



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores  
Zaragoza

“Representatividad de las rapaces en riesgo en las  
Áreas Naturales Protegidas y propuesta de sitios  
prioritarios para su conservación bajo escenarios de  
cambio climático”

T E S I S

Para obtener el título de:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

**Elisa Platas Valle**

Director de tesis:

**Dr. Erick Alejandro García Trejo**

Asesor interno:

**Dr. David Nahum Espinosa Organista**

Ciudad de México, 2017





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.



El presente trabajo se desarrolló en la Unidad de Informática para la Biodiversidad de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

A mi papás Laura y Juan Carlos, por dejarme caminar y crecer sola, pero siempre con las manos a un lado de sostén. Gracias por siempre procurar lo mejor para mí, sus enseñanzas tan valiosas continuarán siendo la esencia de lo que soy. Éste es sólo uno de los pequeños logros de mi trayectoria que, sin duda alguna, forma parte de ustedes. Los amo.

A mi hermana Laura, por su excepcional compañía, amor, tantas risas, los gritos y esa particular locura que tantos nos caracteriza.

A mis abuelos Lupita, Cony, Toño y Jenaro, por su cariño inigualable y darme un pedacito de su gran universo.

A mis tíos Jenaro, José Antonio, Patricia y Nina, los quiero mucho.

A mis entrañables Rodrigo, Eduardo (Balú), Ulises, Rocío, Carolina y Pamela, gracias por tanto.

A mis mejores amigas Brenda, Michelle, Zubhel, Alejandra, Trilce, Mari y Caro, gracias por su amistad incondicional.

A mi mejor amigo Neto, porque la distancia no importa cuando alguien significa tanto para ti.

A Fer, mi biólogo favorito, por tu gran apoyo y consejos que forman parte de tu enriquecedora, fructífera y amorosa compañía, parte fundamental para culminar esta etapa. Serendipity.



# AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Al Museo de Zoología Alfonso L. Herrera y la Unidad de Informática para la Biodiversidad de la Facultad de Ciencias.

A todas las personas que contribuyen al enriquecimiento del valioso acervo de las colecciones biológicas y plataformas de biodiversidad.

Al cuerpo de sinodales: M. en C. Alberto Méndez Méndez, Dr. Gabriel Gutiérrez Granados, Dr. Alfredo Bueno Hernández y Dr. David Espinosa Organista, por sus aportaciones, comentarios y observaciones.

Al Dr. Adolfo Navarro y Alejandro Gordillo por proporcionarme los registros del Atlas de las aves de México.

A mi tutor Erick, por abrirme las puertas al maravilloso mundo de las aves, la biodiversidad y los sistemas de información geográfica. Por orientar mi camino desde el inicio del laboratorio y permitirme crecer de una forma exponencial. Sin tu confianza y apoyo, este trabajo no hubiera sido posible. ¡Gracias infinitas!

A Paco Botello, por compartirme sus conocimientos en conservación y herramientas computacionales, las cuales fueron fundamentales para la elaboración del presente trabajo. Gracias por la confianza brindada desde el ingreso a la Colección de Fotocolectas Biológicas y la invitación a tu valioso y enriquecedor grupo de trabajo en CONBIODES, A. C.

A mis amigas de CONBIODES: María, Catalina, Eliut y Ana, tantas horas de conocimiento, risas, consejos y los “¿Qué opinas de este párrafo?”.

A mis amigos y compañeros del laboratorio de Sistemas de Información Geográfica del Instituto de Biología: Karina, Alex, Levinn, José Juan, Maira, Angie, Rubén, Lázaro, Gabriel, Ángel y Rodrigo, por los momentos tan agradables y dichosos dentro y fuera del laboratorio. En particular al Dr. Víctor Sánchez Cordero por su calidez y comentarios alentadores.

A Luis Enrique Sosa, por los consejos y el sufrimiento compartido en la elaboración de los modelos.

A Claudia y Daniela, por su introducción a los modelos de distribución de especies y proporcionarme las bases para el desarrollo del tema.

A Gala, por su apoyo en la metodología para desarrollar los modelos.

A Leopoldo, por su invitación a colaborar en campo con el proyecto de guacamaya verde en el alto Balsas; a Héctor por compartirme sus conocimientos sobre ornitología y a Luis Enrique e Israel por los gratos momentos en Papalutla, Guerrero.

# CONTENIDO

Resumen .....	6
Introducción .....	7
Antecedentes .....	11
Cambio climático y su efecto en la biodiversidad .....	11
Clima .....	11
Modelos de Circulación General (MCG) .....	11
Modelado de Nicho Ecológico (MNE) y Modelado de Distribución de Especies (MDE).....	13
Concepto de nicho.....	13
Algoritmos de modelado .....	15
Planeación Sistemática de la Conservación (PSC) .....	16
Redes de áreas de conservación: software ConsNet.....	17
México megadiverso y las Áreas Naturales Protegidas (ANP).....	18
Las aves rapaces en México.....	19
Estudios de rapaces en México .....	20
Objetivos.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivos particulares.....	22
Método.....	23
Datos de presencia de las especies.....	23
Obtención de coberturas climáticas.....	24
Modelado de distribución potencial actual y a futuro.....	26
Priorización de áreas para la conservación y representatividad en las ANP.....	26
Resultados .....	29
Distribución actual de las rapaces en riesgo de México.....	29
Modelado de Distribución de Especies (MDE).....	29
Representatividad de las rapaces en México .....	31
Distribución potencial actual .....	31
Distribución potencial actual y RCP 8.5.....	32
Distribución potencial actual y RCP 4.5.....	33
Representatividad de las rapaces en riesgo de México en las ANP.....	37

Áreas prioritarias para la conservación de las rapaces en riesgo de México bajo escenarios de Cambio Climático (CC).....	40
Escenario de emisiones RCP 4.5, RCP 8.5 y actual.....	40
Discusión .....	46
Recomendaciones .....	50
Literatura citada.....	51
Anexo I. Listado de especies.....	63
Anexo II. Distribución potencial de las rapaces en riesgo de México.....	64

## RESUMEN

El decreto de Áreas Naturales Protegidas (ANP) en México ha sido un esfuerzo indudable por preservar especies y procesos ecológicos de gran importancia que enfrentan impactos negativos por la creciente antropización. Sin embargo, éstas no mantienen una adecuada representación de la biodiversidad actual y proyectada bajo escenarios de cambio climático, dejando vacíos y omisiones de representación de especies y ecosistemas.

En este contexto, el presente trabajo considera la metodología del Modelado de Distribución de Especies y los criterios de la Planeación Sistemática de la Conservación para evaluar la representación, bajo escenarios de cambio climático, de la distribución de las rapaces de atención prioritaria (bajo alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT), así como la identificación de áreas prioritarias para su conservación bajo criterios de complementariedad y rareza de especies.

Las proyecciones actuales y de cambio climático, así como la pérdida de hábitat idóneo muestran que los requerimientos espaciales para la adecuada representación de las rapaces en riesgo dentro de áreas protegidas no son suficientes, manteniendo únicamente más de 13% del área de distribución de *Leptodon cayanensis*, *Strix fulvescens*, *Glaucidium hoskinsii* y *Gymnogyps californianus*, en el escenario actual. La conservación de zonas particulares como la Sierra Norte y la Chinantla, las subprovincias fisiográficas Cordillera del Sur en Guerrero, las Llanuras y Lomeríos del Carso Huasteco, la Sierra de Tamaulipas, la Gran Sierra Plegada, Chiconquiaco, la Llanura Costera Veracruzana, las Sierras Volcánicas Nayaritas, las Llanuras y Médanos del Norte, las Sierras y Valles del Norte y Pie de la Sierra, por mencionar algunos, es fundamental para la permanencia de estas especies ante las condiciones cambiantes del medio en el que habitan.

# INTRODUCCIÓN

El 70% de la biota conocida del planeta, se alberga en un selecto grupo de países denominados megadiversos, de los cuales, México ha sido reconocido entre los primeros cinco lugares por su vasta diversidad de vertebrados y plantas (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; Challenger y Soberón, 2009; Martínez-Meyer *et al.*, 2014), el elevado número de endemismos, ecosistemas y variabilidad genética (Espinosa *et al.*, 2008). Esta alta diversidad de especies es resultado de la heterogeneidad fisiográfica del territorio, producto de una compleja historia climática y geológica; así como de la convergencia de dos regiones biogeográficas, Neártica y Neotropical, que comprenden la Zona de Transición Mexicana (Halffter *et al.*, 2008). Sin embargo, las presiones antrópicas como la fragmentación del hábitat, introducción de especies exóticas, tráfico ilegal de especies, el cambio de uso de suelo, la extracción inmoderada de recursos y la contaminación, están llevando a una pérdida acelerada e irreversible de diversidad biológica, disminuyendo la viabilidad de que las poblaciones encuentren sitios idóneos para su supervivencia (Navarro-Sigüenza y Benítez, 1995; Botello *et al.*, 2015b; Dobrovolski *et al.*, 2013; Faleiro *et al.*, 2013); tanto así que se cree que estamos transitando por la sexta extinción masiva (Martínez-Meyer *et al.*, 2014).

Aunado a esto, se tiene evidencia del actual Cambio Climático (CC), que muestra un aumento de los niveles del mar y la temperatura del océano y la atmósfera, así como una disminución de la cobertura de nieve y hielo. El promedio global de las temperaturas de los continentes y océanos, tuvo un aumento de 0.85°C durante el periodo de 1880 a 2012 (IPCC, 2014); se estima que, si este calentamiento continúa, la temperatura podría incrementarse entre 1.1°C y 6°C, en el peor de los casos, para el año 2100 (IPCC, 2007; Fera *et al.*, 2013). Esto propiciado por los gases de efecto invernadero, que principalmente son resultado de las actividades del ser humano (Cubasch *et al.*, 2013).

En la actualidad se emplean los Modelos de Circulación General (MCG) para proporcionar estimaciones sobre los cambios en el clima global, los cuales se fundamentan en modelos matemáticos que calculan hora por hora la evolución de la atmósfera en tres dimensiones espaciales basadas en las leyes de la conservación para la masa atmosférica: *momentum*, energía total y vapor de agua (Grotch y Maccracken, 1991). Para cada uno se desarrollaron cuatro trayectorias de representación de las emisiones de los gases de efecto invernadero, correspondientes a un escenario de mitigación, dos intermedios y uno con altas emisiones (IPCC, 2014).

Los MCG han sido reconocidos como herramientas clave para proyectar los posibles efectos del cc sobre las poblaciones de especies, ya que se tiene documentada la alteración de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y, por consiguiente, los patrones espacio-temporales de las especies (Peterson *et al.*, 2002; Parmesan, 2006; Feria *et al.*, 2013; Hurrell y Trenberth, 2014), lo cual amenaza su persistencia y dificulta la conservación en países con alta diversidad como México.

Debido a que las aves tienen una respuesta relativamente rápida frente al cc (Pape *et al.*, 2014) y por la cantidad de conocimiento acumulado respecto a otros taxones, han sido uno de los grupos más estudiados, no obstante, se requieren más investigaciones a una escala de análisis con resolución fina (Peterson *et al.*, 2010) y a nivel nacional que permita la adecuada identificación de los requerimientos particulares para su persistencia a lo largo de todo el territorio mexicano, ya que comúnmente se emplea una resolución de 50 Km<sup>2</sup> por pixel, la cual asume la homogeneidad en el paisaje (Ashcroft *et al.*, 2009; Feria *et al.*, 2013).

La desaparición de especies tiene impactos en procesos ecosistémicos de gran importancia; en particular la extinción de los depredadores, como las aves rapaces, provocará efectos en cascada para otras especies situadas en niveles bajos de la cadena trófica (Crooks y Soulé, 1999; Pace *et al.*, 1999; Duffy, 2003; Baena y Halfter, 2008). Estas aves determinan patrones estructurales y de composición de las comunidades de sus presas, reciclan materia muerta en el ambiente, controlan plagas (Newton, 1979; Thiollay, 1989) y al ser sensibles a la contaminación, fragmentación y pérdida de hábitat, algunas de ellas han sido consideradas como indicadores de la calidad ambiental *e.g.* el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el águila arpía (*Harpia harpyja*) y el águila calva (*Haliaeetus leucocephalus*) (Hickey, 1969; Bierregaard, 1995).

