Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rodríguez Hernández, A. (2014). Trovadores de huapango arribeño: guardianes de la memoria y poetas con destino. *Revista de Literaturas Populares XIV*(1),141-184.
- Sánchez-Cordero, V., Figueroa, F., Illoldi P., & Linaje M. (2007). *La capacidad de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) para conservar la vegetación natural y evitar la transformación hacia superficies antrópicas, dentro del contexto del análisis GAP*. Estudio realizado para la CONABIO. Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/2ep/images/f/f9/Recuadro1_Efectividad_7jun07.pdf [10 de noviembre 2016].
- Santillán, N. S., & Garduno, R. (2008). Algunas consideraciones acerca de los sistemas de clasificación climática. *ContactoS*, 68, 5-10.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT-CONANP) (2005) *Estudio previo justificativo para el establecimiento del área natural protegida Sierra Gorda Guanajuato*. México.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales – Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (SEMARNAT-INECC). (1998). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra Gorda (Querétaro)*. México.
- SEMARNAT. (2020). *Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020 – 2024 (PNANP)*. Recuperado de: https://www.conanp.gob.mx/datos_abiertos/DES/PNANP2020-2024.pdf [09 de octubre 2022].
- SEMARNAT-INECC (2016). *Desarrollo de una metodología para modelar distribución potencial de nicho ecológico de especies selectas bajo diferentes escenarios de cambio climático*. Elaborado por Conservación Biológica y Desarrollo Social, A. C.
- SEMARNAT-CONANP. (2010). *Estrategia de Cambio Climático para Áreas Naturales Protegidas*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- SEMARNAT-CONANP-CONABIO. (2020). *Incluido dentro de los avances hacia el cumplimiento de la Meta 11 de Aichi en México*. SEMARNAT-CONANP-CONABIO a noviembre de 2020. Recuperado de: <https://simec.conanp.gob.mx/aichi/Meta%2011%20Reporte%20Mexico%20Noviembre%202020.pdf> [14 de octubre 2022].
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2008). *Guía práctica para el diseño y consolidación de Corredores Biológicos en Costa Rica*. San José.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor M., & H. L. Miller (2007). *Summary for policymakers*. IPCC 2007, Cambridge University Press.
- Squires, J., Decesare, N., Olson, L., Kolbe, J., Hebblewhite, M., & Parks, S. (2012). Combining resource selection and movement behavior to predict corridors for Canada lynx at their Southern range periphery. *Biological Conservation*. 157: 187-195.
- Strauss, A. M., Corbin, J. y Zimmerman, E. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Suárez-Mota, M.E. Téllez-Valdés. O. (2014). Red de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad del Eje Volcánico Transmexicano analizando su riqueza florística y variabilidad climática. *Polibotánica*. 38:43p.
- Terradas, J. (2003). Paisaje y Ecología del Paisaje Historia y los conceptos en torno a la idea de paisaje en *El territorio como sistema. Conceptos y herramientas de ordenación* de Ramon Folch. Barcelona. p 262.

- Télez-Valdés, O., Nepi, C., Hollowell, V., Gonzalez, S., Poncy, O., & Guglielmo, L. (2019). Lectotipificación y actualización nomenclatural en Dioscorea (Dioscoreaceae). *Revista mexicana de biodiversidad*, 90(28), 1361–1388.
- Thomas, J. J. & Cook, K. A. (2006). A visual analytics agenda. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 26(1), 10-13.
- Tompkins, E. L., & Adger, W. N. (2004). Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change?. *Ecology and society*, 9(2).
- Toranza, C., Brazeiro, A., & Maneyro, R. (2016). Anfibios amenazados de Uruguay: efectividad de las áreas protegidas ante el cambio climático. *Ecología austral*, 26(2), 138-149.
- Troll, C. (1939). *Luftbildplan und ökologische Bodenforschung - Fotografía aérea y estudios ecológicos de la Tierra*. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde Berlin
- UICN. (2017). *¿Qué son las Soluciones Basadas en la Naturaleza?* Recuperado de: <https://www.iucn.org/es/news/am%C3%A9rica-del-sur/201707/%C2%BFqu%C3%A9-son-las-soluciones-basadas-en-la-naturaleza> [17 de septiembre 2017].
- UNEP-FAO. (2020). *Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas 2021-2030*. Recuperado de: <https://www.decadeonrestoration.org/> [04 de noviembre 2022].
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (2010). *La Serie de Soluciones Naturales*. UICN/CMAP. Australia.
- Urbina-Cardona, J.N., & O. Flores-Villela, (2010). Ecological-niche modeling and prioritization of conservation-area networks for mexican herpetofauna. *Conservation Biology*. 24, 915p.
- Vila-Subirós, J., Varga-Linde, D., Llausás-Pascual, A., Ribas-Palom, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anal. Geogr.*48, 151-166.
- Villaseñor, J.L., Ibarra, G., & D. Ocaña. (1998). Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology*. 12,1066 p.
- Wiens, J. A. (2009). Landscape ecology as a foundation for sustainable conservation. *Landscape Ecology*, 24(8), 1053-1065.
- Wiens, J. A., Chr, N., Van Horne, B., & Ims, R. A. (1993). Ecological mechanisms and landscape ecology. *Oikos*, 369-380.
- Williams, S. E., Falconi, L., Lowe, A., Bowman, D., Garnett, S., Kitching, R., Moritz, C., Christmas, M., Boulter, S. & Isaac, J. (2017). *National Climate Change Adaptation Research Plan Terrestrial biodiversity: Update 2017*. National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, 75 pp.

ANEXO 1

CUESTIONARIO SEMIESTRUCTURADO PARA EL ÁREA NATURAL PROTEGIDA PARQUE NACIONAL GOGORRÓN, PARQUE NACIONAL EL POTOSÍ Y ÁREA DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA SIERRA DE ÁLVAREZ

Objetivo del cuestionario: El objetivo de esta entrevista es conocer el primer diagnóstico sobre la viabilidad, aptitud, sectores prioritarios, reconocimiento de actores claves para el Parque Nacional Gogorrón, Parque Nacional El Potosí y Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álvarez de acuerdo con los indicadores de vulnerabilidad al cambio climático (Herramienta para el diagnóstico rápido de vulnerabilidad al cambio climático en ANP).

Viabilidad

1.- ¿Qué tan difícil es llevar a cabo la gestión dentro del ANP, con el reciente recorte al presupuesto a nivel federal?	
2.- ¿Cuántas personas laboran dentro del ANP?	
3. - ¿Existe algún programa, proyecto en el que se tenga la oportunidad de colaborar con Sierra Gorda (Guanajuato o Querétaro)?	
4.- ¿Considera tiene algunas similitudes o diferencias (ambientales/sociales/culturales) entre las ANP más próximas?	
5.- ¿Cuál es su capacidad de operabilidad para el área? Esta se entiende como los kilómetros lineales con los que se trabaja fuera del ANP¹	

¹ En otras ANP del país como por ejemplo Tehuacán-Cuicatlán se consideran 60 Km lineales. No confundir con área de influencia.

Cambio climático

<p>1.- El reciente programa de manejo ¿Ya cuenta con su componente de cambio climático?</p>
<p>2.- ¿Cuáles de las acciones que llevan a cabo en el ANP funcionan como estrategias de mitigación o adaptación al cambio climático?</p>
<p>4.- ¿Cuáles son las principales amenazas hidrometeorológicas extremas en la zona? ¿En dado caso se cuenta con algún programa de contingencia?</p>
<p>5.- ¿De qué forma la UNAM puede apoyarlos en el ANP en temas de clima o cambio climático?</p>

¡Gracias por sus amables respuestas!

ANEXO 2

Codificación abierta de las entrevistas para la RBSG, la RBSGGto, el PNEG, el PNEP y el APFFSA

Categoría	Subcategoría	Respuestas				
		RBSG	RBSGGto	PNEG	PNEP	APFFSA
Viabilidad	Ecológica	Se ha observado que la biodiversidad no solo está dentro de la Reserva, llega Guanajuato y esas relaciones no solo son ecológicas también son sociales.	Se ha identificado a la guacamaya verde como especie que comparten con la RBSG y unas de las actividades que se ha realizado es la identificación del nicho de la guacamaya a partir del Sótano de Barro.	Por la importancia hidrológica, se comparte regiones hidrológicas.	Por la importancia hidrológica.	Interés en el monitoreo biológico de flora y fauna para cada ANP.
	Proximidad	Geográficamente contigua con la RBSGGto y comparten zonas biogeográficamente similares. No somos una isla.	Por la importancia hidrológica debido a los servicios de la cuenca y microcuencas.	Existe mayor relación con el PNEP y el APFFSA con las RBSG y la RBSGGto hace falta compartir experiencias en proyectos.	Mayor relación con PNG y APFFSA.	Mayor relación con PNG y PNEP.
	Problemáticas		Incendios forestales, que en 2013 y 2011 fueron provocados por la quema de pastos.		Se presenta la plaga del gusano descortezador (<i>Dendroctunes sp</i>).	Problemáticas similares que enfrentan las ANP de estudio entre ellos la plaga del gusano descortezador (<i>Dendroctunes sp</i>).
	Cultural		Sobre la cultural, muchas comunidades se sienten queretanos pero son de Guanajuato y sus víveres los consiguen en Rioverde (San Luis Potosí).	Existen asentamientos humanos considerables como Villa de Reyes que conectan la región.		Hay un sentido de pertenencia a la serranía.
Monitoreo	Variabilidad	Comité para atender las contingencias en específico de los	Se cuenta con la Estación Meteorológica Automática	La EMA del Gogorrón, instalada por la CONANP.	Se cuenta con una brigada de contingencia ambiental y	Se cuenta con una brigada de contingencia ambiental y

		incendios, con brigadas comunitarias con la CONAFOR.	(EMA) de El Carrillo, instalada por la CONANP, cuya información ayuda para la temporada de incendios.		monitoreo ecológico.	monitoreo ecológico.
	Cambio climático	Se han identificado tendencias y cambios en la precipitación pero son de periodos cortos (líneas base obtenidas de las estaciones meteorológicas).	De interés los incendios forestales.	El uso de la información climática de las EMAS, identificar los eventos extremos, hacer una línea base con los datos de los tres años.	Acciones de conservación, restauración y protección de los recursos naturales.	Acciones de conservación, restauración y protección de los recursos naturales.
	Fenómenos	Las sequías se empiezan a atender con la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia a las comunidades más vulnerables.	Necesitamos estrategias de contingencias ya que la gente cuando ocurre nos pide aprovechar las partes afectadas, las plagas vienen después, se presentan también inundaciones.	Inundación parecen ser menores debido a que los asentamientos se encuentran en zonas planas con buen drenaje. No se cuenta con un programa de contingencias.	Vientos fuertes, en algunos casos heladas, lluvias torrenciales.	Incendios forestales.
Soluciones basadas en la naturaleza y adaptación basada en ecosistemas	Naturales	Conservación y proyectos ecoturísticos. Pertenecen al CESMO.	Campañas de reforestación y restauración.	Conservación de suelos.	Conservación y uso sustentable de los ecosistemas.	Conservación y uso sustentable de los ecosistemas.
	Capacitación	Educación ambiental en secundarias y preparatorias.	Ferias regionales.	Trabajo con comunidades ya que es principalmente ejidal.	Acciones orientadas a sensibilizar a las poblaciones humanas que se encuentran dentro fuera de las ANP.	Acciones orientadas a sensibilizar a las poblaciones humanas que se encuentran dentro fuera de las ANP.
	Capacidades	Instalación de sistemas de captación de agua.	Captación de colecta de agua de lluvia.			

Matriz de agrupación

Categorías	Temas agrupados	Subcategorías
Viabilidad	Viabilidad socioecosistémica entre las ANP	Ecológica y cultural
Monitoreo	La identificación de los cambios observados en el clima a corto y largo plazo	Variabilidad y cambio climático

Soluciones basadas en la naturaleza y adaptación basada en ecosistemas	Capacitación y capacidades formadas dentro y fuera de las ANP	Capacitación y capacidades
---	---	----------------------------

Codificación axial de las entrevistas para la RBSG, la RBSGGto, el PNEG, el PNEP y el APFFSA

Categoría	Subcategoría	Texto codificado
Viabilidad	Socio ecosistémica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se ha observado que la biodiversidad no solo está dentro de la ANP y esas relaciones no solo son ecológicas también son sociales. 2. Se ha identificado a la guacamaya verde y su nicho a partir del Sótano de Barro. 3. Por la importancia hidrológica, se comparten cuencas. 4. Interés en el monitoreo biológico de flora y fauna para cada ANP. 5. Existen asentamientos humanos considerables que conectan la región. 6. Hay un sentido de pertenencia a la serranía.
	Proximidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Geográficamente contiguas y comparten zonas biogeográficamente similares. 2. Debido a los servicios de la cuenca y microcuencas. 3. Hace falta compartir experiencias en proyectos. 4. Mayor relación con entre ANP Potosinas.
	Problemáticas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incendios forestales provocados por la quema de pastos. 2. La plaga del gusano descortezador (<i>Dendroctonus sp</i>).
Monitoreo	Variabilidad y cambio climático	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comité para atender las contingencias en específico de los incendios. 2. Se cuenta con la Estación Meteorológica Automática (EMA), instalada por la CONANP. 3. Se cuenta con una brigada de contingencia ambiental y monitoreo ecológico. 4. Se han identificado tendencias y cambios en la precipitación pero son de periodos cortos (líneas base obtenidas de las estaciones meteorológicas).
	Fenómenos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las sequías se empiezan a atender con la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia a las comunidades más vulnerables. 2. Las plagas y nevadas. 3. Inundación parecen ser menores debido a que los asentamientos se encuentran en zonas planas con buen drenaje. 4. Vientos fuertes, en algunos casos heladas, lluvias torrenciales. 5. Incendios forestales.
Soluciones basadas en la naturaleza y adaptación basada en ecosistemas	Naturales	<ol style="list-style-type: none"> 1. Campañas de reforestación y restauración. 2. Conservación de suelos. 3. Conservación y uso sustentable de los ecosistemas.
	Fortalecimiento de capacidades comunitarias	<ol style="list-style-type: none"> 1. Educación ambiental en secundarias y preparatorias 2. Ferias regionales 3. Trabajo con comunidades ya que es principalmente ejidal. 4. Acciones orientadas a sensibilizar a las poblaciones humanas que se encuentran dentro fuera de las ANP. 5. Sistemas de captación de agua.

Matriz de codificación selectiva para la RBSG, la RBSGGto, el PNEG, el PNEP y el APFFSA

Texto codificado	Subcategorías	Categoría emergente
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se ha observado que la biodiversidad no solo está dentro de la ANP y esas relaciones no solo son ecológicas también son sociales. 2. Se ha identificado a la guacamaya verde y la identificación de su nicho a partir del Sótano de Barro. 3. Por la importancia hidrológica, se comparten cuencas. 4. Interés en el monitoreo biológico de flora y fauna para cada ANP. 5. Existen asentamientos humanos considerables que conectan la región. 6. Hay un sentido de pertenencia a la serranía. 	<p align="center">Viabilidad ecológica y cultural</p> <p align="center">Temas agrupados: Ecológica y cultural</p>	<p>Para la zona de estudio se presenta una viabilidad del corredor biológico que considera aspectos socioambientales. Es de considerar relevante el monitoreo principalmente de fauna y se reconoce un sentido de pertenencia a la zona serrana.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Geográficamente contiguas y comparten zonas biogeográficamente similares. 2. Debido a los servicios de la cuenca y microcuencas. 3. Hace falta compartir experiencias en proyectos. 4. Mayor relación con entre ANP Potosinas. 	<p align="center">Viabilidad por proximidad</p>	<p>Las RBSG, RBSGGto, PNEG, PNEP, APFFSA pertenecen a la misma zona biogeográfica y brindan servicios ecosistémicos a las comunidades que pueden potencializarse.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Incendios forestales provocados por la quema de pastos. 2. La plaga del gusano descortezador (<i>Dendroctunes sp</i>). 	<p align="center">Viabilidad por problemáticas</p>	<p>En la región se identifican problemáticas similares que podrían atenderse de manera integral como el combate a los incendios forestales y la plaga por el gusano descortezador.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Comité para atender las contingencias en específico de los incendios. 2. Se cuenta con la Estación Meteorológica Automática (EMA), instalada por la CONANP. 3. Se cuenta con una brigada de contingencia ambiental y monitoreo ecológico. 4. Se han identificado tendencias y cambios en la precipitación pero son de periodos cortos (líneas base obtenidas de las estaciones meteorológicas). 	<p align="center">Monitoreo de la variabilidad y cambio climático</p> <p align="center">Temas agrupados: Variabilidad y cambio climático</p>	<p>En la zona de estudio se lleva a cabo un monitoreo climático para identificar principalmente los periodos relacionados con los incendios forestales.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Las sequías se empiezan a atender con la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia a las comunidades más vulnerables. 2. Las plagas y nevadas. 3. Inundación parecen ser menores debido a que los asentamientos se encuentran en zonas planas con buen drenaje. 4. Vientos fuertes, en algunos casos heladas, lluvias torrenciales. 5. Incendios forestales. 	<p align="center">Monitoreo de fenómenos</p>	<p>En cada una de las ANP se reconocen diversos fenómenos que afectan la región como las sequias, plagas, inundaciones e incendios. Sin embargo se debe considerar que solo la atención de los incendios forestales cuenta con un plan de contingencias.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Campañas de reforestación y restauración. 2. Conservación de suelos. 3. Conservación y uso sustentable de los ecosistemas. 	<p align="center">Soluciones basadas en la naturaleza y adaptación basada en ecosistemas - Soluciones naturales</p>	<p>Entre las acciones que se llevan a cabo en las ANP destacan la conservación, la restauración y la reforestación de los ecosistemas.</p>

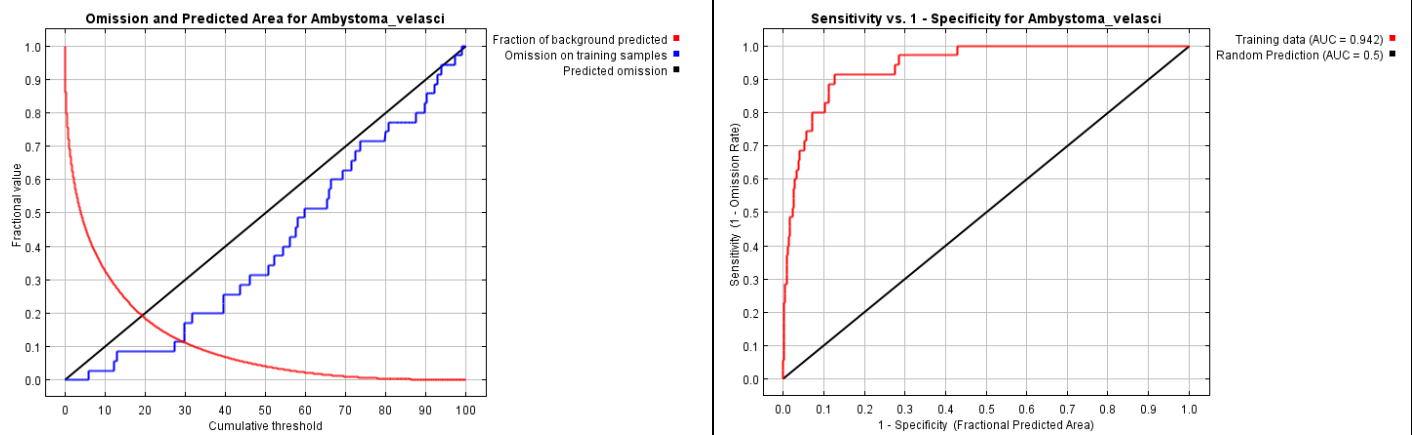
<ol style="list-style-type: none"> 1. Educación ambiental en secundarias y preparatorias 2. Ferias regionales 3. Trabajo con comunidades ya que es principalmente ejidal. 4. Acciones orientadas a sensibilizar a las poblaciones humanas que se encuentran dentro fuera de las ANP. 5. Sistemas de captación de agua. 	<p>Soluciones basadas en la naturaleza y adaptación basada en ecosistemas - Fortalecimiento de capacidades comunitarias</p> <p>Temas agrupados: Capacitación y capacidades comunitarias</p>	<p>Las acciones que se llevan a cabo en las ANP desde un enfoque mayormente social son las campañas de educación ambiental e instalación de sistemas de captación de agua de lluvia, a las zonas con mayor vulnerabilidad ante sequias.</p>
---	--	---

ANEXO 3

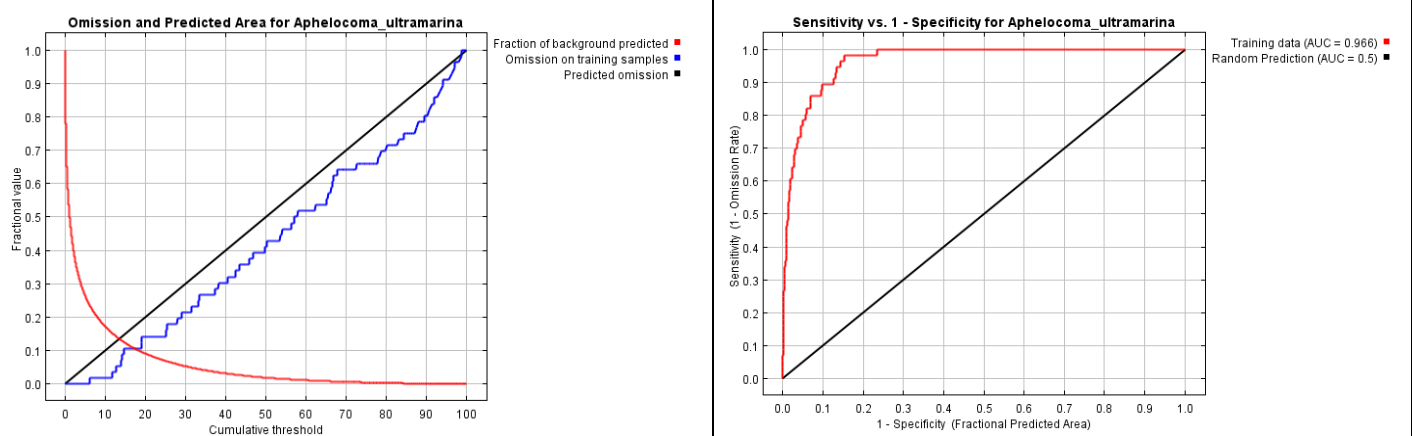
Gráficas de las curvas de omisión de datos de prueba y curvas
 Característica Operativa Relativa (ROC)

Escenario de cambio climático RCP 4.5

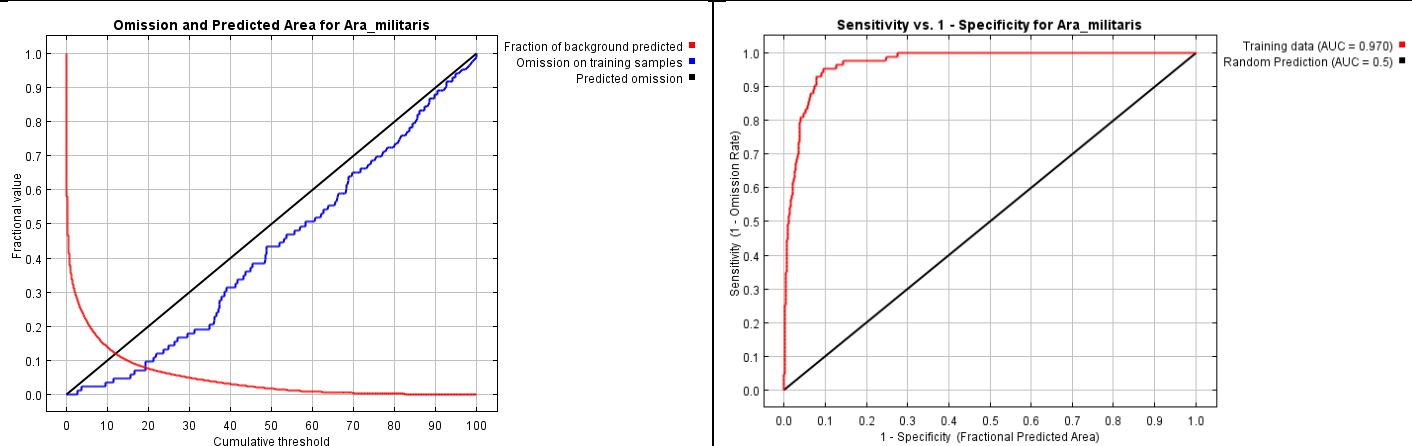
Ambystoma velasci



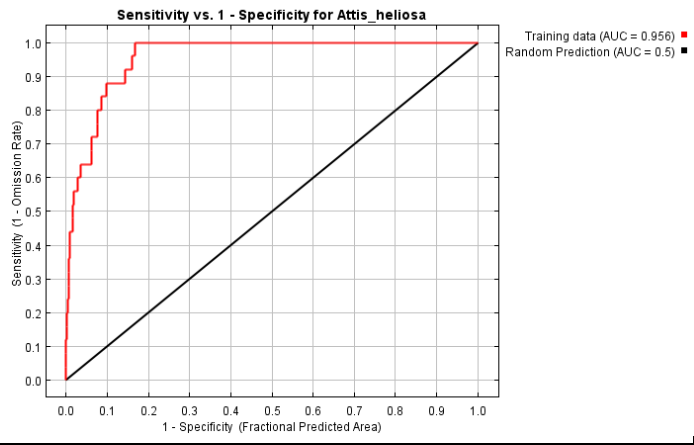
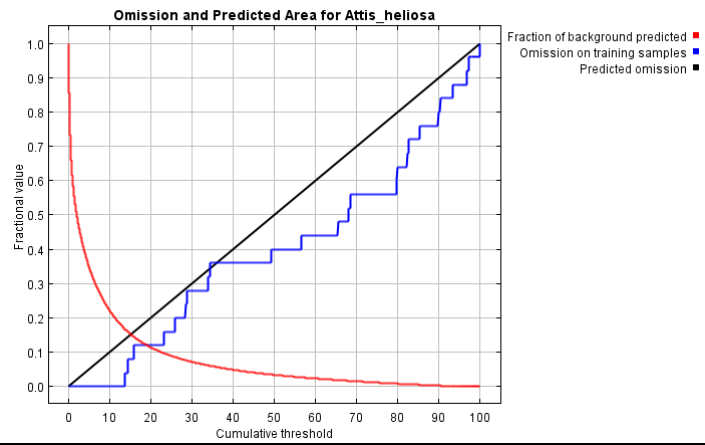
Aphelocoma ultramarina