En México hay aproximadamente 135 especies extintas y extirpadas, de las cuales 19 son aves, incluyendo el Caracara de la Isla de Guadalupe (*Caracara lutosa*) y extirpadas como el Caracara comeCACAO (*Ibycter americanus*) y posiblemente el Águila arpía (*Harpia harpyja*). Las aves rapaces diurnas y nocturnas se encuentran en un estatus de conservación preocupante ya que, de las 97 especies migratorias y residentes en México, 68 están bajo alguna categoría de protección de la NOM-059-SEMARNAT (DOF, 2010) y no existen acciones de monitoreo biológico enfocadas a la conservación del gremio, sino de forma aislada para el águila real (*Aquila chrysaetos*), el cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*) y el monitoreo de la migración de rapaces.

Ante esta problemática, la biología de la conservación ha generado estrategias para aminorar la creciente pérdida de biodiversidad (Mawdsley *et al.*, 2009), enfocándose en el establecimiento de Áreas

Protegidas (AP) en las que se incorpora y protege una muestra representativa de la biodiversidad (Lawler, 2009; Margules y Sarkar, 2009; Hannah, 2010; Dawson *et al.*, 2011; Mawdsley, 2011; Loyola *et al.*, 2013; Faleiro *et al.*, 2013). En México la principal estrategia para la protección de las especies yace en el decreto y legislación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP). No obstante, muchas de éstas han sido decretadas con fines estéticos, recreativos y de oportunidad, por lo que no necesariamente cumplen con las características básicas para preservar la biodiversidad nacional de forma integral y a largo plazo (Pressey *et al.*, 1993; Scott *et al.*, 2001; Álvarez, 2004; Koleff y Urquiza-Haas, 2011).

La red de conservación existente pronto será obsoleta debido a que las ecorregiones y los sitios identificados como prioritarios están protegidos parcialmente (CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA-FCF-UANL, 2007; Margules y Sarkar, 2009). Además, las proyecciones de la influencia humana en el cambio climático y la evidencia de la velocidad a la que ocurre, indican que los patrones de distribución de la biota pueden cambiar drásticamente, así como las condiciones al interior de los límites de las AP existentes terminarán por ser inadecuadas para la persistencia de las especies que se pretenden conservar (Gaston y Spicer, 2004; Botello *et al.*, en revisión).

Las acciones de conservación no dependen sólo del nivel de amenaza que enfrentan las especies, sino también de los recursos financieros destinados a este fin (March *et al.*, 2009), lo que conduce a la necesidad de incorporar métodos multicriterio que representen un mayor número de elementos de la biodiversidad y así, enfocar los recursos de forma efectiva (Margules y Sarkar, 2009).

La Planeación Sistemática de la Conservación (PSC), es una estrategia de conservación que tiene como objetivo detener y prevenir los procesos de extinción de especies mediante la identificación de áreas prioritarias para la conservación considerando múltiples criterios, sin descartar las AP ya establecidas. Para emplear esta metodología se requiere tomar medidas parciales de la biodiversidad o subrogados, los cuales son un conjunto de atributos representativos, ya sean verdaderos o estimados, que se emplean para obtener información indirecta sobre la diversidad biológica (Margules y Sarkar, 2009).

Si bien la biodiversidad que alberga el planeta se conoce parcialmente, existen grupos taxonómicos de los cuales se tiene suficiente información por su facilidad de observación y gente involucrada en su monitoreo, tal es el caso de las aves. Algunas especies de este grupo ya se han empleado como subrogados de la biodiversidad para la identificación de áreas prioritarias (Larsen *et al.*, 2012) y en diversos análisis se ha encontrado que tienen una mejor subrogación que otros grupos taxonómicos y

difícilmente pueden ser representadas por éstos, posiblemente por su amplia distribución (Botello, 2015c).

En éste contexto algunas aves rapaces, principalmente las amenazadas, podrían representar un buen subrogado de la biodiversidad por su nivel en la cadena trófica y el papel ecológico que desempeñan. Además, no existen estrategias de conservación a nivel nacional que incorporen a todas las rapaces presentes en el país, se desconoce su estatus actual de conservación y representatividad en las ANP, por lo que es esperado que ante las amenazas antropogénicas y el CC, no estén protegidas adecuadamente.



# ANTECEDENTES

## CAMBIO CLIMÁTICO Y SU EFECTO EN LA BIODIVERSIDAD

### CLIMA

El clima es un estado cambiante de la atmósfera influenciado por su interacción con los océanos y continentes en determinado tiempo y espacio. Este estado cambiante puede tener anomalías en los promedios de los parámetros meteorológicos ocasionados por la radiación solar, inestabilidad de la atmósfera y océano, hasta cambios resultantes de actividades humanas tales como el aumento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y cambio de uso de suelo (Magaña, 2004; Conde, 2006).

De acuerdo al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014), la influencia del humano en los cambios del clima global es clara y las emisiones de GEI han sido las más altas de la historia ocasionando el calentamiento del océano y atmósfera, la disminución de la cobertura de hielo y nieve, así como el aumento en el nivel del mar. Se estimó que, si no se reducen las emisiones de GEI éste calentamiento podría aumentar, en el peor de los casos, hasta 6.4°C para el año 2100 (IPCC, 2007; Feria *et al.*, 2013).

En términos generales, se ha confundido dicha variabilidad climática con el cambio climático, definido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) como "Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables" (CMNUCC, 1992). En la misma convención se plantearon los efectos adversos originados por el cambio climático, tanto la capacidad de resiliencia de los ecosistemas naturales, hasta los efectos nocivos en los sistemas socioeconómicos y de salud humana.

### MODELOS DE CIRCULACIÓN GENERAL (MCG)

La forma en la que el clima puede variar es muy amplia y pronosticarlo a largo plazo es una tarea compleja. Es por esto que se han creado modelos matemáticos denominados Modelos de Circulación General (MCG), los cuales se encargan de simular el clima cambiante, basándose en los procesos que ocurren en la atmósfera, océano, criósfera y la superficie terrestre (IPCC, 2013).

Los MCG, calculan hora por hora la evolución de la atmósfera ante el incremento de las concentraciones de GEI, en tres dimensiones espaciales que se basan en las leyes de la conservación para la masa atmosférica: el *momentum*, vapor de agua y la energía total. Algunos de estos también incorporan

la hidrología, nubosidad, convección y radiación atmosférica, entre otros (Stanley *et al.*, 1990; Cess *et al.*, 1990).

El IPCC se creó para incorporar toda la información relevante para entender la influencia del humano en este fenómeno y en 1992, desarrollaron escenarios de emisiones que conducen a los MCG a la estimación del posible CC ante la magnitud de emisiones de GEI mediante coberturas climáticas que comprenden diversas variables climáticas como temperatura, precipitación e isothermalidad, entre otras (IPCC, 2000).

En el quinto informe de evaluación (AR5), el más reciente del IPCC, se plantearon nuevos escenarios de emisiones: The Representative Concentration Pathways (RCP). Cada uno de ellos tiene un valor diferente de fuerza radiativa ( $W/m^2$ ) y distintas concentraciones de GEI. El escenario de mitigación (RCP 2.6), proyecta un aumento de temperatura media entre  $0.3^{\circ}C$  a  $1.7^{\circ}C$ ; en los dos escenarios intermedios, la temperatura oscilará entre  $1.1^{\circ}C$  y  $2.6^{\circ}C$  para el RCP 4.5, y  $1.4^{\circ}C$  a  $3.1^{\circ}C$  para el RCP 6.0; finalmente, el escenario con altas emisiones de GEI (RCP 8.5), proyecta un aumento de  $2.6^{\circ}C$  a  $4.8^{\circ}C$ . Dichas proyecciones se realizaron hacia el año 2100, pero se estima que las temperaturas y niveles del mar seguirán aumentando constantemente si no existe una estabilización de las emisiones de  $CO_2$ , a excepción del RCP 2.6 (IPCC, 2013, 2014).

Uno de los avances más recientes referente al desarrollo de los MCG es la incorporación del ciclo del carbono, ya que se espera que el CC sobrepase la capacidad de los océanos y suelos como repositorios del  $CO_2$  derivado de las actividades antrópicas, de tal forma que los valores de temperaturas serán más elevados y contrastantes (Hurrell y Trenberth, 2010).

En este contexto, los escenarios de emisiones tienen un papel clave para evaluar los posibles efectos originados por los cambios observados en la cantidad, frecuencia e intensidad de la temperatura, precipitación y otras variables climáticas, de tal forma que se puede entender el comportamiento de las especies ante el CC, ya que se puede alterar significativamente la estructura y funcionamiento de los ecosistemas y, por consecuente, los patrones espaciales y temporales de las poblaciones, a tal grado que no encuentren hábitats adecuados para su supervivencia (Schneider y Root, 2002; Aráujo *et al.*, 2004; Loarie *et al.*, 2009; Gutiérrez, 2014; Hurrell y Trenberth, 2010; Botello, 2015).

Los impactos del CC en la biodiversidad son diversos y se han reportado cambios en la fenología, ecología y distribución, tanto en especies de flora, animales terrestres, dulceacuícolas y marinos. De éstos, los más documentados son los cambios potenciales en la distribución de vertebrados terrestres (Parmesan, 2006; Fera *et al.*, 2013; Botello *et al.*, en revisión), mostrando el mismo patrón en el que algunas especies con afinidad a climas más cálidos, están expandiendo su distribución y especies

dependientes de sitios húmedos o más fríos, están reduciendo su distribución a hábitats con mayor altitud y latitudes más al norte (Hill *et al.*, 1998, Peterson *et al.*, 2001; Parra-Olea *et al.*, 2005; Martínez, 2006; Ríos, 2006; Thomas, 2011; Gutiérrez, 2014).

En el caso de las aves, su distribución está relacionada, en términos generales, con las temperaturas de verano e invierno, por lo que el aumento de ésta les demanda mayor uso de energía para la termoregulación, afectando directamente su migración, reproducción y supervivencia (King y Finch, 2013). Los primeros reportes sobre dichos efectos fueron realizados en Finlandia, Inglaterra e Islandia en las décadas de 1930 y 1940, donde las especies se estaban desplazando hacia mayores latitudes (Parmesan, 2006); en años posteriores, se registraron los mismos comportamientos en Norteamérica (Hitch y Leberg, 2007; LaSorte y Thompson, 2007; Skerციoglu *et al.*, 2008); así como cambios en fenología, tiempos de migración y éxito reproductivo (Dunn y Winkler, 1999; Butler 2003; Kanuscak *et al.*, 2004; Stocke *et al.*, 2005; Beaumont *et al.*, 2006; Both *et al.*, 2006; Bell, 2007; McMynowski *et al.*, 2007; Brommer *et al.*, 2008; Chambers, 2008; Halupka y Borowiec, 2008; Reed *et al.*, 2009; Auer y Martin, 2013).

## MODELADO DE NICHOS ECOLÓGICOS (MNE) Y MODELADO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES (MDE)

### CONCEPTO DE NICHOS

El concepto de nicho fue sugerido, por primera vez, por Grinnell (1917), quien consideraba al nicho como los requerimientos ambientales para la supervivencia de las especies (Nicho Grinnelliano); posteriormente, Elton (1927) lo consideró como la función que desempeñan las especies en una comunidad (Nicho Eltoniano). El Nicho Grinnelliano es un subconjunto de variables scenopoéticas (abióticas) que corresponden a las áreas geográficas definidas por las propiedades actuales o potenciales de las especies, por lo que el nicho es una característica del medio y no de sus ocupantes. El nicho Eltoniano es el lugar que ocupa un individuo en el medio biótico y le da mayor importancia a las interacciones bióticas y las dinámicas de recurso-consumidor (variables bionómicas) (Soberón, 2007; Peterson *et al.*, 2011).