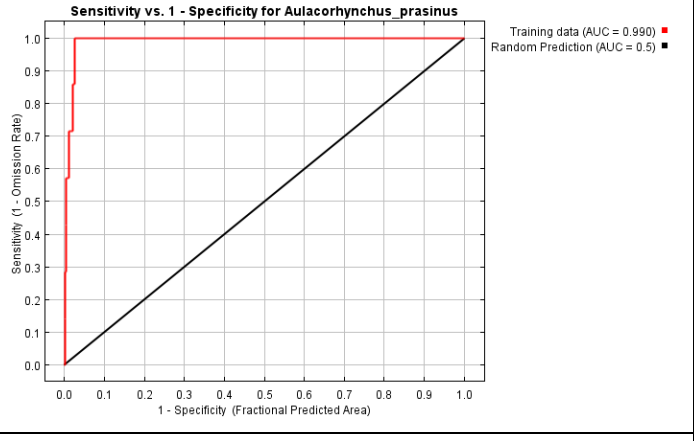
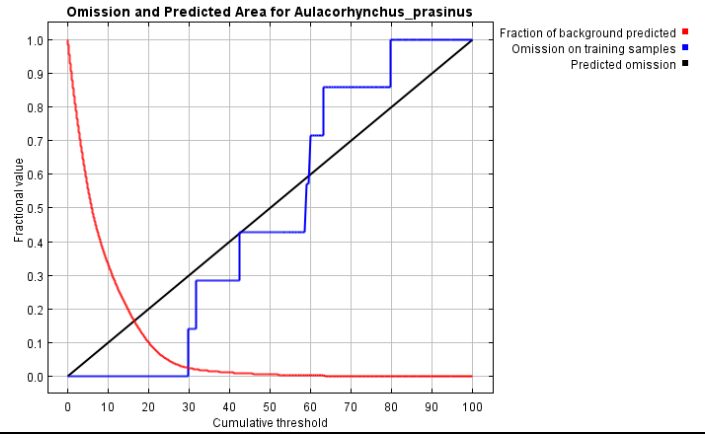
Ara militaris



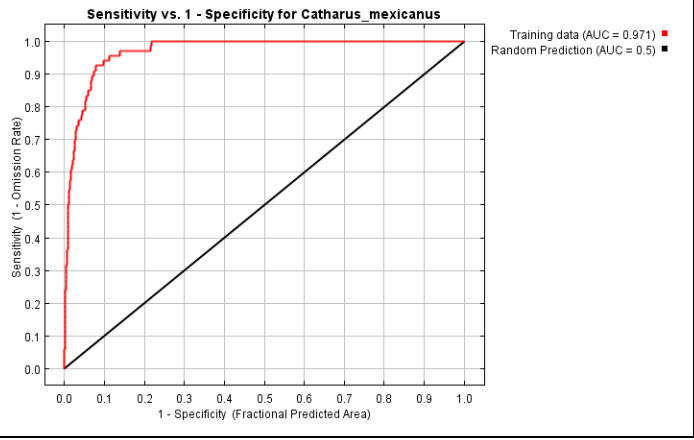
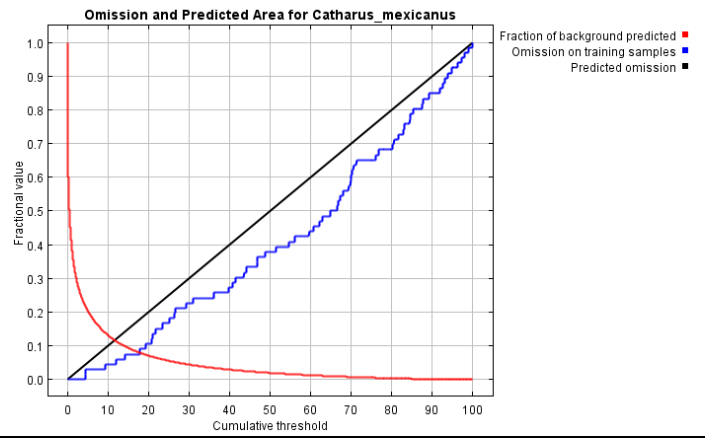
Attis heliosa



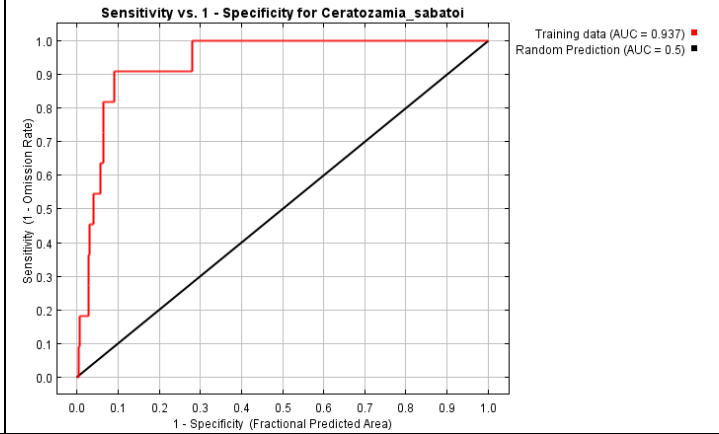
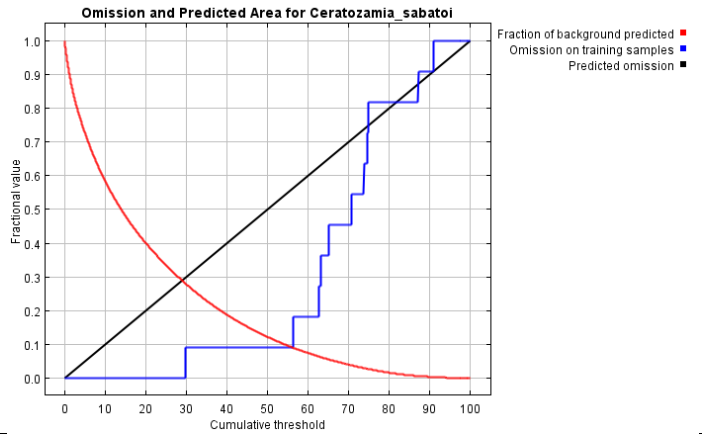
Aulacorhynchus prasinus



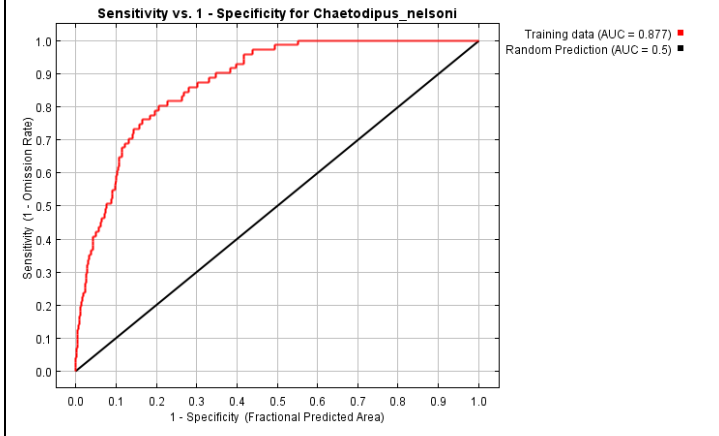
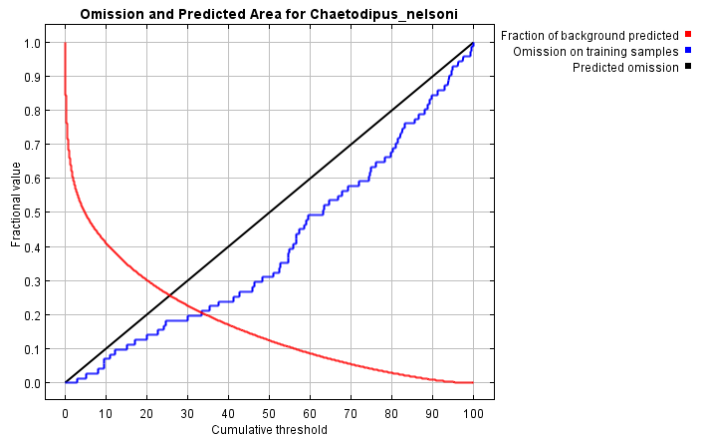
Catharus mexicanus



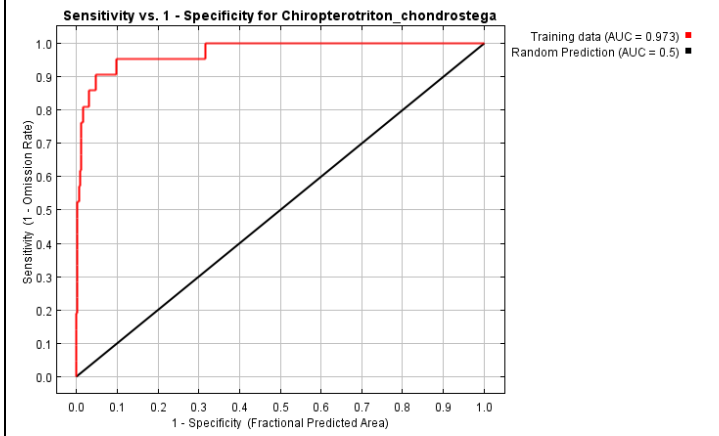
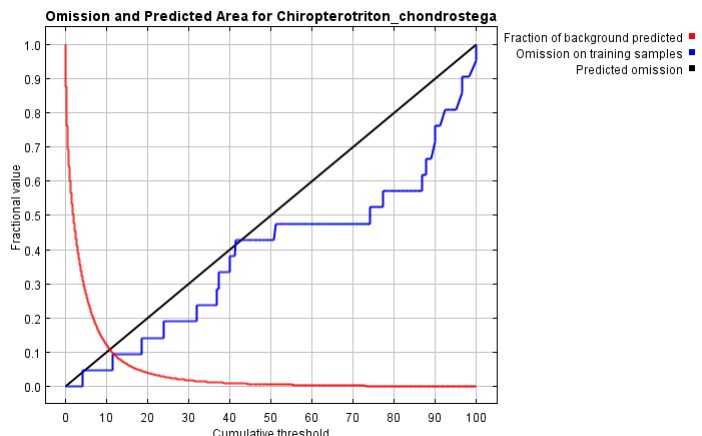
Ceratozamia sabatoi



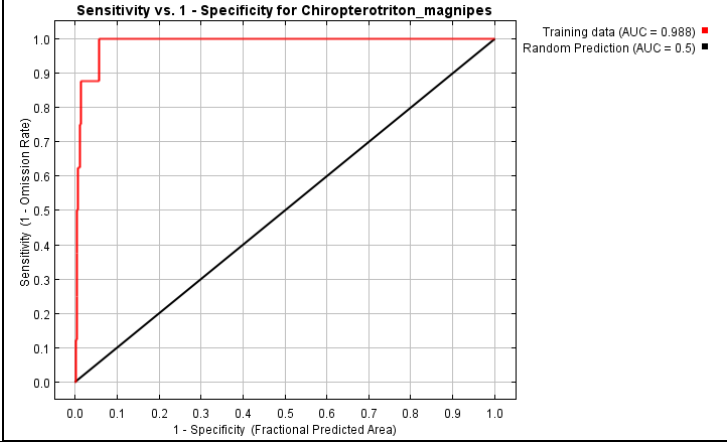
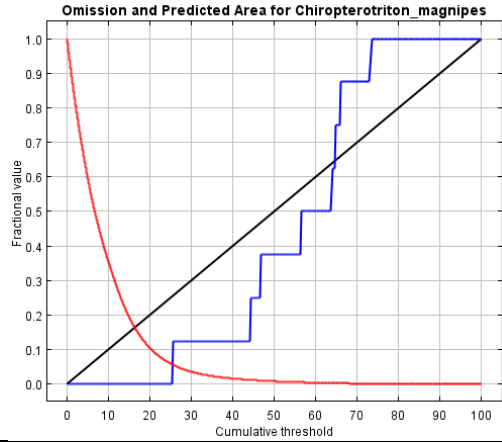
Chaetodipus nelsoni



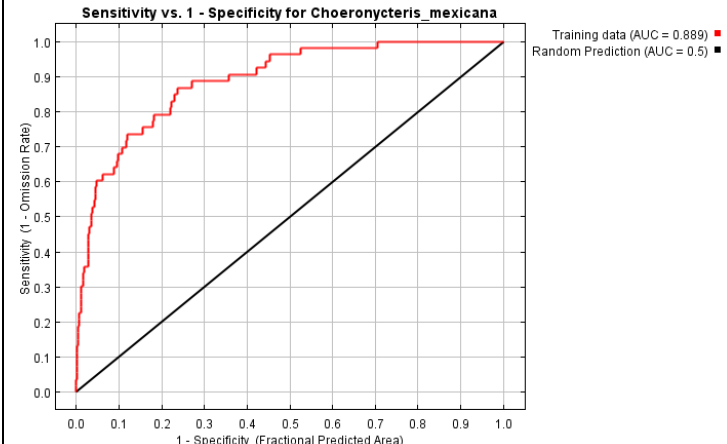
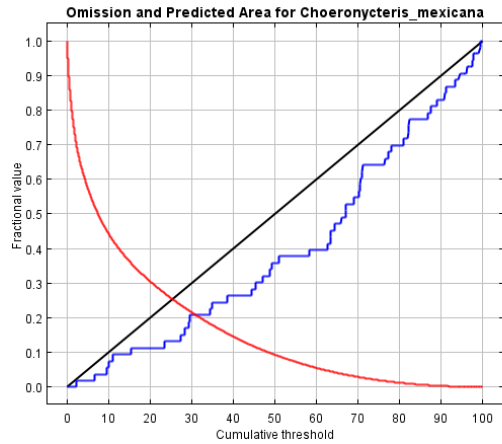
Chiropterotriton chondrostega



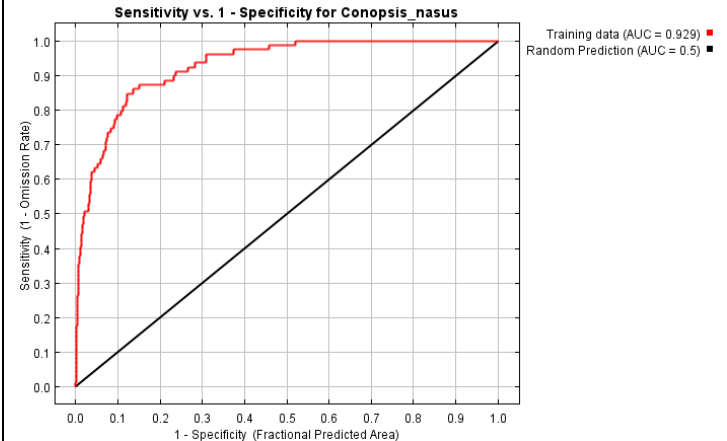
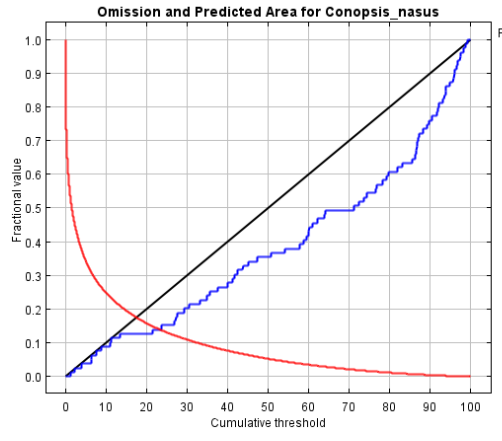
Chiropterotriton magnipes



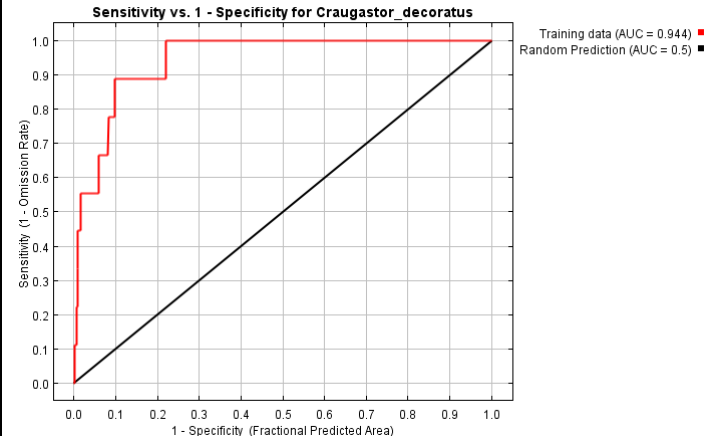
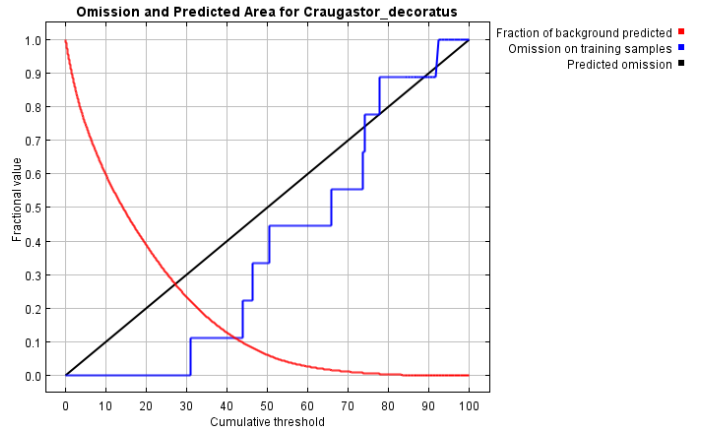
Choeronycteris mexicana



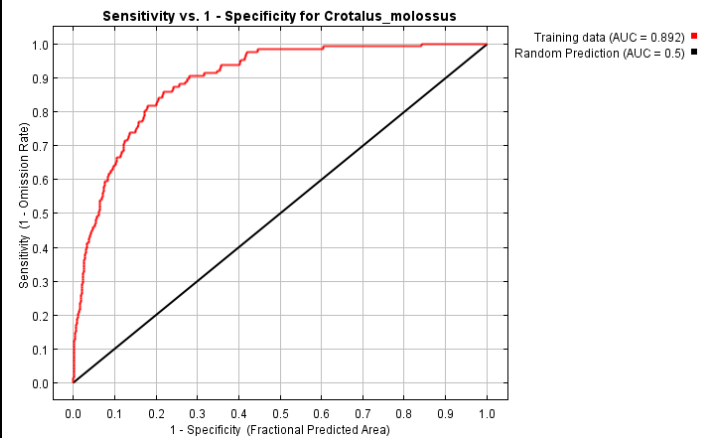
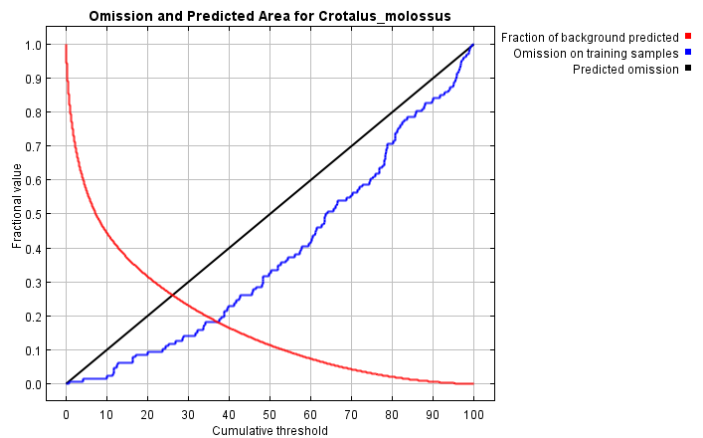
Conopsis nasus



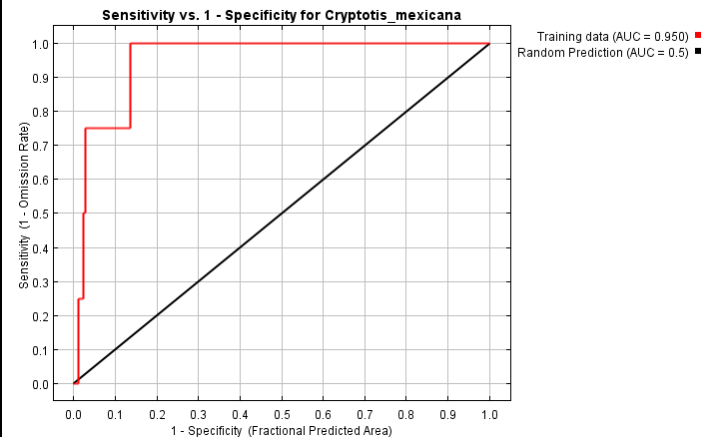
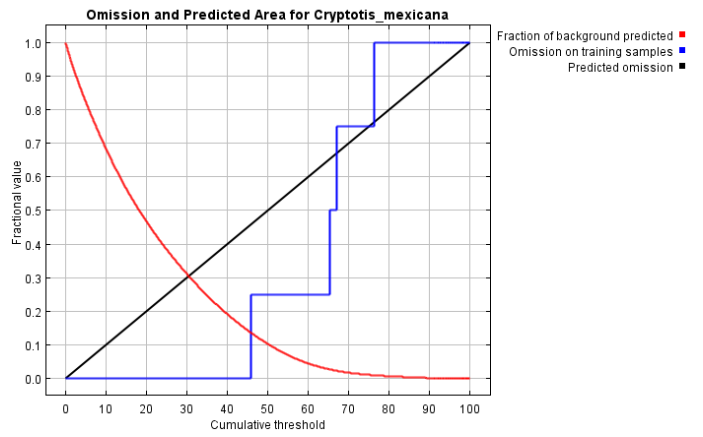
Craugastor decoratus



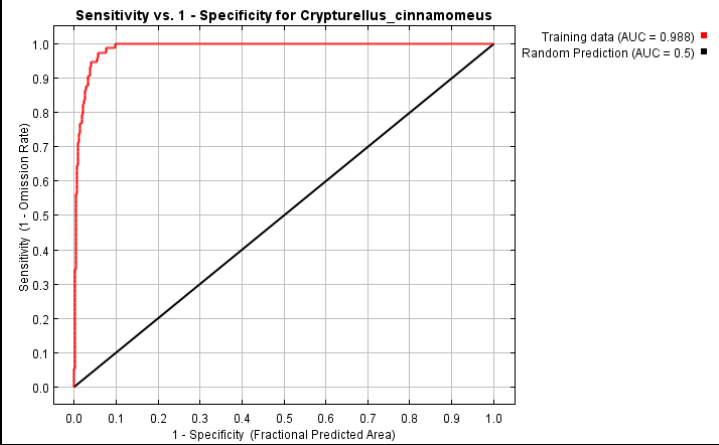
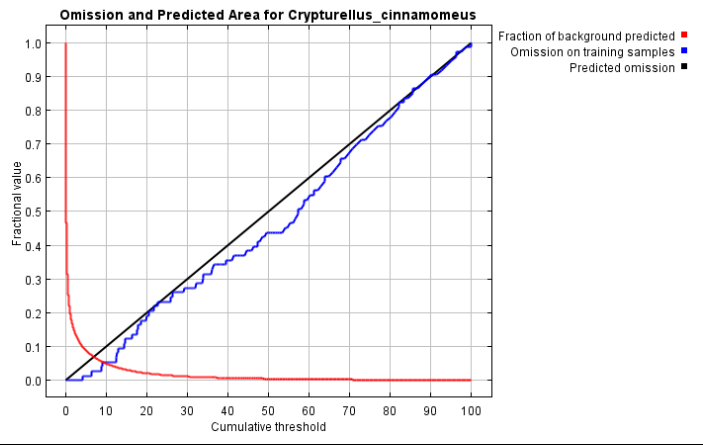
Crotalus molossus



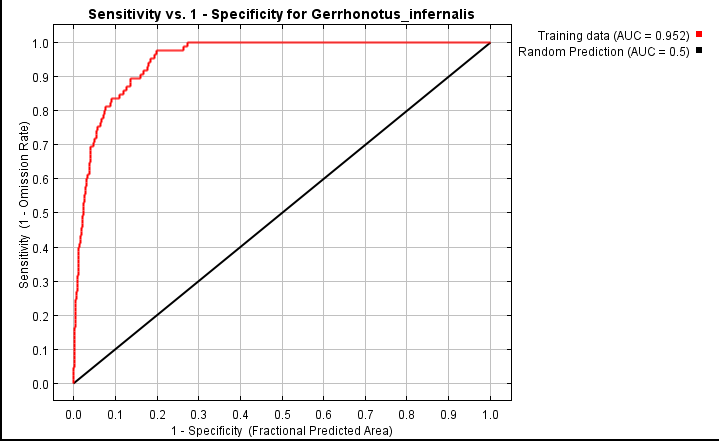
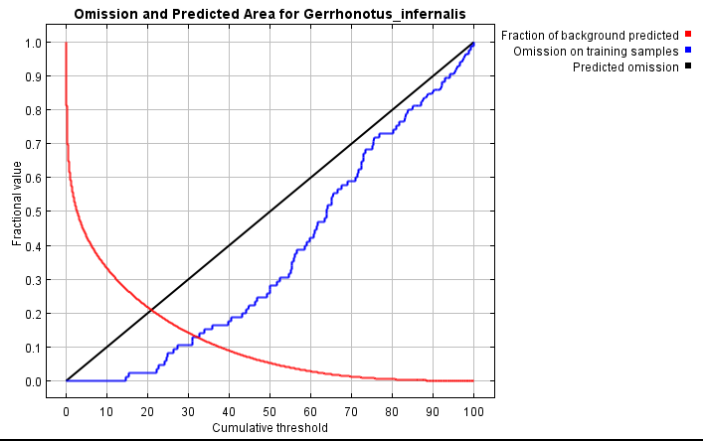
Cryptotis mexicana



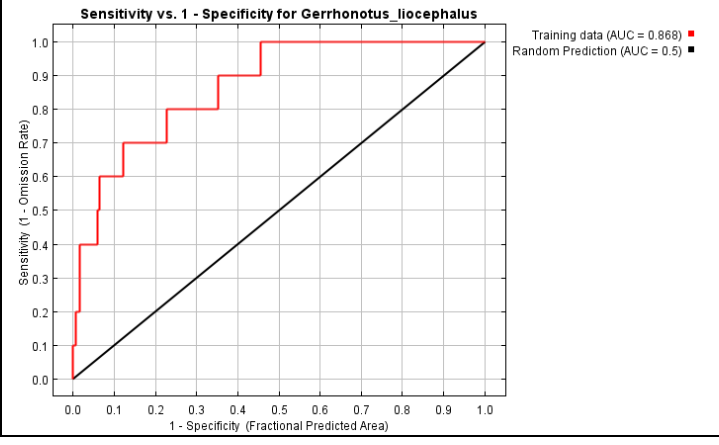
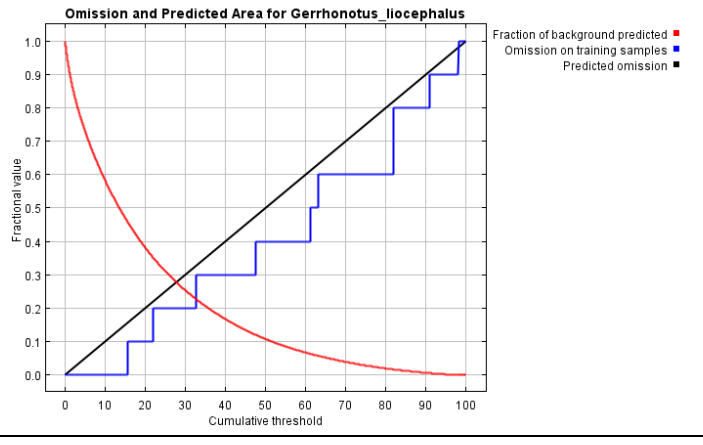
Crypturellus cinnamomeus