Estos dos conceptos fueron retomados por Hutchinson (1957), quien consideró al nicho como la suma de todos los factores ambientales que actúan en un organismo y define dos subtipos de nichos multidimensionales: el fundamental, considerado como un volumen de  $n$  dimensiones en un espacio ambiental donde las poblaciones de una especie pueden existir; y el realizado, un subconjunto del nicho fundamental en donde existen interacciones bióticas, tales como la competencia donde una especie es un fuerte competidor garantiza su supervivencia (Guisan y Zimmermann, 2000; Peterson *et al.*, 2011).

En éste sentido, los patrones de distribución geográfica de una especie están determinados por tres factores: **1.** Las condiciones ambientales que son favorables para el establecimiento, supervivencia y reproducción; **2.** El medio biótico que está constituido por depredadores, competidores, entre otros, que influyen en la disponibilidad de los recursos y dinámica de poblaciones; y **3.** Las capacidades de la especie, tales como la dispersión que les permite la accesibilidad a otros sitios (Soberón, 2010; Peterson *et al.*, 2011; Barve *et al.*, 2011).

El diagrama BAM (Biotic Abiotic Movement) (figura 1), se ha utilizado para explicar la interacción de estos tres factores que determinan la distribución geográfica de las especies; las condiciones abióticas (1.) es representado como **A**, las condiciones bióticas (2.) como **B** y el área accesible (3.) como **M**. Esto queda dentro de un espacio geográfico determinado como **G** y la intersección de estas tres condiciones es denominada como **G0** (Peterson y Soberón, 2005). Esto ha llevado a definir con mayor facilidad el concepto de nicho ecológico el cual, en términos generales, se ha utilizado para referirse a la relación entre variables bióticas y abióticas con las que un organismo se relaciona y determinan su ausencia o presencia en un sitio determinado (Peterson *et al.*, 2011).

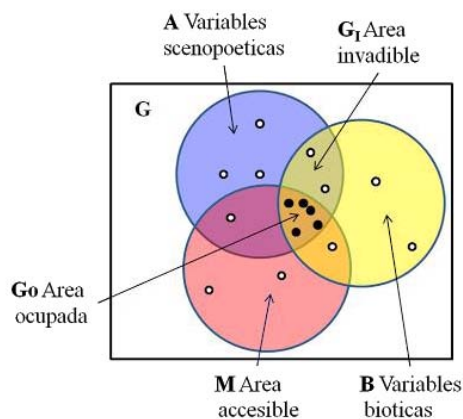
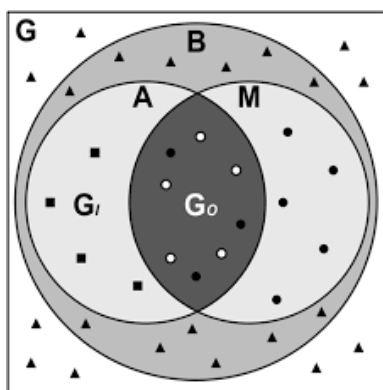


Figura 1. Diagrama BAM. Tomado de Peterson y Soberón (2005).

Es así como se constituyó la base para desarrollar diversas metodologías que en conjunto se denominan “Modelado de Nicho Ecológico”. Sin embargo, dichas metodologías emplean distintos conceptos de nicho y difieren en el objetivo de modelado: El Modelo de Nicho Ecológico (MNE) se ha empleado para modelar las áreas potenciales (A) y esto implica el estimar los requerimientos ambientales de la especie para proyectarlos al mundo real e identificar los sitios que contienen condiciones favorables para su presencia (Nicho realizado) (Barve *et al.*, 2011; Saupe *et al.*, 2012); el Modelo de Distribución de Especies (MDE) se emplea para modelar el área ocupada G0 y requiere del conocimiento no sólo de las condiciones favorables para la especie, también de los factores que restringen esta distribución (Saupe *et al.*, 2012). En este sentido, el modelado de la distribución potencial de las especies funge como una representación espacial a partir de la cual se pueden identificar hábitats idóneos para la presencia de estas (Guisan y Zimmermann, 2000) y para predecir el efecto potencial del cc en la distribución de la biota (Martínez-Meyer, 2005).



Tomando en consideración el concepto de nicho Grinelliano y la dificultad por conocer y, por lo tanto, modelar las interacciones bióticas de sitios específicos para especies específicas (Saupe *et al.*, 2012), en éste estudio se empleará el modelado de hábitat idóneo a partir de los hábitats potenciales para la distribución de las especies, asumiendo que existen dichas interacciones bióticas, pero se desconocen (figura 2).

**Figura 2.** Diagrama BAM que considera la falta de conocimiento de las interacciones bióticas. Tomado de Saupe *et al.*, 2012.

## ALGORITMOS DE MODELADO

En años recientes se han empleado metodologías para el MNE/MDE con aplicaciones en estudios biogeográficos (Escalante *et al.*, 2007a, 2007b; Young *et al.*, 2009), identificar el área de distribución potencial (Peterson *et al.*, 2002b; Franklin, 2009), reconstrucciones al pasado (Peterson *et al.*, 2004; Cordellier y Pfenninger, 2009; Jakob *et al.*, 2009), el conocimiento de los efectos que puede tener el cambio climático en patrones de distribución (Peterson *et al.*, 2002; Dormann, 2007; Fuller *et al.*, 2008; Yates *et al.*, 2010), identificar sitios prioritarios y estrategias para la conservación (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005; Thorn *et al.*, 2008; Elith y Leathwick, 2009; Sarkar; Morales, 2014; Botello *et al.* 2015a, 2015b, 2016), entre otros.

Estos modelos difieren con base en el tipo de datos requeridos (presencias y ausencias), el formato de archivo generado, metodología empleada, etc. Entre los más utilizados están BIOCLIM, ENFA, DOMAIN y Distancias de Mahalanobis, los cuales únicamente utilizan datos de presencia y son llamados “métodos de sobre”; los métodos aditivos generalizados (GAM, por sus siglas en inglés) y lineares generalizados (GLM, por sus siglas en inglés), que requieren ausencias verdaderas o crean pseudoausencias; los métodos de clasificación como Random Forest (RF); y los métodos algorítmicos como GARP y MaxEnt que requieren datos de presencia y con base en éstos, generan pseudoausencias o un *background* (Peterson *et al.*, 2011; Saupe *et al.*, 2012).

MaxEnt es un software que emplea un algoritmo de modelado que tiene la finalidad de estimar la probabilidad de distribución de una especie en un determinado pixel de espacio geográfico a partir de datos de presencia, bajo los criterios de una función de máxima entropía. Recientemente ha adoptado cierta popularidad por sus ventajas ante otros métodos, razón por la cual se ha empleado en este estudio,

ya que únicamente requiere datos de presencia de las especies, así como información ambiental del área de estudio; puede utilizar variables categóricas o continuas; las probabilidades de distribución tienen definiciones matemáticas concisas que facilitan su análisis; tiene una alta capacidad de predicción con un número pequeño de datos y es un software gratuito (Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2011; Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011).

## PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA CONSERVACIÓN (PSC)

La influencia de las actividades antropogénicas en la pérdida de diversidad biológica ha ocasionado una ola de extinciones que, a diferencia de las seis extinciones previas, que ocurrieron en un tiempo geológico y ecológico muy grande que dio oportunidad a las especies de evolucionar y adaptarse, ésta sólo lleva 300 años de antigüedad lo que ocasionará que muchas de las especies no encuentren hábitats adecuados para sobrevivir (Margules y Sarkar, 2009; Martínez-Meyer *et al.*, 2014).

Ante las amenazas desencadenadas por el crecimiento urbano y la vasta biodiversidad es imposible proteger a todas las especies existentes, por lo que la biología de la conservación ha intentado aminorar los efectos antrópicos mediante la creación de Áreas Protegidas (AP) en las que se incorpora una muestra de la biodiversidad y se protege ante los factores que amenazan su persistencia en el futuro. Asimismo, ha empleado especies que representan esta biodiversidad (*subrogados verdaderos*) o bien, parámetros indicadores para la representación de subrogados verdaderos (*subrogados estimados*) con los que la resolución de problemas de conservación se facilita (Caro y O'Doherty, 1998; Margules *et al.*, 2002; Margules y Sarkar, 2009).

Para esto es necesario establecer métodos que permitan la identificación de estas áreas y destinar de forma efectiva los recursos disponibles para la protección de la biodiversidad (Margules *et al.*, 2002; Monroy-Vilchis, 2016). Considerando lo anterior, Margules y Pressey (2000), proponen la Planeación Sistemática de la Conservación (PSC), un enfoque metodológico y conceptual empleado para cartografiar Redes de Áreas para la Conservación (CAN, por sus siglas en inglés), mediante la identificación de sitios de endemismos, incorporando representatividad y principalmente la complementariedad de especies; esto sin descartar las áreas de conservación actuales (Margules y Pressey, 2000; Margules *et al.*, 2002).

El enfoque de la PSC consta de un protocolo de 11 pasos que incluye desde la identificación de los actores socio-económicos y biológicos hasta la ejecución, monitoreo y evaluación de la efectividad de un

área prioritaria para la conservación, y destaca el empleo de especies que fungen como subrogados de la biodiversidad con las que esta metodología se torna operativa (tabla. 1).

**Tabla 1.** Enfoque general en 11 pasos de la Planeación Sistemática de la Conservación (Margules y Pressey, 2000; Sarkar, 2004; Margules y Sarkar, 2009)

Protocolo de la Planeación Sistemática de la Conservación
1) Identificación actores sociales de la región sujeta a planeación.
2) Compilación, evaluación y refinación de datos sobre biodiversidad y socioeconómicos de la región.
3) Identificación de subrogados de la biodiversidad.
4) Establecimiento de objetivos y metas de conservación.
5) Revisión del sistema existente de áreas de conservación (SAC).
6) Priorización de nuevas áreas potenciales para acciones de conservación.
7) Evaluación del pronóstico para la biodiversidad en cada nueva área seleccionada.
8) Refinación de sistemas de áreas seleccionadas para acciones de conservación.
9) Examinación de la viabilidad de la ejecución del plan, basado en análisis multicriterio.
10) Ejecución del plan de conservación.
11) Reevaluación del sistema de áreas.

## REDES DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN: SOFTWARE CONSNET

Debido a los requerimientos previos a la identificación de áreas prioritarias para la conservación, se han desarrollado herramientas computacionales que, mediante el uso de algoritmos de selección, facilitan la identificación de estos sitios (i.e. Marxan, ResNet, ConsNet). Una de las herramientas que se ha desarrollado en el contexto de la psc, es ConsNet, un software que selecciona áreas que potencialmente pueden estar sujetas a conservación, mediante la representación de subrogados de la biodiversidad, y de esta forma permite la incorporación de criterios espaciales tales como la conectividad, replicación y forma, así como criterios socio-económicos determinados por el usuario (Ciarleglio *et al.*, 2009).

El programa funciona bajo dos enfoques que son *minimum area problem* (problema de área mínima) y *maximum representation problem* (problema de representación máxima), que pueden estar incluidos en un análisis multicriterio. En el problema de área mínima se seleccionan el menor número de celdas posibles hasta que el objetivo de representación de cada subrogado se cumpla; de forma alternativa el problema de máximo de representación tiene la finalidad de maximizar la representación de cada subrogado con la limitante de un número de celdas (Ciarleglio *et al.*, 2009). Asimismo, trabaja bajo la metodología *Tabu Search* (TB), la cual tiene un papel de intensificación y diversificación en la búsqueda de celdas; a partir de esta selección, en un determinado número de iteraciones, se evalúan las posibles soluciones hasta encontrar la mejor (Ciarleglio *et al.*, 2010).