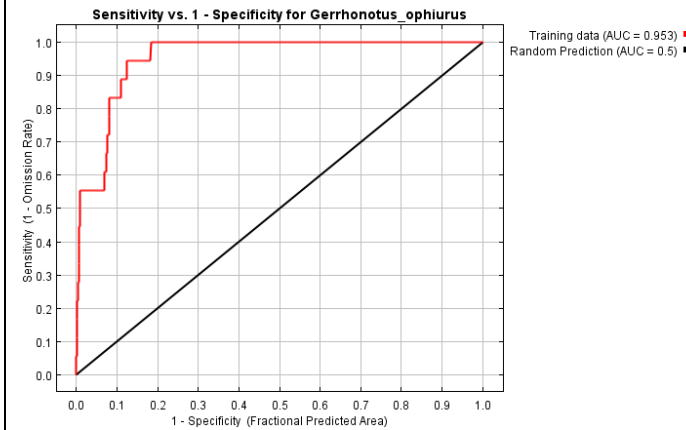
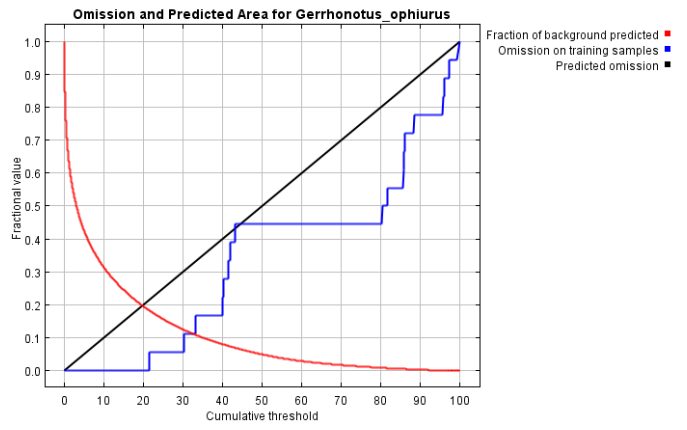
Gerrhonotus infernalis



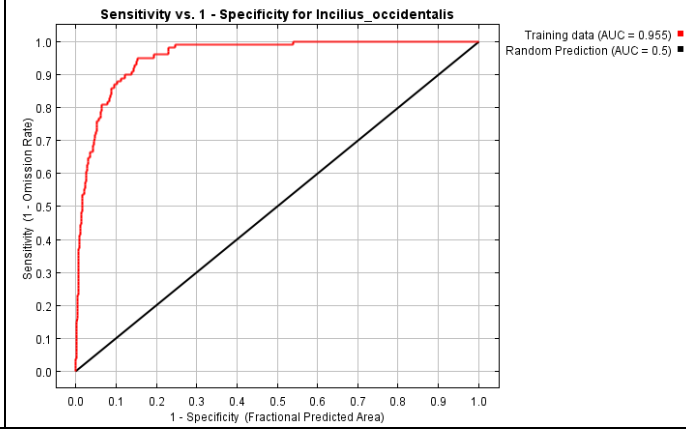
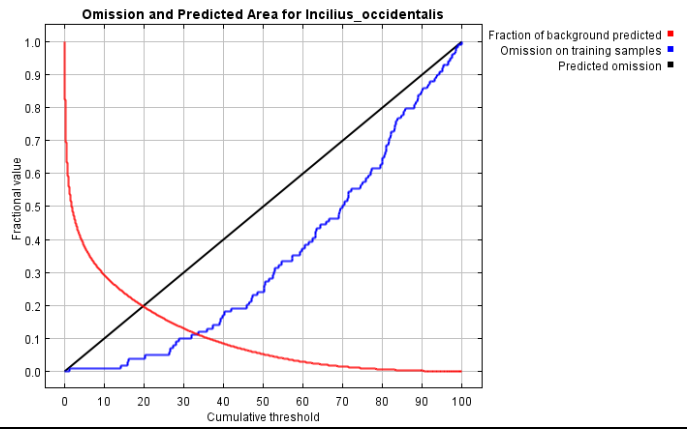
Gerrhonotus liocephalus



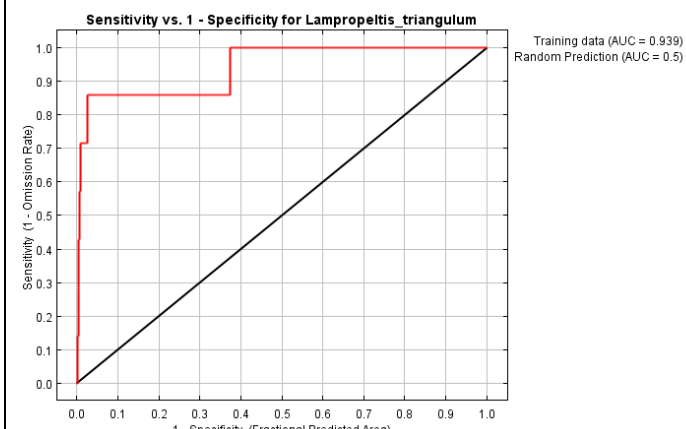
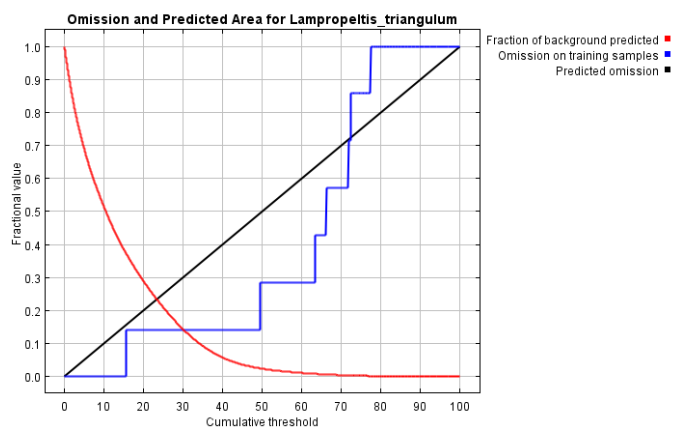
Gerrhonotus ophiurus



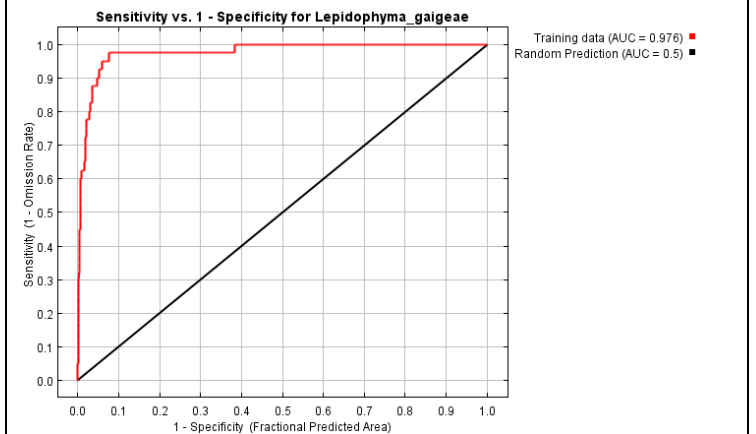
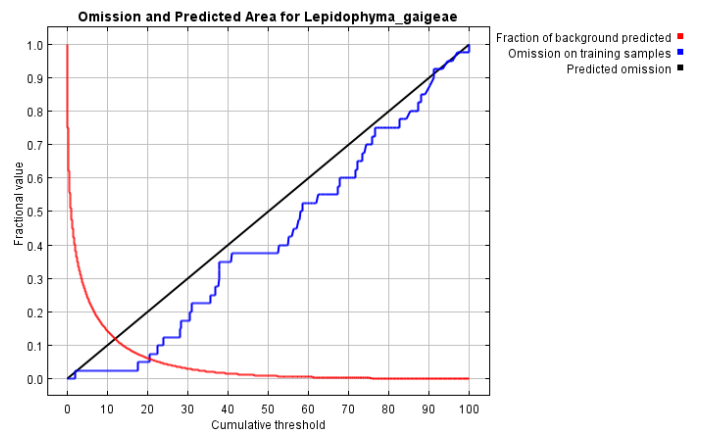
Incilius occidentalis



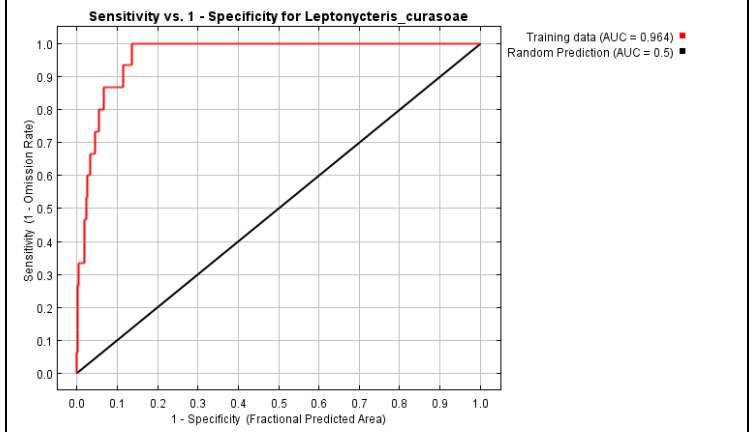
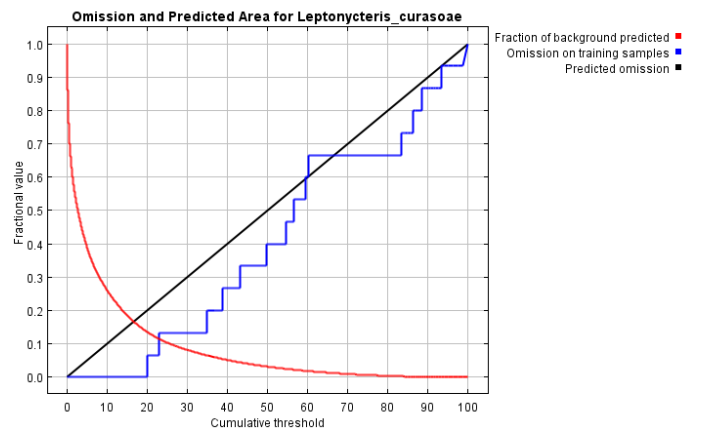
Lampropeltis triangulum



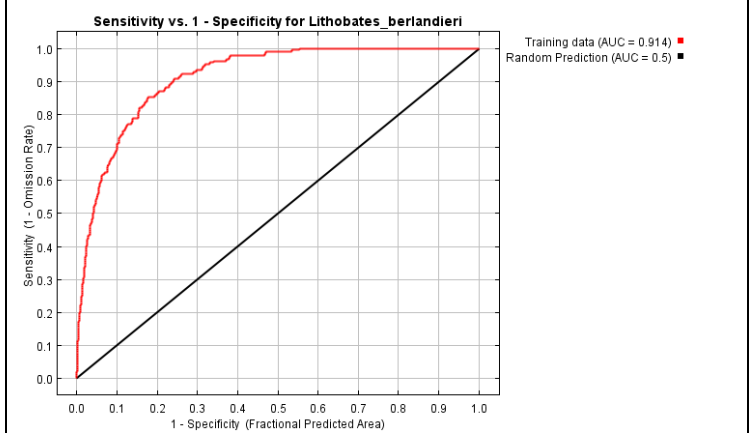
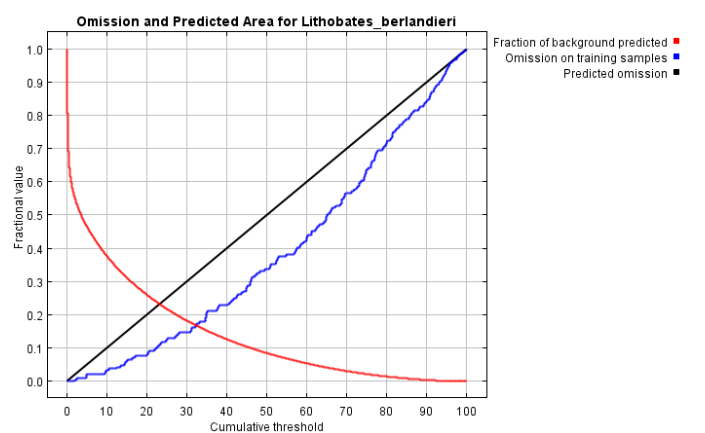
Lepidophyma gaigeae