La biología de la conservación en uno de varios esfuerzos por preservar la biodiversidad, creó en 1992 el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), un instrumento que tiene como objetivo primordial preservar una muestra representativa de la biodiversidad mediante AP y hacer uso sustentable de los recursos bióticos, así como el reparto equitativo de los beneficios que proveen estos recursos (Gaston y Spicer, 2004; Dorfman, 2005; Williams *et al.*, 2005; Lawler, 2009; Margules y Sarkar, 2009; Mawdsley *et al.*, 2009; Hannah, 2010; Dawson *et al.*, 2011; Mawdsley, 2011; Loyola *et al.*, 2012; Faleiro, 2012). Posteriormente, se planteó un objetivo al 2020 en el que cada país debe destinar el 17% de la región terrestre y 10% de la oceánica de su territorio a la conservación, más de lo que se tiene en la actualidad 14% y 3%, respectivamente (IUCN, 2014); el cual debe estar dentro de las prioridades de los países megadiversos.

México se encuentra en el cuarto lugar de este selecto grupo de países llamados megadiversos que en conjunto albergan cerca del 70% de toda la diversidad de la Tierra (Llorente-Bousquets y Ocegueda, 2008; CONABIO, 2009). Debido a esto, el país debe contar con estrategias de conservación que preserven adecuadamente su diversidad biológica y los procesos ecológicos (March *et al.*, 2009). Es así como México dentro de los compromisos establecidos en el CDB inicia con el decreto de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y la implementación de estrategias contenidas en los respectivos programas de manejo de cada una. Actualmente abarcan más de 25 394 779 hectáreas del territorio nacional y están agrupadas en 177 ANP de carácter federal, de igual forma existe el apoyo a 369 Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC) y representan 399 466.27 hectáreas (CONANP, 2016).

Dando seguimiento al protocolo planteado por el CDB, se comenzó con el reconocimiento de los recursos biológicos presentes en el país, así como las características fisiográficas, climáticas, aspectos político-sociales, entre otras, que caracterizan al país, originando una publicación de cinco volúmenes: El Capital Natural de México (CONABIO, 2008). Asimismo, se han incorporaron estrategias y planes a nivel nacional y estatal (March *et al.*, 2009); se realizó un análisis de vacíos y omisiones en regiones marinas y terrestres (CONABIO-CONANP-TNC-Pronatura-FCF, 2007); y se crearon plataformas como el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), la Unidad de Informática para la Biodiversidad del Instituto de Biología (UNIBIO) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Unidad de Informática para la Biodiversidad de la Facultad de Ciencias de la UNAM (UNICIENCIAS) y aVerAves, las cuales compilan información básica de la biota observada y contenida en los acervos de las colecciones biológicas que constituye la base para realizar investigaciones encaminadas a la identificación de las prioridades de conservación (Simons y Muñoz-Saba, 2005; Sánchez-Cordero *et al.*, 2012; Luna *et al.*, 2011)



El esfuerzo realizado en el país por conservar la biodiversidad ha sido notorio, sin embargo, muchas de las ANP fueron decretadas con fines estéticos y de oportunidad, incluso por su valor en cuanto a servicios ambientales, pero sin considerar la adecuada representación de la biodiversidad bajo criterios de complementariedad, rareza, endemismo y no sólo la riqueza de especies (Koleff y Urquiza-Haas, 2011). Aunado a esto, está documentada la respuesta de las especies ante el cc, mencionada en la sección anterior, modificando su área de distribución original, lo que representa otro reto de conservación en México.

## LAS AVES RAPACES EN MÉXICO

Las aves rapaces son predadores ubicados en lo más alto de la cadena alimenticia, desempeñando un papel ecológico de gran importancia al regular las poblaciones de sus presas, reciclar materia muerta y controlar plagas (Newton 1979; Thiollay, 1989). Usualmente se relacionan con sitios de alta diversidad ya que son muy sensibles a las alteraciones en los ecosistemas, requieren grandes extensiones de área con hábitats naturales altamente productivos y poco fragmentados, preferentemente donde la diversidad de presas sea alta (Sergio *et al.*, 2008; Burgas *et al.*, 2014). Por esta razón, se han identificado como especies útiles en el monitoreo del estado de conservación del hábitat (Brierregaard, 1995) y al no encontrar rapaces en un ecosistema donde se deberían presentar se considera que la estructura de estos sitios no es adecuada y por lo tanto está empobrecido (Valencia-Herverth *et al.*, 2012).

A pesar de esto, algunas especies han logrado adaptarse a zonas urbanas y de cultivos (i.e. *Falco peregrinus*, *Falco sparverius*, *Parabuteo unicinctus*, *Buteo jamaicensis*) donde, en ocasiones, se facilita la caza en estos sitios abiertos. Por otra parte, se tienen especies altamente restringidas a cierto tipo de hábitat como los halcones selváticos (*Micrastur ruficollis* y *Micrastur semitorquatus*); el águila real (*Aquila chrysaetos*); el águila elegante, tirana y blanca (*Spizaetus ornatus*, *S. tyrannys* y *S. melanoleucus*); el tecolote canelo (*Aegolius ridgwayi*); y el tecolote tamaulipeco (*Glaucidium sanchezi*).

En México se distribuyen 1 107 especies de aves (Navarro y Gordillo, 2006), de las cuales 98 son rapaces y representan cerca de 10%; 67 de éstas se encuentran bajo alguna categoría de conservación de la NOM-059-SEMARNAT (DOF, 2010). A pesar del gran número de especies del gremio que concurren en el país, se tiene poco conocimiento sobre su estado de conservación en general (Ruelas, 2010).

Los principales proyectos sobre conservación de rapaces, están centrados en el águila real (*Aquila chrysaetos*), realizado por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (SEMARNAP-INE, 1999; CONANP, 2008) y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) (2012); en la recuperación y reintroducción del cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*); y en el monitoreo de la migración de rapaces (Río de rapaces), realizado por la asociación civil PRONATURA. En el 2016, con el Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) de la CONANP, se financió un proyecto enfocado a la elaboración de una guía de identificación de rapaces diurnas y 10 proyectos para el monitoreo y acciones de conservación de rapaces; seis de ellos sólo se enfocaron al águila real, uno al halcón aplomado (*Falco femoralis*), dos al monitoreo de rapaces en general, y uno a las rapaces neotropicales (*Spizaetus ornatus*, *S. tyrannus* y *S. melanoleucus*) y el zopilote rey (*Sarcoramphus papa*).

En el ámbito académico, la mayoría de los estudios realizados sobre rapaces se basan en aspectos de dieta (Tavizón *et al.*, 1995; Aragón *et al.*, 2002; Santos-Moreno y Alfaro, 2009; Bravo *et al.*, 2015); distribución, registros notables y densidad poblacional (Ramos, 1986; Aranda *et al.*, 2009; Vázquez-Pérez *et al.*, 2009; Hidalgo-Mihart *et al.*, 2012; Rivera-Rivera *et al.*, 2012; De Labra y Escalante, 2013; Villarreal-EB *et al.*, 2013 ); o están enfocados a una sola especie (Tavizón *et al.*, 2000; López-Arévalo *et al.*, 2003), por ejemplo el sesgo hacia el estudio de rapaces diurnas, ya que prácticamente no se conoce mucho sobre los Strigiformes debido a sus bajas densidades poblacionales, hábitos nocturnos y elusivos (Rivera-Rivera, 2012) haciendo aún más difícil la toma de decisiones para su conservación.

En la actualidad, hay distintos factores que amenazan la persistencia de estas aves: la colisión con aerogeneradores y líneas eléctricas (Bevanger, 1998; Bevanger, 2001; Manzano, 2006); cacería ilegal y su uso en cetrería; contaminación por plaguicidas, metales pesados y envenenamiento (Moreno *et al.*, 2008 y 2009; Newton, 2016); pérdida de hábitat, que incluye la deforestación y fragmentación; y recientemente el cambio climático y su influencia en la interacción presa-predador (Bretagnolle y Gillis, 2010).

Frente a estas amenazas, vulnerabilidad e importancia ecológica de las rapaces, en otros países se han creado grupos de trabajo que centran sus acciones de conservación en ellas (*e.g.* The peregrine fund, Asian raptor, Belize raptor research institute, Falcon research group, Fondo amigos del buitre, Medraptors, Raptor association of New Zealand, Raptor protection of Slovakia); y se han realizado investigaciones o propuesto programas para su conservación (Thiollay y Meyburg, 1988; Thiollay, 1989; Bierregaard, 1998; Garrido *et al.*, 1999; Bildstein, 2006; Trejo *et al.*, 2007; Bildstein *et al.*, 2008; Pincheira-Ulbrich *et al.*, 2008; 2007; Figueroa y Alvarado, 2012; Freile *et al.*, 2012). Asimismo, existe una red de

asociaciones e institutos a nivel mundial que colaboraran en un grupo de trabajo llamado Global raptor information network (<http://www.globalraptors.org/grin/siteLinks.asp?lid=1000>), el cual provee de información sobre las rapaces de todo el mundo.

El esfuerzo por conservar la biota en el territorio mexicano ha sido notorio, sin embargo, una gran proporción de los proyectos de acciones de conservación y recursos financieros se han enfocado hacia un grupo de especies, como el caso del jaguar y el águila real, dejando en segundo plano otras especies de las que se conoce poco sobre su distribución, ecología, estado de conservación, respuesta a la perturbación del hábitat y cambio climático. En este contexto, el presente trabajo emplea una metodología con la que se puede estimar la distribución potencial de las especies de rapaces diurnas y nocturnas a partir de registros que se han obtenido a lo largo de la colecta científica, así como su posible respuesta ante el cambio climático en todo el territorio nacional a una resolución fina, de tal forma que se puede evaluar su representación en la red de ANP en la actualidad y en un futuro cercano (2050) en escenarios de cambio climático. Asimismo, con base en estas predicciones se proponen sitios prioritarios para la conservación de las rapaces considerando los posibles cambios en la distribución a futuro.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Analizar la representación de las rapaces en riesgo dentro de la red de Áreas Naturales Protegidas en México e identificar sitios prioritarios para su conservación bajo escenarios de cambio climático

## OBJETIVOS PARTICULARES

- Generar una base de datos con la información de la distribución puntual de rapaces en algún estatus de conservación en México.
- Obtener modelos de distribución potencial de las especies de rapaces en riesgo de México para la actualidad y bajo dos escenarios de cambio climático para el año 2050.
- Evaluar la representación de la distribución actual y proyectada de las rapaces en riesgo de México en las Áreas Naturales Protegidas (ANP).
- Identificar sitios prioritarios para la conservación de las rapaces considerando el sistema actual de ANP, así como su distribución actual y proyectada.

# MÉTODO

## DATOS DE PRESENCIA DE LAS ESPECIES

Con base en los estudios, acciones de conservación y amenazas que enfrentan las rapaces diurnas y nocturnas en México, mencionados en la sección anterior, se seleccionaron especies con alguna categoría de conservación de la NOM-059-SEMARNAT (DOF, 2010) para enfocar el estudio en aquellas que requieren atención prioritaria y son más vulnerables. Los criterios para su selección se basaron en el estatus de estacionalidad, considerando únicamente a las especies residentes y excluyendo a las migratorias debido a la dificultad de modelar las interacciones biológicas de la especie, su relación con el medio ambiente y alternancia de nicho (Nakazawa *et al.*, 2004; Batalden *et al.*, 2007); así como un número mínimo de 10 registros únicos por especie, ya que al usar menor número puede ocurrir un sobreajuste en el modelado y no representar toda la distribución geográfica de la especie (Pearson *et al.*, 2007).

La información puntual de las especies se obtuvo a partir de registros almacenados en una base de datos colaborativa disponible en línea, Global Biodiversity Information Facility (GBIF). Ésta contiene registros de especímenes depositados en colecciones científicas de instituciones nacionales e internacionales, o datos de observaciones confirmadas y revisadas en la red (*e.g.* aVerAves y eBird). Adicionalmente, se obtuvieron datos del Atlas de las Aves de México (Navarro *et al.*, 2003) que contiene registros corroborados de colectas científicas de museos de todo el mundo.

A partir de la información de cada registro se obtuvo una base de datos en formato DarwinCore, con campos de importancia para realizar el estudio como: información taxonómica, estado, municipio, localidad, coordenadas geográficas, fecha de colecta, tipo de registro, institución de la que proviene y número de catálogo de la misma. Posteriormente, dicha base de datos se manejó en el programa MS Access (Microsoft, 2013) para depurar aquellos registros carentes de información crítica para llevar a cabo los análisis (*i.e.* nombre científico, georreferencia, localidad), así como registros de tipo fósil, duplicados y observaciones dudosas.

Una vez realizada la depuración, se asignaron las categorías de riesgo de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT (*op. cit.*) de acuerdo con la siguiente clasificación: protección especial (Pr), amenazadas (A), en peligro de extinción (P) y las que están probablemente extintas en medio silvestre (E). Además, se incluyó la categoría de riesgo basada en La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés): extinta (EX), extinta en la naturaleza (EW), en alto peligro de extinción (CR), en peligro (EN), vulnerable (VU), casi amenazada (NT), mínima preocupación (LC) y datos deficientes (DD).

Para validar la depuración previa de datos, éstos fueron exportados a un Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGIS 10.2 (ESRI, 2013) con el objetivo de visualizar los registros en cartas con división política de los Estados Unidos Mexicanos (INEGI, 2016). Los registros no coincidentes con los límites territoriales del país, así como los que no correspondían con su información geográfica, fueron eliminados. Por otra parte, con la intención de asegurar que los datos fueran correctos y tener una distribución uniforme en el espacio geográfico, se validaron empleando los mapas de distribución de la IUCN (2014) y los de Howell y Webb (1995), por lo que se eliminaron los registros distantes de la distribución conocida de la especie.

## OBTENCIÓN DE COBERTURAS CLIMÁTICAS

Las variables ambientales para modelar la distribución de las especies en el presente se obtuvieron de WorldClim versión 1.4 (<http://www.worldclim.org/>), un sitio web que alberga capas de variables climáticas con alta resolución (1 Km<sup>2</sup>) en formato GRID (Hijmans *et al.*, 2005). Dicha página, también contiene coberturas con proyecciones a futuro (2050 y 2070) y al pasado (Holoceno y Último Máximo Glacial) generadas con base en los MCG para los cuatro escenarios de emisiones disponibles.

Para la evaluación del efecto del CC sobre la distribución de las especies, se emplearon dos escenarios de emisiones para tener respuestas contrastantes en un futuro cercano: el RCP 8.5, caracterizado por el incremento constante de emisiones de GEI (Riahi *et al.* 2007; Wayne, 2013); y el RCP 4.5, un escenario más conservador donde el total de la fuerza radiativa se estabilizará poco después del año 2100 (Clarke *et al.* 2007; Smith y Wigley 2006; Wise *et al.* 2009; Thomson *et al.*, 2011; Wayne, 2013). Dichos RCP se obtuvieron del HADGEM2-ES uno de los tres MCG generados por Hadley Center para la fase 5 del Coupled Model Intercomparison Project (CMIP5); este modelo incorpora procesos atmosféricos y oceánicos que interactúan con los ciclos del carbono en el océano y la tierra, así como la dinámica de la vegetación y a diferencia de los otros tres, incluye la química de la tropósfera (Martin *et al.*, 2011; Collins *et al.*, 2011).

Se ha encontrado que los MCG que incorporan el ciclo del carbono tienen mayor sensibilidad al aumento de uno de los principales GEI, el CO<sub>2</sub>, por lo que dan resultados más contrastantes respecto al incremento de las temperaturas (Caesar *et al.*, 2013). En éste contexto, el aumento de CO<sub>2</sub> y la reducción en la cobertura vegetal está reduciendo la capacidad de los bosques en la captura de carbono, liberando mayor cantidad hacia la atmósfera.

Las capas fueron procesadas en el SIG para restringir el área accesible de cada especie (**M**) y evitar una sobrepredicción (Elith *et al.*, 2011). Para éste proceso es importante considerar unidades que no contengan barreras geográficas que impidan la dispersión de las especies, como las ecorregiones (Botello *et al.*, 2015), las cuales son una regionalización basada en las condiciones climatológicas, geológicas y edafológicas que albergan un grupo característico de especies y comunidades ecológicas similares (Challenger y Soberón, 2008; WWF, 2012).

Las ecorregiones terrestres se obtuvieron de la carta geográfica generada por el Fondo Mundial de la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) (Olson *et al.*, 2001), éstas fueron intersectadas con los registros obtenidos de cada una de las especies, de tal forma que se obtuvo una capa de las ecorregiones por especie con la que se extrajeron las 19 capas de variables climáticas para el escenario actual y los dos a futuro, resultando en una **M** distinta para cada especie a modelar.

Con éstas variables se hizo un Análisis de Componentes Principales (PCA, por sus siglas en inglés) en ArcGis 10.2, con la finalidad de evitar una posible sobreparametrización y reducción del poder predictivo de los modelos causada por la multicolinealidad de las variables (Morueta-Holme, 2010; Alvarado-Cárdenas *et al.*, 2013). Se dividieron en cuatro grupos de acuerdo al tipo de información para identificar cuáles son el conjunto de variables que aportan mayor información a la generación de los modelos, esto con base en la propuesta de Olson *et al.* (2013) (tabla 2). Finalmente se seleccionaron los Componentes Principales (CP) que explicaron la mayor variación posible del total de los datos, no menor a 95%, obteniendo un total de cuatro coberturas climáticas únicas de los tres escenarios temporales para cada especie.

**Tabla 2.** Variables climáticas para Análisis de Componentes Principales (PCA)

Temperatura media		Estacionalidad de la temperatura	
<b>Bio 1</b>	Temperatura media anual	<b>Bio 2</b>	Promedio del rango diario
<b>Bio 5</b>	Temperatura máxima del mes más cálido	<b>Bio 3</b>	Isotermalidad
<b>Bio 6</b>	Temperatura mínima del mes más frío	<b>Bio 4</b>	Estacionalidad de la temperatura
<b>Bio 8</b>	Temperatura media del trimestre más húmedo	<b>Bio 7</b>	Rango anual de temperatura
<b>Bio 9</b>	Temperatura media del trimestre más seco		
<b>Bio 10</b>	Temperatura media del trimestre más cálido		
<b>Bio 11</b>	Temperatura media del trimestre más frío		
Precipitación en época húmeda		Precipitación en época seca	
<b>Bio 12</b>	Precipitación anual	<b>Bio 14</b>	Precipitación del mes más seco
<b>Bio 13</b>	Precipitación del mes más húmedo	<b>Bio 15</b>	Estacionalidad de la precipitación
<b>Bio 16</b>	Precipitación del trimestre más húmedo	<b>Bio 17</b>	Precipitación del trimestre más seco
<b>Bio 18</b>	Precipitación del trimestre más cálido	<b>Bio 19</b>	Precipitación del trimestre más frío

## MODELADO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL Y A FUTURO

Se generaron tres modelos por especie: uno para la distribución potencial actual y uno para cada escenario futuro utilizando el software MaxEnt, el cual está fundamentado en el concepto de máxima entropía. Este usa la asociación observada entre ubicación geográfica de las especies (presencias reales) y variables ambientales de la región, dando como resultado una distribución de probabilidades en celdas que constituyen la distribución potencial de una especie (Phillips *et al.*, 2004, 2006; Phillips y Dudík, 2008; Botello *et al.*, 2015a).

Los parámetros empleados para elaborar los modelos fueron 10 réplicas por especie con un submuestreo al azar por reemplazamiento; de los registros puntuales, 80% se emplearon para entrenamiento (*training*) y 20% como prueba (*testing*); asimismo se seleccionaron los valores por *default* de un multiplicador de regularización =1 y un *background* de 10 000 puntos ya que han mostrado que se pueden obtener resultados robustos (Pliscoff y Fuentes-Castillo, 2011).

Los modelos se evaluaron a través del análisis del Área Bajo la Curva (AUC, por sus siglas en inglés) de la curva Receiver Operator Characteristic (ROC), seleccionando el mejor de los modelos resultantes por especie que tuvieron un bajo porcentaje de omisión y el valor más alto de AUC y mayor a 0.75. Una vez elegido el mejor modelo de distribución de cada especie, se transformaron a un mapa binario de presencias y ausencias (1 y 0 respectivamente), aplicando el umbral del 10 percentil de los puntos de *training*, obtenido de los análisis estadísticos que provee MaxEnt; éste se basa en incluir 90% del intervalo de valores y excluir 10%, ya que considera éste porcentaje como posibles registros erróneos al tener valores bajos de probabilidad (Morueta-Holme *et al.*, 2010; Botello *et al.*, 2015a).

## PRIORIZACIÓN DE ÁREAS PARA LA CONSERVACIÓN Y REPRESENTATIVIDAD EN LAS ANP

Para la selección de sitios prioritarios, se usó el software ConsNet (Ciarleglio *et al.*, 2009), el cual facilita los pasos 4 a 9 del protocolo de la Planeación Sistemática para la Conservación (PSC) y permite incluir distintas variables, información sobre la distribución de especies (actual y potencial) y metas particulares para la selección de éstas áreas (Botello *et al.*, 2014), además posee algoritmos con los que se pueden buscar soluciones de representación de metas definidas de la distribución de cada una de las especies (Ciarleglio *et al.*, 2008; Ciarleglio *et al.*, 2009).

Para facilitar la selección de áreas de conservación, la zona de estudio se debe dividir en celdas, donde cada una de estas contiene información de la presencia o ausencia de los subrogados, costos de colocar a cierta especie en una celda determinada o celdas permanentemente incluidas y excluidas en la



priorización. Para esto, los mapas binarios de cada especie se convirtieron a formato ASCII para introducirlos al software MaxEnt To ConsNet, el cual se encarga de leer y preparar los archivos resultantes de MaxEnt para ingresarlos a ConsNet (Ciarleglio, 2008). Es así como se obtuvo un archivo de entrada sobre la representación de las especies para los tres escenarios temporales (RCP 4.5, RCP 8.5 y actual).

Con la finalidad de analizar la representación de las especies en México, evaluar su porcentaje representado en las ANP y obtener un archivo de representación particular por especie (*target*), se realizó una evaluación preliminar en ConsNet en la que se incluyó el archivo de entrada, un archivo con el polígono de la República Mexicana con base en la carta de división política (INEGI, 2016) y otro con los polígonos de las ANP de la porción terrestre (CONANP, 2016a).

El *target* se determinó de acuerdo a la rareza de cada especie, la cual se puede definir de forma individual o en conjunto con base en tres criterios:

1. El área de distribución: la rareza será el inverso de la frecuencia con la que se presenta en un área determinada.
2. Especificidad de hábitat: un subrogado será más raro si su hábitat tiende a ser más específico.
3. Tamaño poblacional local: el inverso de la abundancia será la rareza del subrogado (Rabinowitz *et al.*, 1986; Margules y Sarkar, 2009)

Al no contar con datos de abundancia se empleó el primer criterio (1.), el cual se encuentra relacionado con el segundo, ya que un hábitat al estar limitado espacialmente indica que la rareza determinada por el área de distribución coincidirá con la especificidad de hábitat (Margules y Sarkar, 2009). Considerando lo anterior, se cuantificaron las celdas en las que está presente cada especie y se calculó el inverso de la frecuencia, resultando en una misma meta de representación para los tres escenarios temporales de cada especie, por lo que la representatividad se consideró como la suma del escenario actual, el RCP 4.5 y el RCP 8.5.