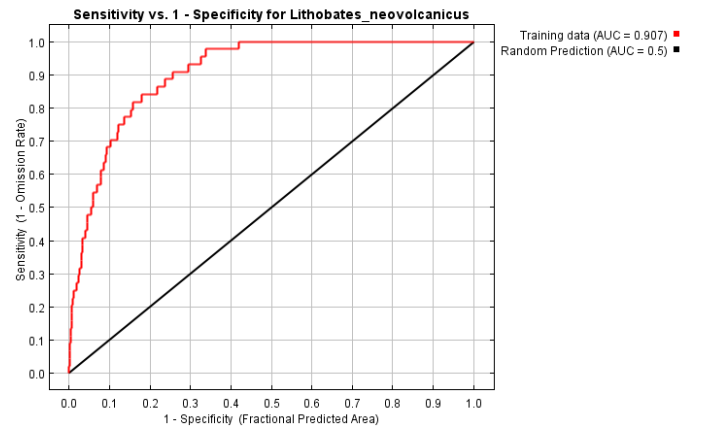
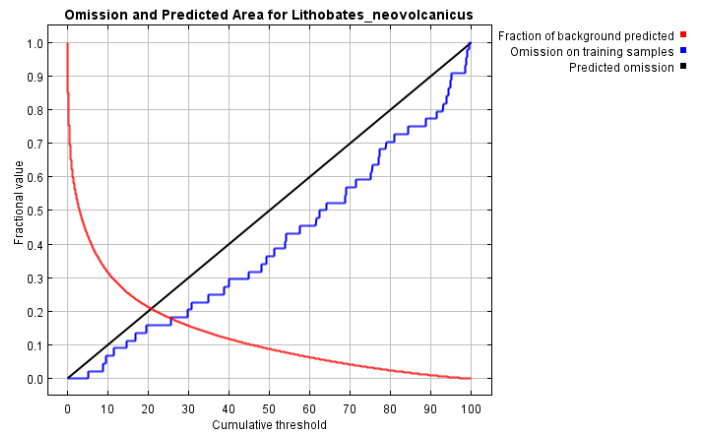
Leptonycteris curasoae



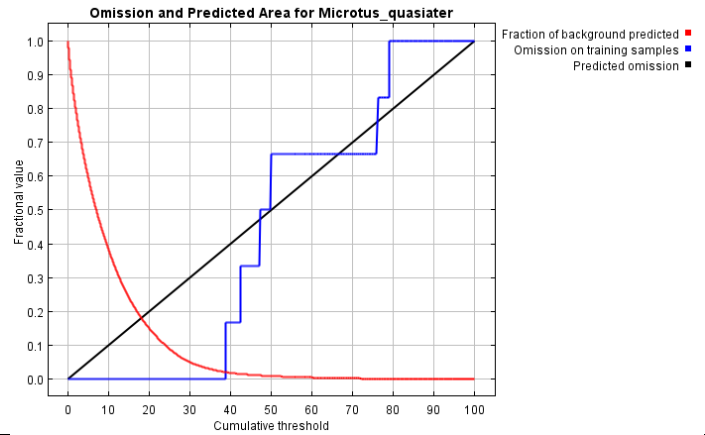
Lithobates berlandieri



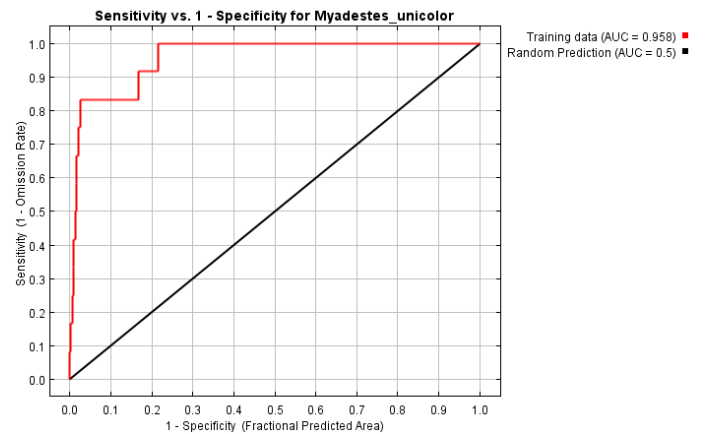
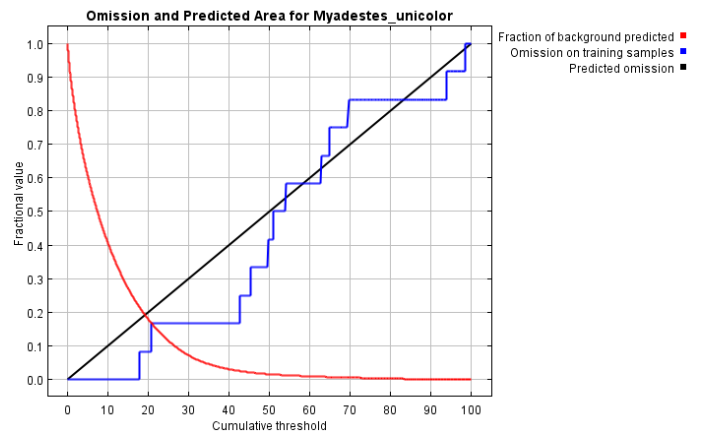
Lithobates neovolcanicus



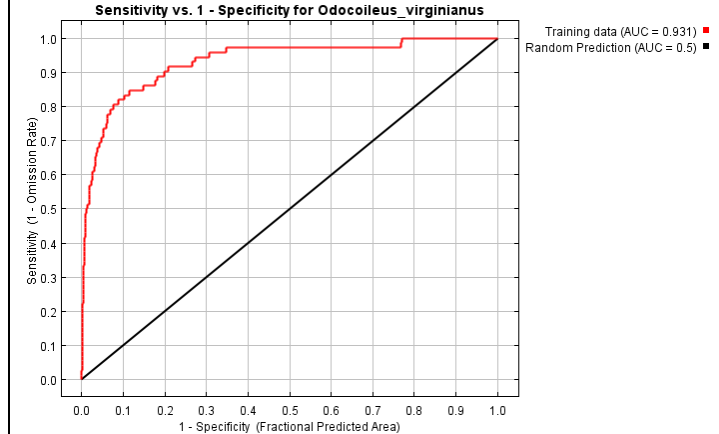
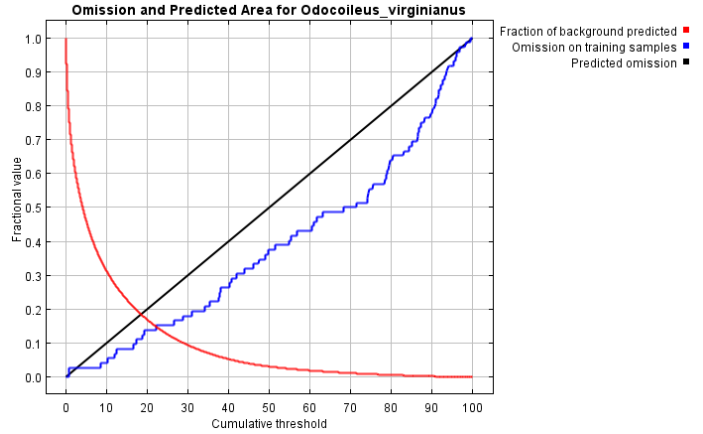
Microtus quasiater



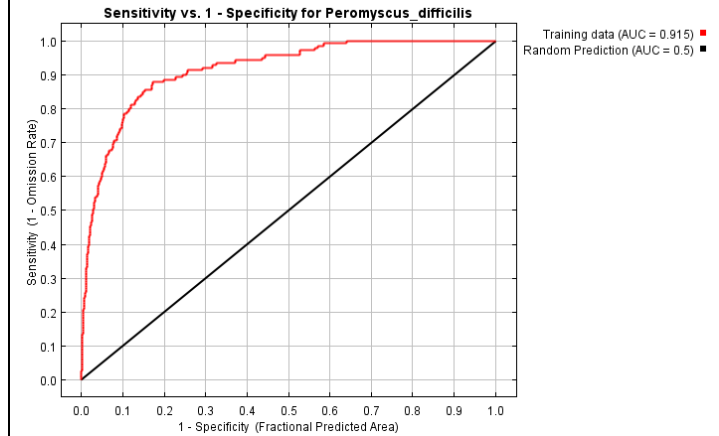
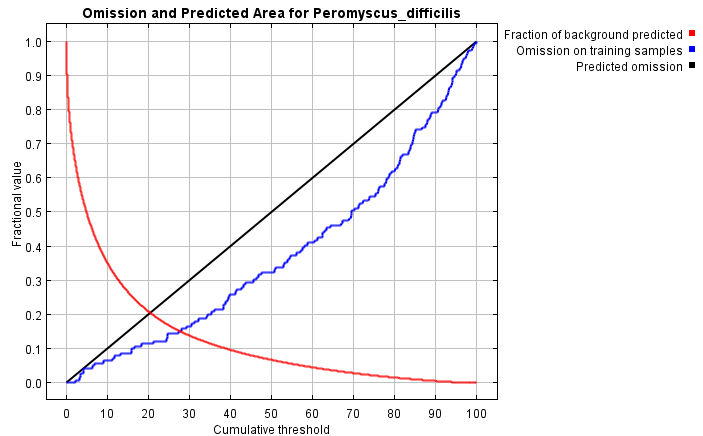
Myadestes unicolor



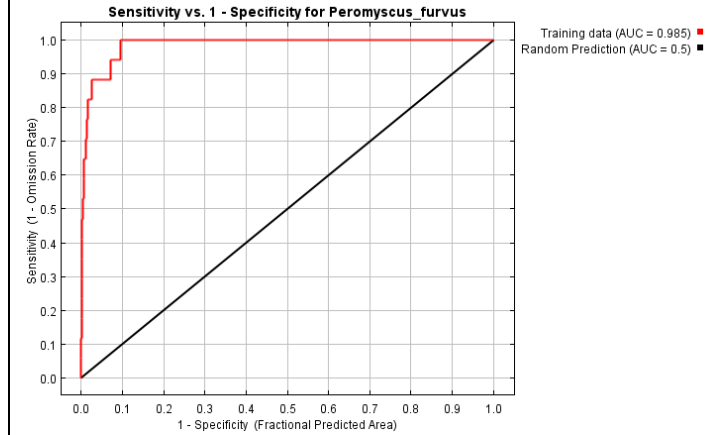
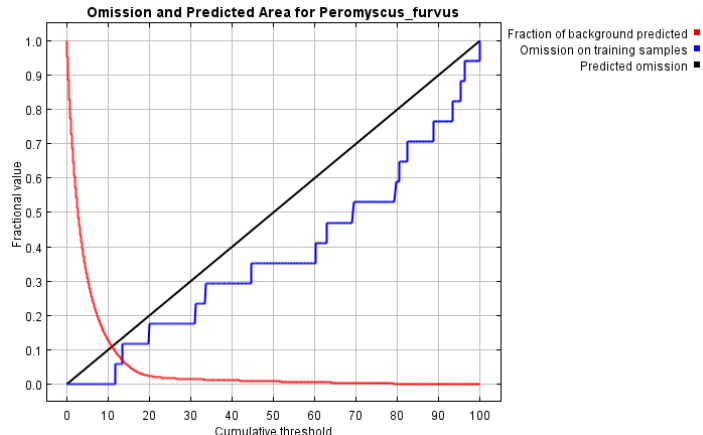
Odocoileus virginianus



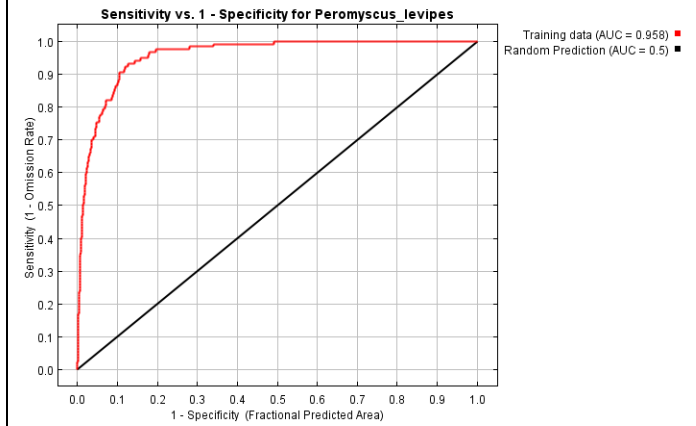
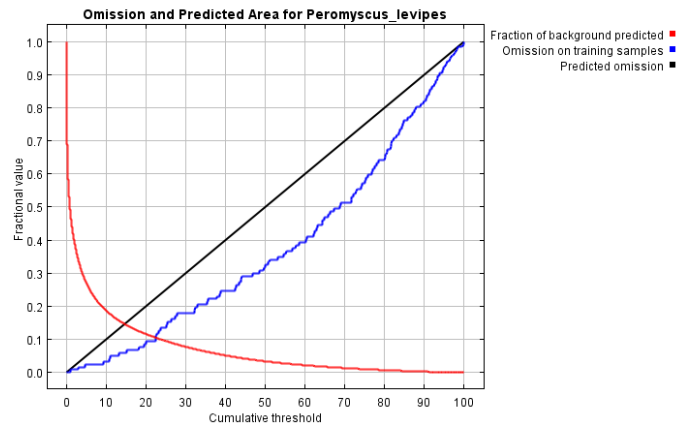
Peromyscus difficilis