Posteriormente se creó un segundo archivo para la elaboración de la solución de conservación donde se incluyó a las ANP como sitios permanentemente incluidos; y, considerando el principio precautorio (Conney, 2004) y asumiendo que los sitios sin vegetación primaria o secundaria, tales como los asentamientos humanos, zona de cultivo, pastizal y palmar inducido y sitios sin vegetación aparente, presentan condiciones ecológicas no viables para las especies (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005a, 2005b, 2009, 2012; Botello *et al.*, en revisión), se tomó en cuenta como sitios permanentemente excluidos, aquellos polígonos de la carta de “Uso de suelo y vegetación” 1: 250 000 Serie V (INEGI, 2013) donde ha

ocurrido transformación del hábitat. Asimismo, se incluyeron tres objetivos de conservación con la finalidad de comparar distintas soluciones de representación al 10%, 20% y un *target* por especie.

Una vez que se ingresaron los archivos necesarios, se corrió una solución inicial para evaluar el desempeño de cada uno de los algoritmos disponibles: ILV, ILV adjacency, RF4, RF4 adjacency, MDS2 y MDS2 adjacency. Finalmente, se inició la búsqueda de la mejor solución de conservación seleccionando los tres objetivos con base en el enfoque *minimum area problem*, partiendo del algoritmo RF4 adjacency por su forma de operar, ya que primero selecciona a los subrogados raros o menos representados, considerando la cercanía entre celdas y complementariedad. Adicionalmente se seleccionaron un máximo de 100 000 iteraciones para encontrar la mejor solución de cada una de las metas de representación.

La mejor solución obtenida para cada objetivo fue exportada al SIG antes mencionado y se superpuso con la capa de la red de ANP para identificar los nuevos sitios determinados como prioritarios para la conservación de las rapaces.

# RESULTADOS

## DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LAS RAPACES EN RIESGO DE MÉXICO

En México se distribuyen 98 especies de aves rapaces diurnas y nocturnas, 68 de ellas están bajo alguna categoría de conservación de la NOM-059, de éstas, 27 son migratorias, por lo que únicamente 41 especies fueron consideradas en éste análisis, incluyendo el cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*), el caracara come cacao (*Ibycter americanus*) y el águila arpía (*Harpia harpyja*) probablemente extirpados del país. En el listado de especies prioritarias para la conservación (DOF, 2014) se encuentran cinco especies; en la lista de la NOM-059, 13 se encuentran amenazadas (A), 11 en peligro (P), 16 bajo protección especial (Pr) y una extirpada (E). Cabe destacar que cuatro de estas son endémicas al país (Anexo I).

Se generó una base de datos depurada con un total de 65 856 registros, de los cuales 1 635 se obtuvieron al Atlas de las Aves de México y 64 221 de GBIF. De estos, se utilizaron un total de 13 572 registros únicos para elaborar los modelos de distribución potencial.

Con base en los registros puntuales de colecciones biológicas, la especie más abundante fue *Parabuteo unicinctus* con 4 178, seguido por *Micrastur semitorquatus* con 934. Por el contrario, *Harpia harpyja*, *Strix varia* y *Falco deiroleucus*, son las especies con menor número de registros: 14, 18 y 20, respectivamente (tabla 3).

## MODELADO DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES (MDE)

Se obtuvieron un total de 123 modelos que representan la distribución potencial actual y proyectada al año 2050 para el RCP 4.5 y RCP 8.5. de 41 especies. Para cada especie se utilizaron dos Componentes Principales (CP) por cada conjunto de variables, agrupando más de 98% de la información de cada variable ambiental, ya que al utilizar el tercer CP no aportaba información importante para la elaboración del modelo en MaxEnt.

El valor más bajo de AUC (0.7663) se presentó para *Buteogallus urubitinga*, mientras que el más alto fue 0.9895 para *Aegolius ridgwayi* y, en promedio, el valor fue 0.8809. En la tabla 3 se resumen los resultados obtenidos para el mejor modelo de cada especie indicando el valor de AUC, umbral 10 percentil, número de registros empleados para *training* y *testing*, así como la representatividad en México, con la cual se obtuvo el objetivo de representación por especie.

Tabla 3. Información sobre las especies analizadas.

Especie	Registros de entrenamiento	Registros de prueba	Entrenamiento AUC	Prueba AUC	Umbral 10 percentil	Representatividad en México (Celdas $\sim$ 1 Km <sup>2</sup> )	Target (Celdas)	Área de distribución target (%)
<i>A. ridgwayi</i>	27	6	0.9895	0.887	0.4545	1 128	370	32.80
<i>G. californianus</i>	54	13	0.9698	0.9454	0.33	1 303	418	32.08
<i>G. hoskinsii</i>	28	7	0.9742	0.858	0.296	1 892	577	30.50
<i>M. barbarus</i>	38	9	0.9836	0.7525	0.1071	5 171	1 392	26.92
<i>M. cooperi</i>	113	28	0.9129	0.804	0.3709	10 389	2 587	24.90
<i>S. fulvescens</i>	519	129	0.8527	0.7675	0.2171	10 458	2 602	24.88
<i>S. varia</i>	15	3	0.9651	0.7116	0.4014	14 137	3 406	24.09
<i>G. sanchezi</i>	31	7	0.9322	0.7784	0.1929	17 734	4 174	23.54
<i>F. deiroleucus</i>	16	4	0.8694	0.8077	0.3314	40 549	8 800	21.70
<i>C. nigrolineata</i>	112	27	0.8388	0.6782	0.2985	49 010	10 449	21.32
<i>C. burrovianus</i>	547	136	0.8284	0.7993	0.2633	54 606	11 527	21.11
<i>S. tyrannus</i>	181	45	0.9667	0.9165	0.0166	60 558	12 663	20.91
<i>I. americanus</i>	16	3	0.8811	0.6829	0.0881	62 026	12 942	20.87
<i>H. harpyja</i>	12	2	0.7896	0.7487	0.4493	62 630	13 057	20.85
<i>P. perspicillata</i>	68	17	0.863	0.7743	0.1663	66 333	13 757	20.74
<i>M. seductus</i>	307	76	0.8544	0.7866	0.2741	73 482	15 101	20.55
<i>G. griseiceps</i>	69	17	0.7819	0.7498	0.3273	74 523	15 295	20.52
<i>B. solitarius</i>	30	7	0.9028	0.7804	0.4697	77 773	15 902	20.45
<i>S. papa</i>	79	19	0.9601	0.9174	0.1294	78 569	16 050	20.43
<i>R. sociabilis</i>	552	137	0.8829	0.8342	0.2919	83 249	16 919	20.32
<i>M. asio</i>	179	44	0.9518	0.8904	0.1800	83 725	17 007	20.31
<i>B. nigricollis</i>	152	37	0.9013	0.7669	0.2091	86 853	17 586	20.25
<i>P. albicollis</i>	3343	835	0.7945	0.7868	0.1873	90 512	18 261	20.18
<i>P. clamator</i>	81	20	0.9016	0.8183	0.1873	101 364	20 249	19.98
<i>L. cayanensis</i>	190	47	0.8662	0.7946	0.2639	113 508	22 454	19.78
<i>L. cristata</i>	55	13	0.803	0.6171	0.296	113 985	22 541	19.78
<i>S. melanoleucus</i>	61	15	0.8319	0.7091	0.242	119 548	23 544	19.69
<i>H. bidentatus</i>	166	41	0.8476	0.7288	0.332	121 091	23 822	19.67
<i>A. bicolor</i>	86	21	0.8408	0.7518	0.329	128 344	25 124	19.58
<i>A. stygius</i>	71	17	0.9076	0.8696	0.0908	146 101	28 289	19.36
<i>M. ruficollis</i>	42	10	0.8587	0.621	0.2381	152 531	29 427	19.29
<i>G. palmarum</i>	188	46	0.8753	0.7623	0.2652	154 163	29 715	19.28
<i>S. ornatus</i>	299	74	0.8734	0.7356	0.2457	167 594	32 080	19.14
<i>F. femoralis</i>	482	120	0.9097	0.8476	0.219	220 933	41 340	18.71
<i>C. uncinatus</i>	328	81	0.8717	0.8132	0.2683	261 253	48 228	18.46
<i>M. semitorquatus</i>	748	186	0.8302	0.7626	0.3159	271 114	49 900	18.41
<i>G. albicaudatus</i>	324	80	0.9146	0.8394	0.2538	327 714	59 417	18.13
<i>S. occidentalis</i>	203	50	0.8406	0.7148	0.2728	331 550	60 057	18.11
<i>G. caeruleascens</i>	382	95	0.8512	0.7731	0.305	333 311	60 351	18.11
<i>B. urubitinga</i>	583	145	0.7663	0.6896	0.317	389 057	69 599	17.89
<i>P. uncinatus</i>	101	25	0.8801	0.7066	0.231	398 964	71 232	17.85

Nota 1. Los datos corresponden a la información obtenida para la elaboración de los modelos. Se encuentra ordenada de menor a mayor con base en la columna de representatividad en México.

## REPRESENTATIVIDAD DE LAS RAPACES EN MÉXICO

### DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL

El área de estudio se dividió en 1 735 978 celdas que representan un área de 1 956 626.414 km<sup>2</sup> de la porción terrestre del territorio mexicano, cuya extensión oficial es de 1 964 375 km<sup>2</sup>; ésta diferencia de área es atribuida a la escala, tamaño y forma de celda empleada (Botello *et al.* en revisión).

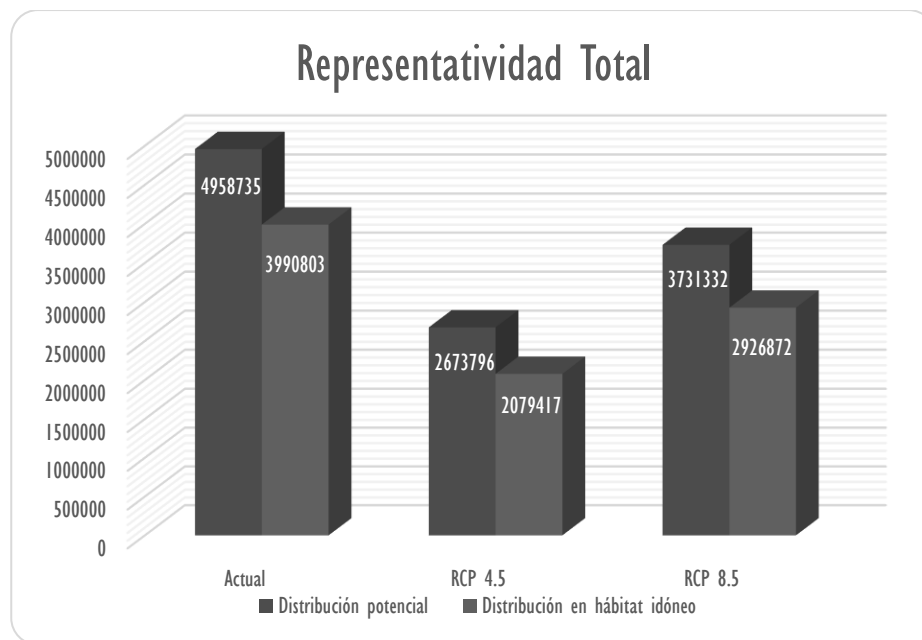
Con base en las predicciones de los MDE, en el escenario actual las especies se presentaron en 1 228 037 celdas y tuvieron 4 958 735 celdas de representación total; se distribuyen en 1 392 526.62 km<sup>2</sup> de los 32 estados de la república mexicana, la mayoría de ellas de afinidad neotropical.

Las especies con mayor área de distribución predicha fueron *Parabuteo unicinctus*, *Buteogallus urubitinga*, *Geranospiza caerulescens*, *Strix occidentalis* y *Geranoaetus albicaudatus*, con más de 30 000 celdas que representan cerca de 2% del territorio nacional; las de distribución más restringida con menos de 2 000 celdas fueron *Glaucidium hoskinsii*, *Gymnogyps californianus* y *Aegolius ridgwayi*, lo cual representa menos de 0.1%.

A partir de la representatividad resultante de los MDE, se obtuvieron los objetivos de conservación para cada subrogado (tabla 3) y se puede observar que entre menor sea el área de distribución de las especies, en éste caso representada por celdas de aproximadamente 1 Km<sup>2</sup>, mayor es el porcentaje destinado a la conservación.

Al delimitar los modelos de distribución potencial al hábitat idóneo o hábitat natural remanente, se reduce 18.8% la representación de las especies y casi un millón de celdas de representación total (figura 3 y 4). La reducción de área y aumento de perímetro, dan como resultado una forma (relación área/perímetro) de 0.34 que indica una mayor fragmentación del hábitat.

En promedio, la distribución potencial actual de las especies se reduce 19.03% por la pérdida de hábitat, las que tienen pérdidas superiores a 30% son *Megascops barbarus*, *Megascops cooperi*, *Ciccaba nigrolineata* y *Aegolius ridgwayi*; por el contrario, la única especie sin perder área de distribución por el cambio de uso de suelo, fue el Cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*), seguido del tecolote del cabo (*Glaucidium hoskinsii*) con una pérdida de 1% (Figura 5 y 6).



**Figura 3.** Representatividad total. Área de distribución potencial respecto al área de hábitat idóneo en México (medido en celdas) para los tres escenarios temporales (actual, RCP 4.5 y RCP 8.5).

### DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL Y RCP 8.5

Si bien ante el cc la distribución de estas especies se contrae, sus requerimientos en el escenario RCP 8.5 cambian en la configuración espacial con respecto al escenario actual, resultando en mayor ocupación: 1 262 884 celdas de representación, representación total de 8 690 067 celdas, un área de 1 431 455 km<sup>2</sup>, perímetro de 134 535 km, 4 238 *clusters* y forma con valor de 0.09. Sin embargo, al eliminar los sitios donde ocurrió transformación de hábitat, se obtiene una configuración de 1 089 364 celdas, el número de *clusters* aumenta considerablemente a 10 905 y resulta en una forma de 0.3; lo cual significa que, aunque sean sitios bioclimáticamente idóneos para la supervivencia de las especies, la perturbación del hábitat reduce 13.7% del total del área de distribución de las especies analizadas (figura 3). Asimismo, el valor de la forma indica que la configuración espacial de la distribución de todas las especies está más fragmentada.

Ante este escenario de emisiones, 11 especies tuvieron un incremento en su área de distribución en México, incluso algunas de ellas duplicaron el porcentaje. En casos particulares como el halcón aplomado (*Falco femoralis*), tuvo una modificación hacia mayor latitud reduciendo considerablemente su distribución en México, aunado a que ya había sido extirpado de una gran parte de su distribución original.

Por otro lado, el caracara come cacao (*Ibycter americanus*), extirpado de México, se podría beneficiar ante el cc.

Si bien estas especies aumentarán su área de distribución ante las condiciones climáticas futuras, las 30 especies restantes tienen reducción en su distribución original y más de la mitad muestran pérdidas de 50% hasta 100%. Es preocupante que especies de distribución sumamente restringida, tales como *Glaucidium sanchezi*, *Aegolius ridgwayi*, *Megascops cooperi*, *Megascops barbarus* y *Gymnogyps californianus*; inclusive las que no están muy restringidas como *Leptodon cayanensis*, *Harpia harpyja* y *Sarcoramphus papa*, tengan una pérdida de más del 80%, ya que existe un fuerte presión antropogénica (caza, envenenamiento, pérdida de hábitat natural, etc.) ejercida sobre estas especies, principalmente en las dos últimas que han sido extirpadas en gran proporción de su distribución en el país. De forma particular, el cóndor californiano estuvo al borde de la extinción por lo que fue sometido a planes de reintroducción, y si se considera la posible respuesta ante ambos escenarios futuros, perderá la totalidad de su hábitat.

Otras rapaces también tienen pérdidas importantes tales como: las tres especies de águilas del género *Spizaetus* (*S. ornatus*, *S. melanoleucus* y *S. tyrannus*), gravemente amenazadas y de amplia distribución en Sudamérica, pero marginal y raras en México, pierden 54%, 62% y 99%, respectivamente; *Glaucidium hoskinsii*, reduce su distribución un 23% y es endémico de la península de Baja California; *Megascops barbarus*, endémico de las tierras altas de Chiapas y Guatemala, pierde poco más de 70%; *Lophotrix cristata*, con distribución marginal en México, pierde 77%. (Anexo II)

#### DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUAL Y RCP 4.5

En este escenario, la representación de las especies fue menor, resultando en 1 295 326 celdas, con una representación total de 76 596 celdas, 1 467 274 km<sup>2</sup> de área, 134 840 km de perímetro, 4 243 clusters y relación área perímetro de 0.09. Al considerar la reducción de hábitat por sitios perturbados la configuración espacial se reduce a 1 048 846 celdas, representación total de 6 096 846 celdas, 1 184 974 km<sup>2</sup> de área, un perímetro de 387 711 km, 11 580 clusters y forma de 0.32.

A diferencia del RCP 8.5, la distribución de las especies en este escenario se ve más afectada por la pérdida de 19% de vegetación primaria y secundaria, lo cual se refleja en el aumento de clusters y perímetro, a pesar de tener menos celdas y área ocupada.

Las águilas del género *Spizaetus*, tuvieron menor pérdida que en el RCP 8.5, excepto por *S. melanoleucus*. En otras nueve (*Busarellus nigricollis*, *Cathartes burrovianus*, *Ciccaba nigrolineata*, *Falco deiroleucus*, *Geranoaetus albicaudatus*, *Micrastur ruficollis*, *Ibycter americanus*, *Rostrhamus sociabilis* y

*Parabuteo unicinctus*) hay resultados contrastantes, algunas de ellas tienen ganancias mientras que en el RCP 8.5 presentan pérdidas (Anexo II); la especie con mínima representación fue *Megascops cooperi* con una sola celda, y *Megascops barbarus*, *Aegolius ridgwayi*, *Falco deiroleucus*, *Gymnogyps californianus* y *Pseudastur albicollis* perdieron el total de su representación en el país.

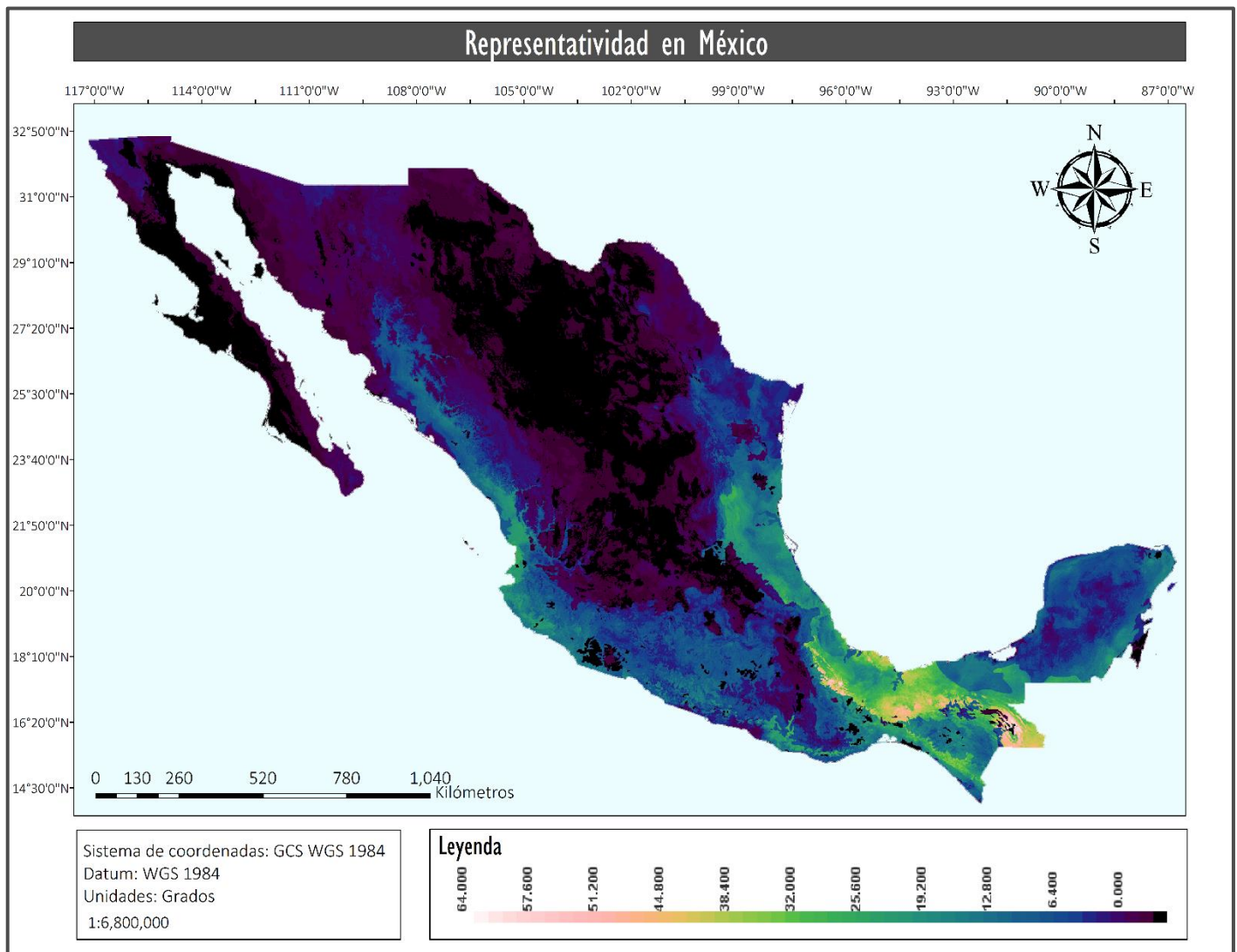


Figura 4. Representatividad total de las especies considerando el escenario actual y los dos escenarios de cambio climático.