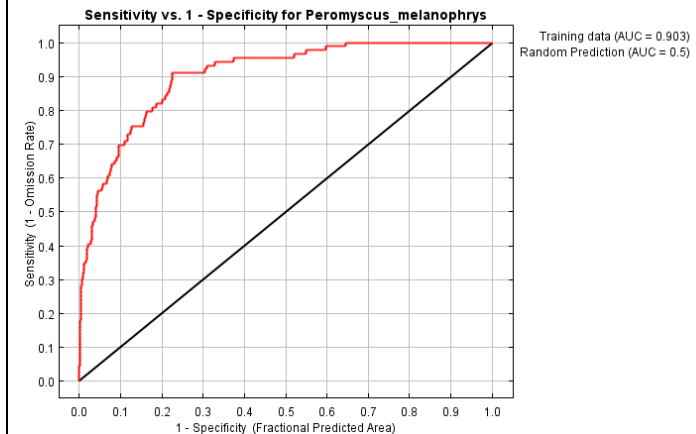
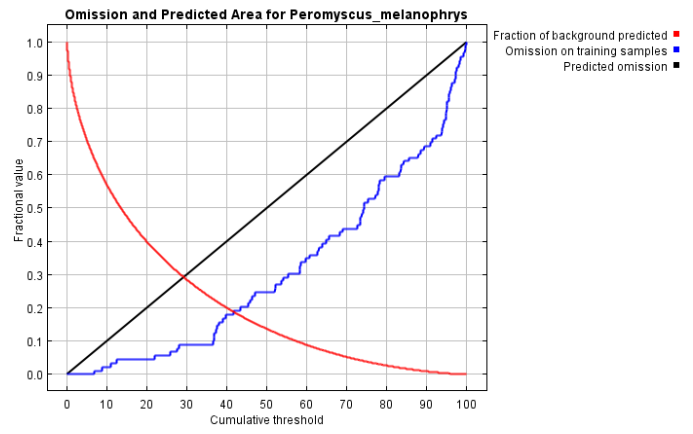
Peromyscus fuvrus



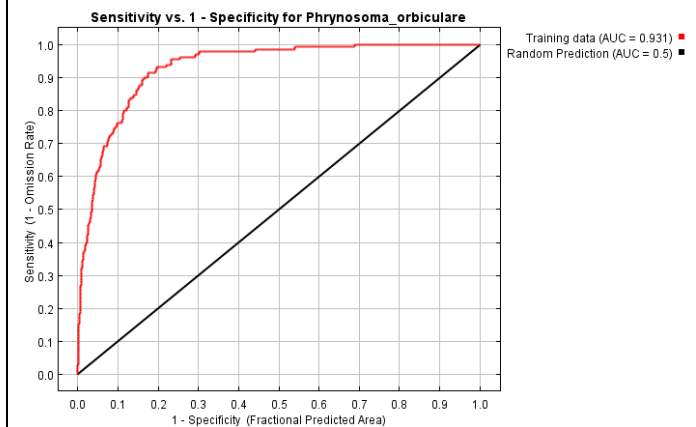
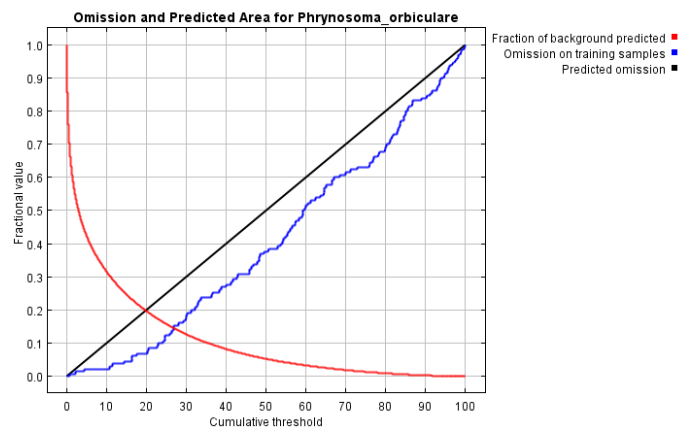
Peromyscus levipes



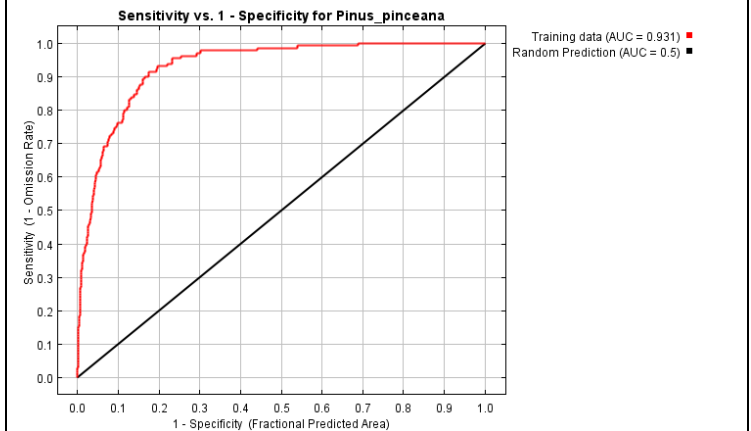
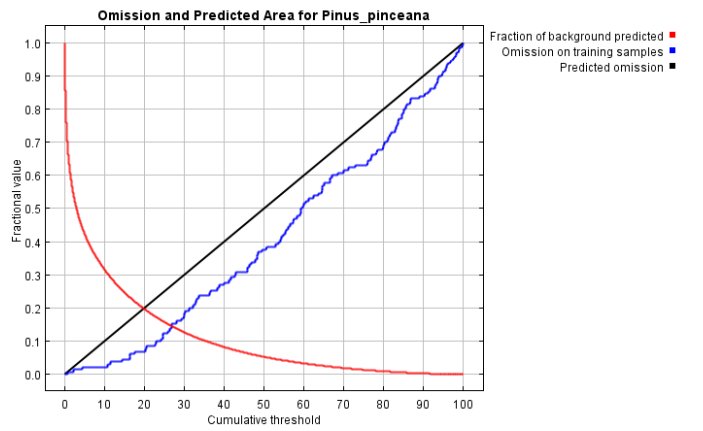
Peromyscus melanophrys



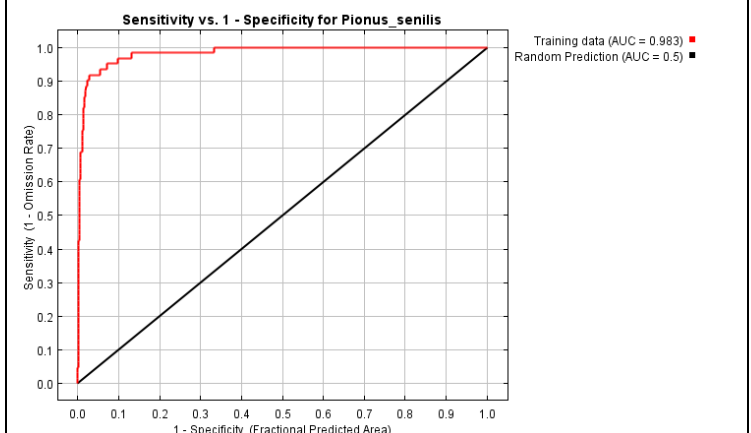
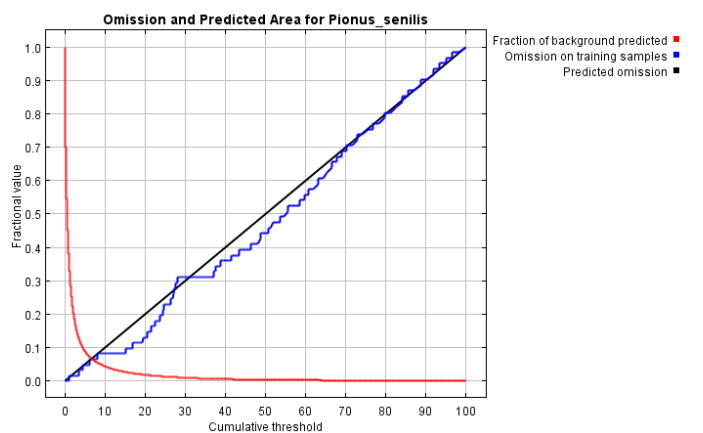
Phrynosoma orbiculare



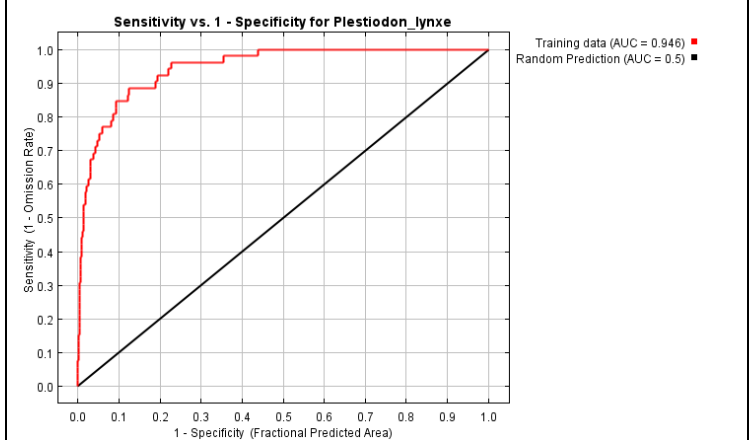
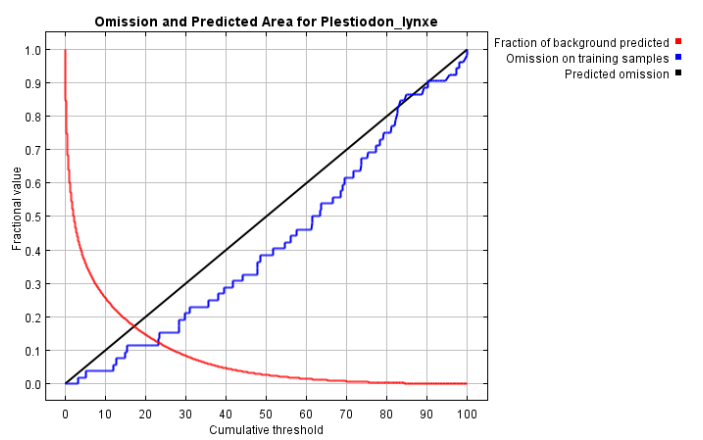
Pinus pinceana



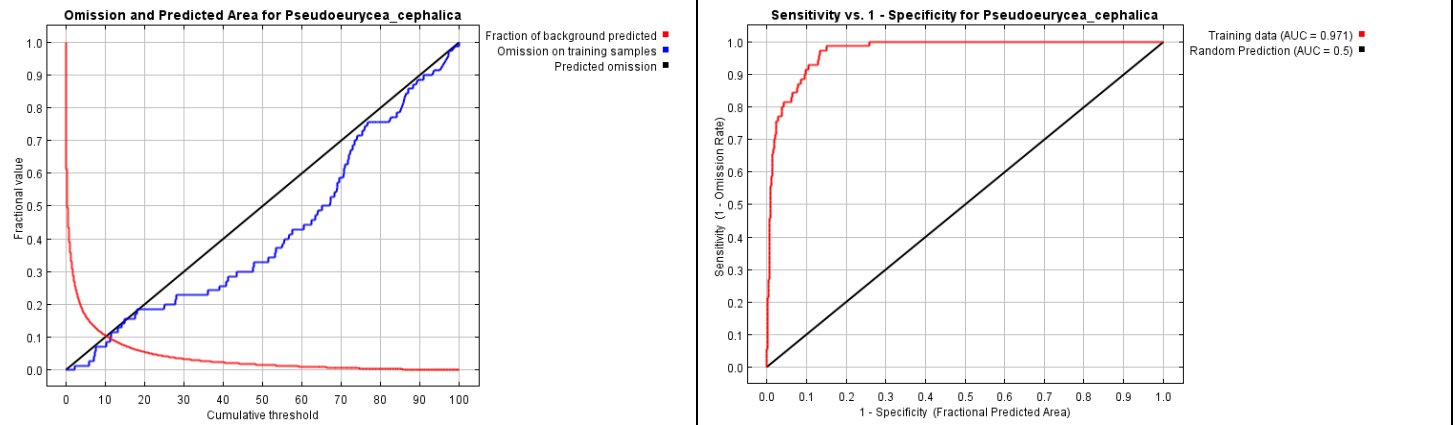
Pionus senilis



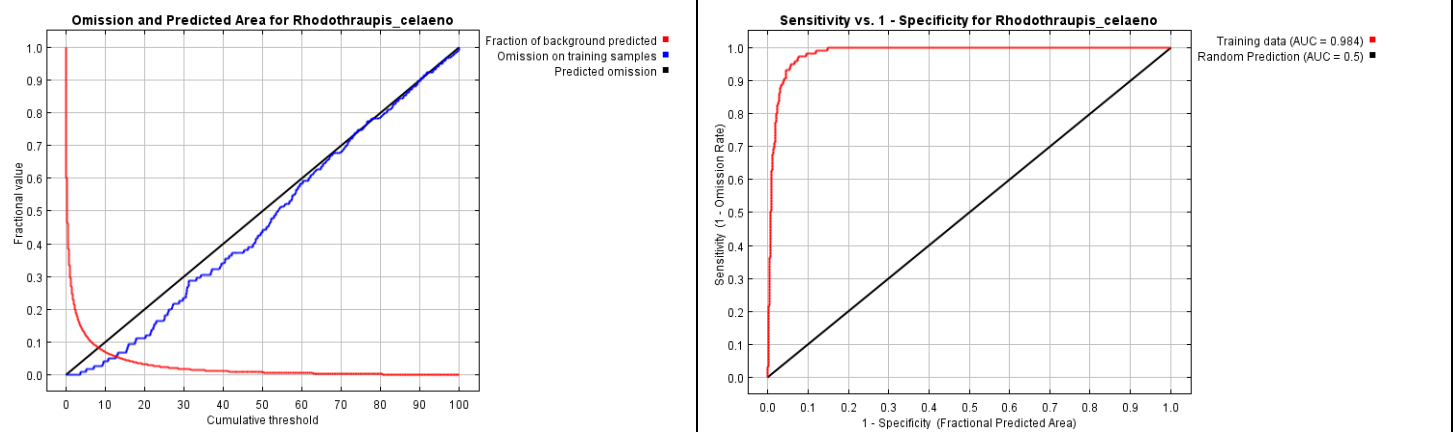
Plestiodon lynxe



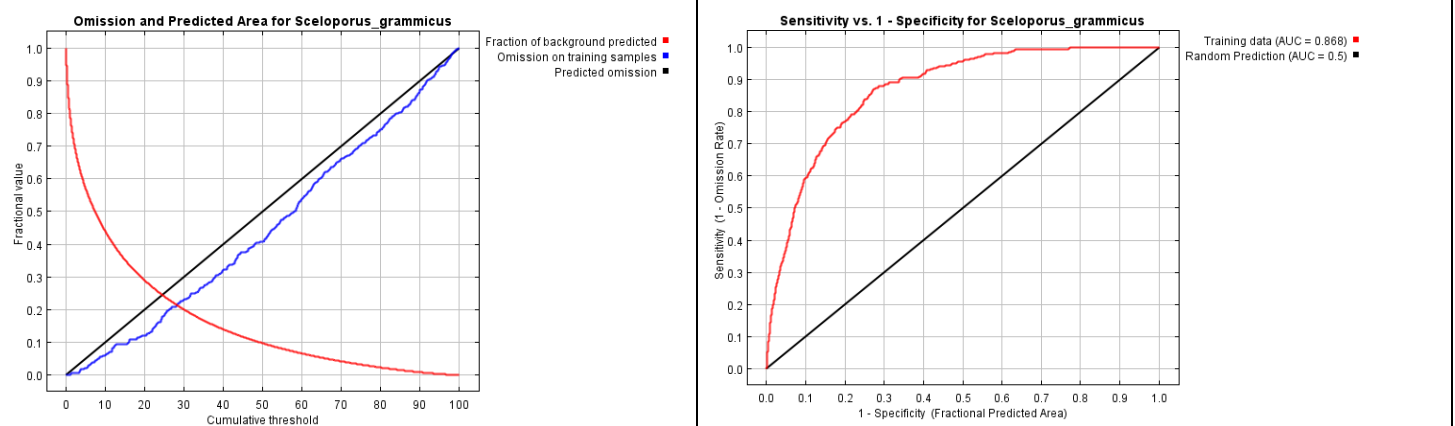
Pseudoeurycea cephalica



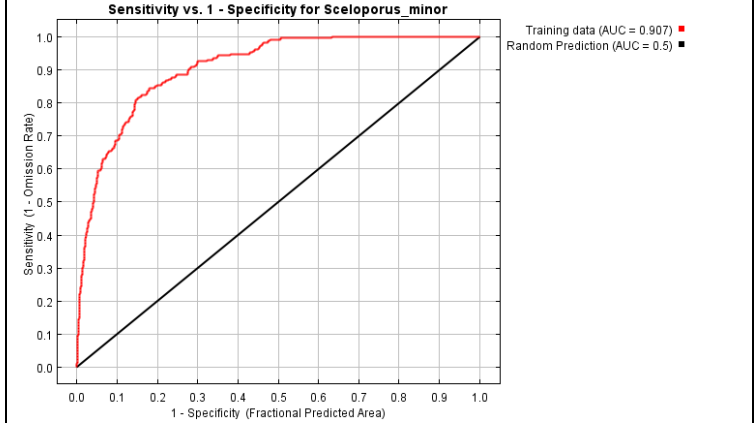
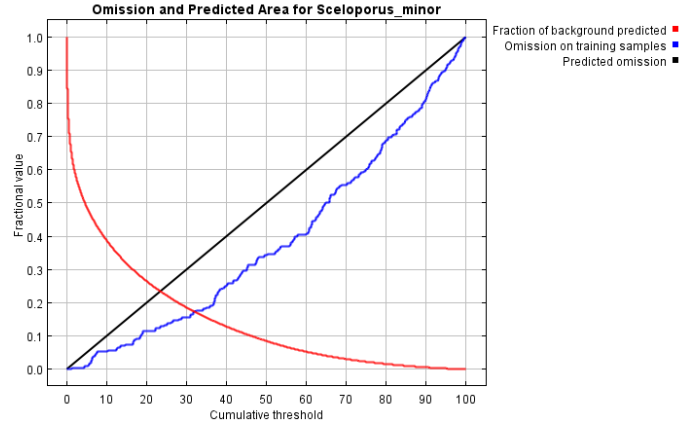
Rhodothraupis celaeno



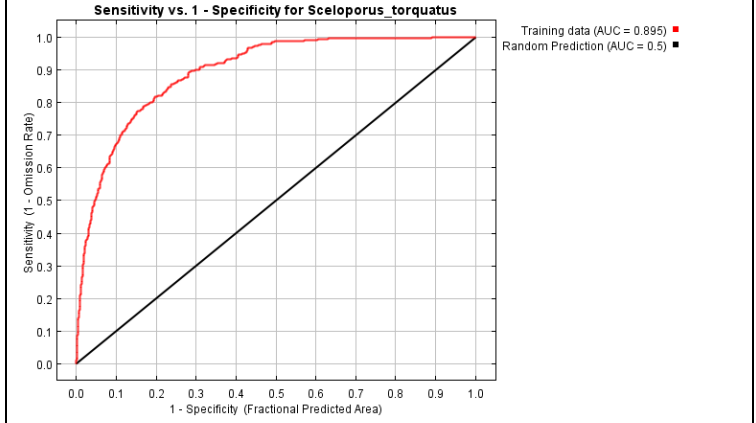
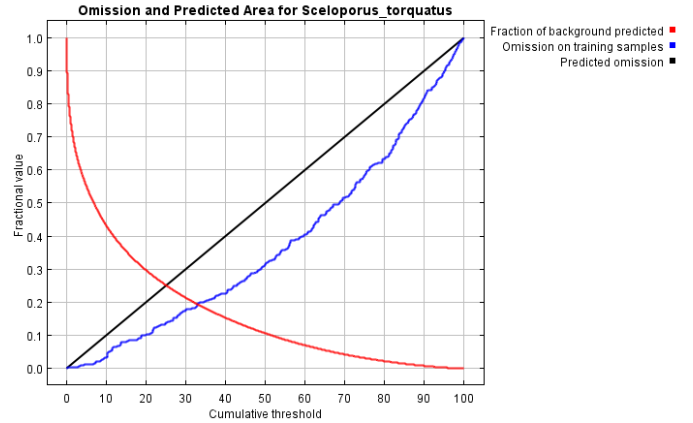
Sceloporus grammicus



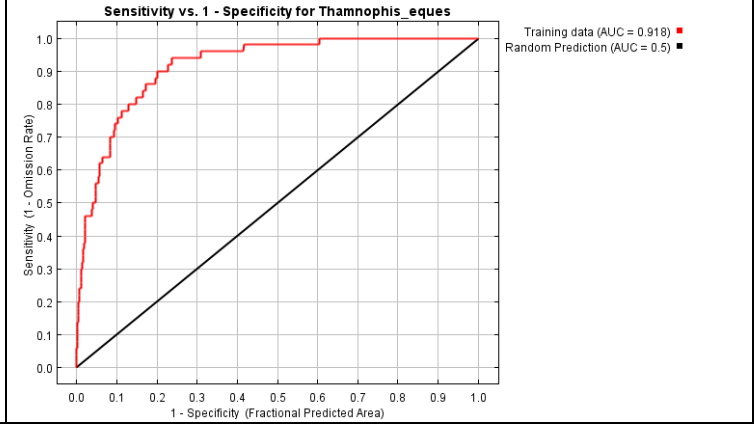
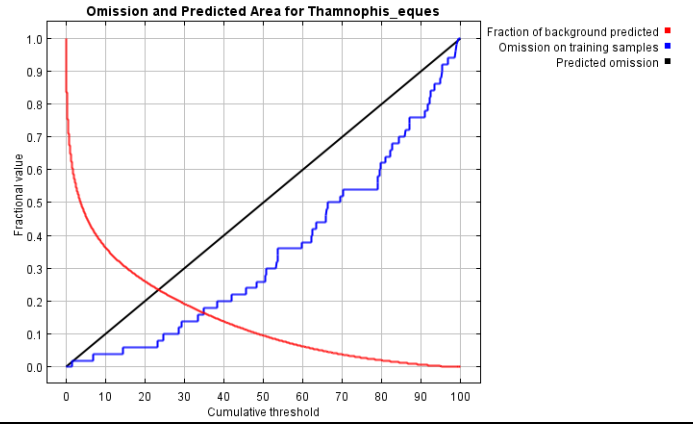
Sceloporus minor



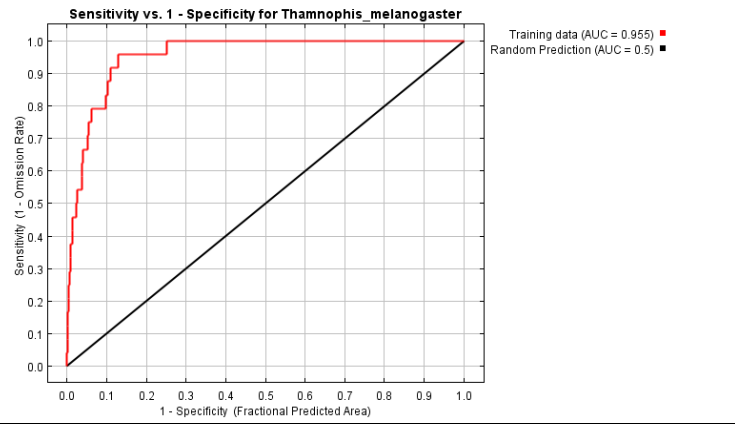
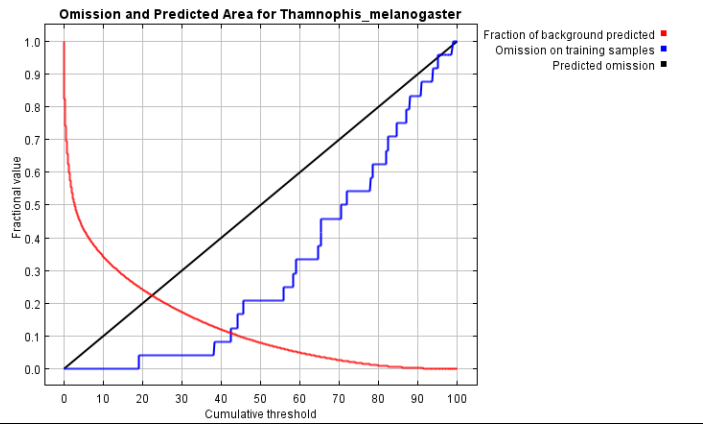
Sceloporus torquatus



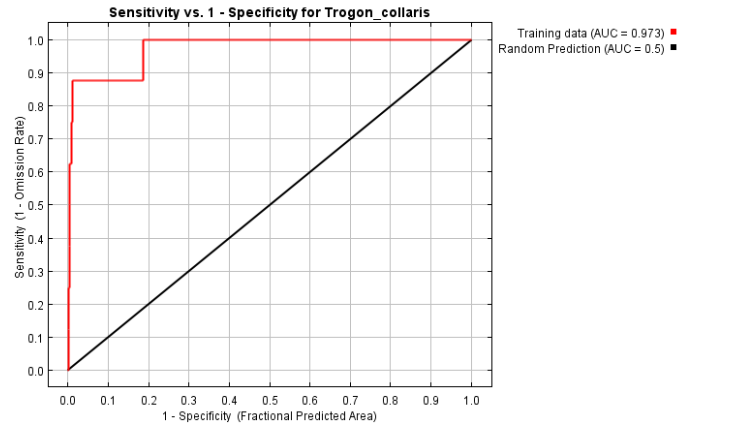
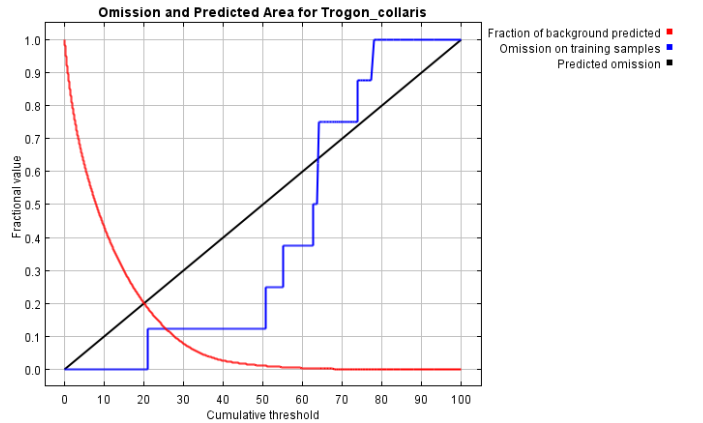
Thamnophis eques



Thamnophis melanogaster



Trogon collaris



Zenaida asiatica