## HÁBITAT NATURAL REMANENTE

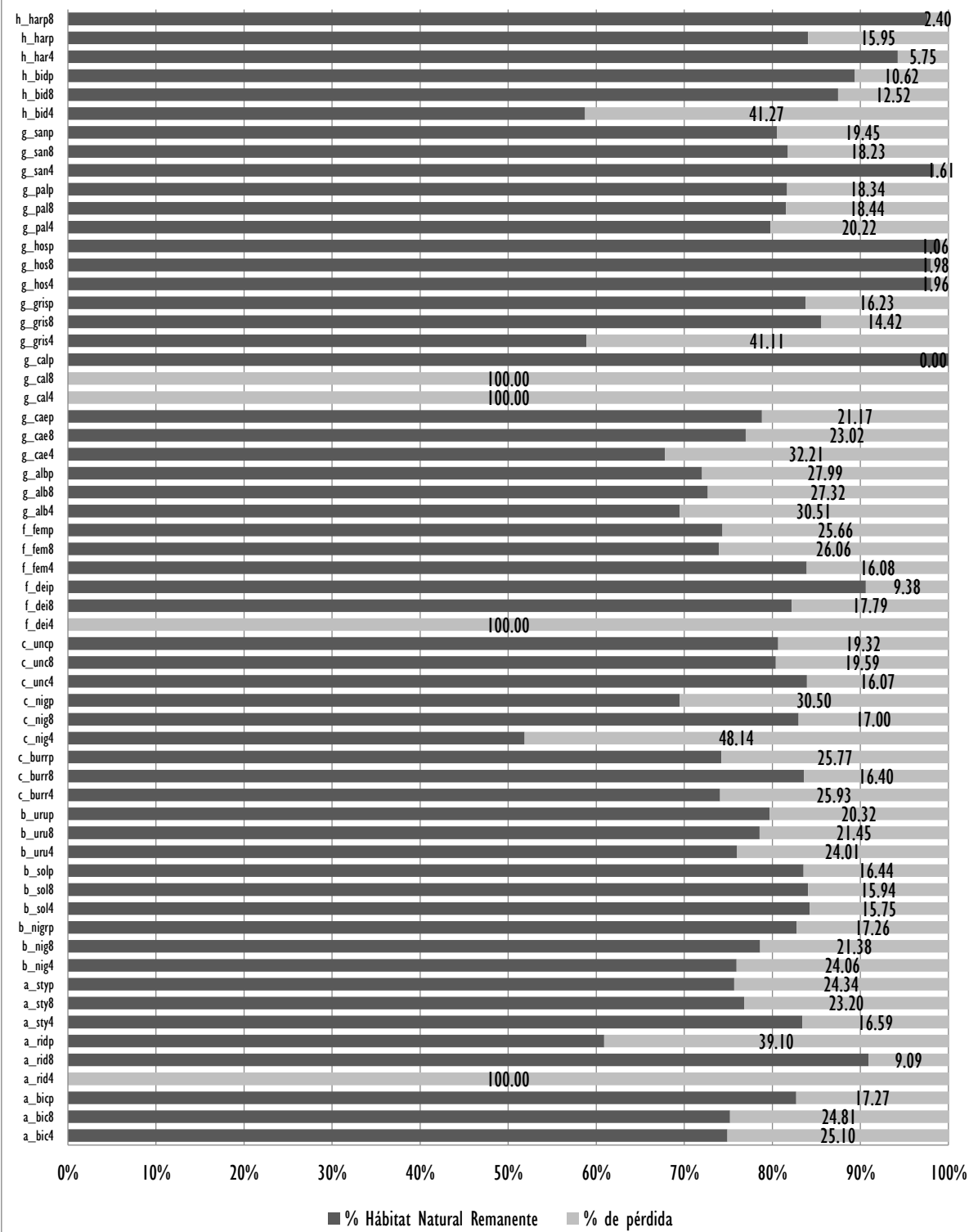


Figura 5. Hábitat natural remanente. Pérdida de hábitat representada en porcentaje por especie y para cada escenario temporal. RCP - 4.5 está representado por el número 4, el RCP 8.5 por el número 8 y el actual por la letra p

## HÁBITAT NATURAL REMANENTE

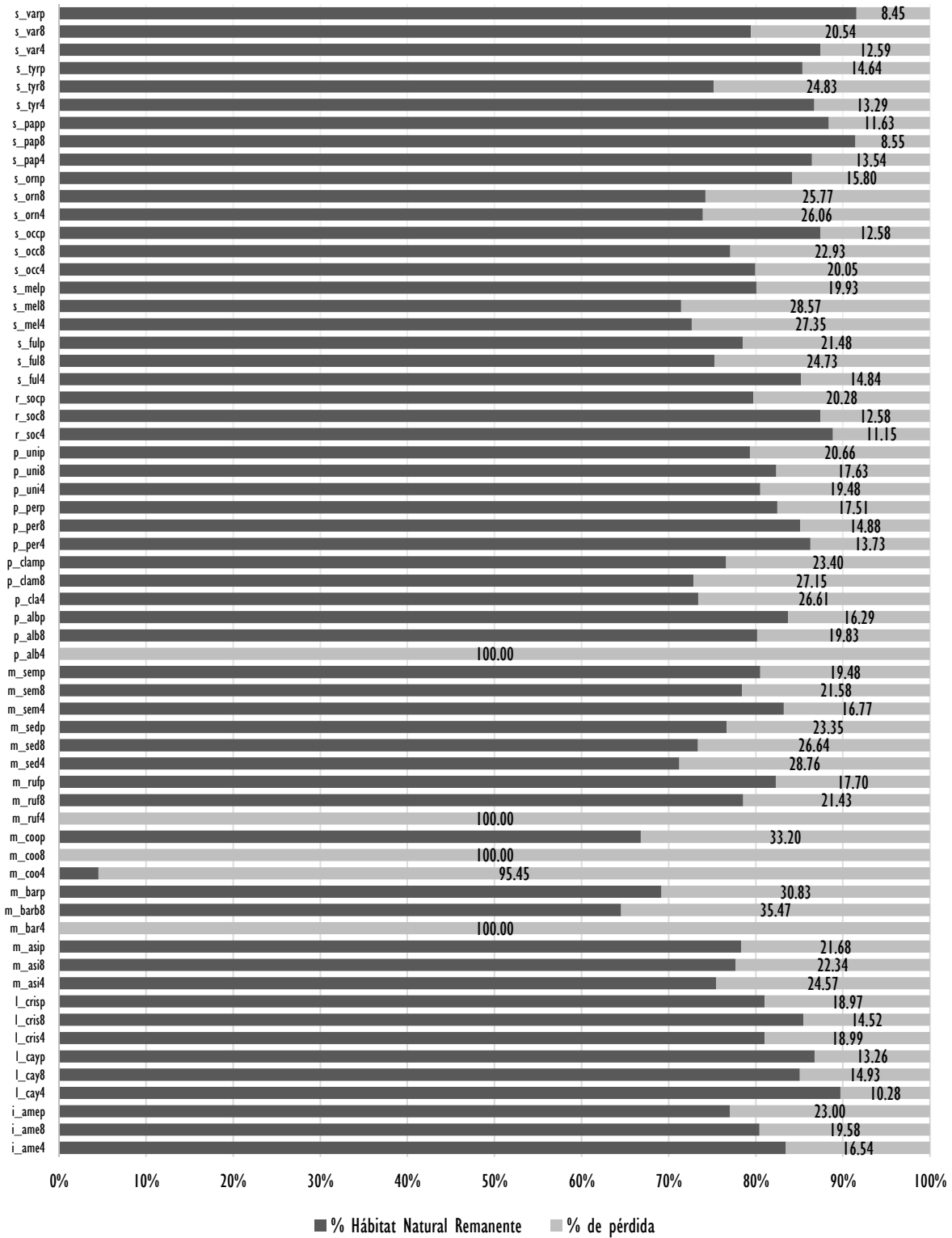


Figura 6. Hábitat natural remanente. Pérdida de hábitat representada en porcentaje por especie y para cada escenario temporal. RCP- 4.5 está representado por el número 4, el RCP 8.5 por el número 8 y el actual por la letra p

## REPRESENTATIVIDAD DE LAS RAPACES EN RIESGO DE MÉXICO EN LAS ANP

La red de 177 ANP federales fue dividida en 167 898 celdas, correspondientes a 187 841 km<sup>2</sup> y perímetro de 43 506 km, esto únicamente considerando el hábitat natural remanente. Bajo las condiciones del RCP 4.5 las especies tuvieron una representación total de 195 864 celdas; en el RCP 8.5 representación de 275 266 celdas; y en la distribución potencial actual una representación de 434 256 celdas.

La representación en las ANP para 27 especies fue menor a 13% en los tres escenarios temporales. Las especies restantes tuvieron menos de 13% en por lo menos un escenario: para el RCP 8.5, fueron dos especies (*Rostrhamus sociabilis* y *Asio stygius*); para el RCP 4.5 cinco especies (*Sarcoramphus papa*, *Glaucidium sanchezi*, *Micrastur semitorquatus*, *Ciccaba nigrolineata* y *Aegolius ridgwayi*); y en el escenario actual, nueve especies (*Aegolius ridgwayi*, *Ciccaba nigrolineata*, *Micrastur semitorquatus*, *Asio stygius*, *Glaucidium sanchezi*, *Spizaetus tyrannus*, *Pulsatrix perspicillata*, *Strix varia* y *Lophostris cristata*). Las únicas tres que tienen una representación mayor a 13% en los tres escenarios, son *Leptodon cayanensis*, *Strix fulvescens* y *Glaucidium hoskinsii* (Figura 7 y 8).

Con base en el objetivo particular de representación (*target*), sólo *Spizaetus tyrannus* y *Sarcoramphus papa*, en el RCP 8.5; *Strix fulvescens*, para el RCP 4.5; *Glaucidium hoskinsii* y *Gymnogyps californianus*, en el escenario actual; están bien representadas en las ANP. A pesar de esto, las dos especies mencionadas en el RCP 8.5 tienen una pérdida mayor a 94% de su distribución original, por lo que el porcentaje de representación en las ANP tiende a aumentar y no significa que el área representada incrementó.

## REPRESENTATIVIDAD EN ANP

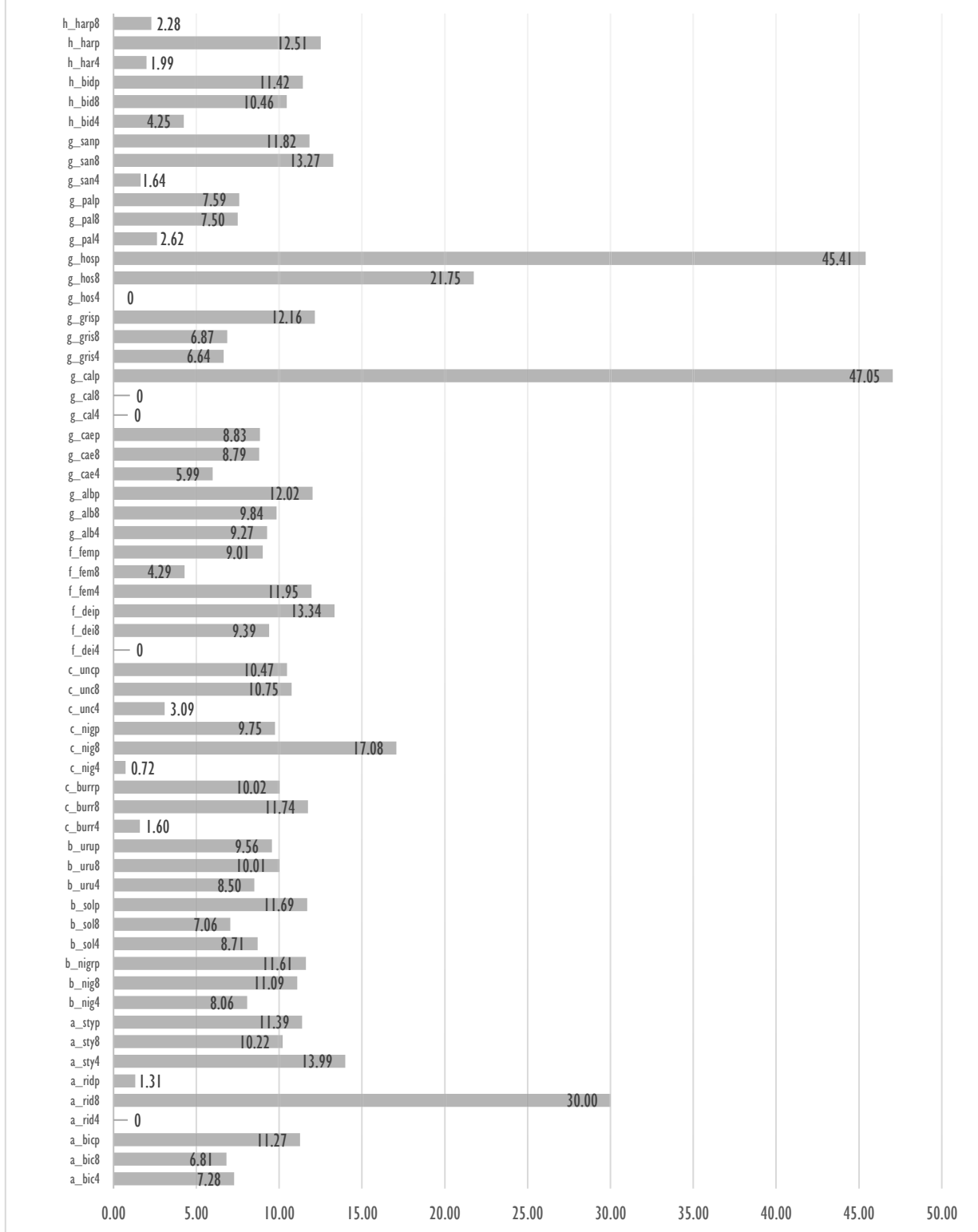
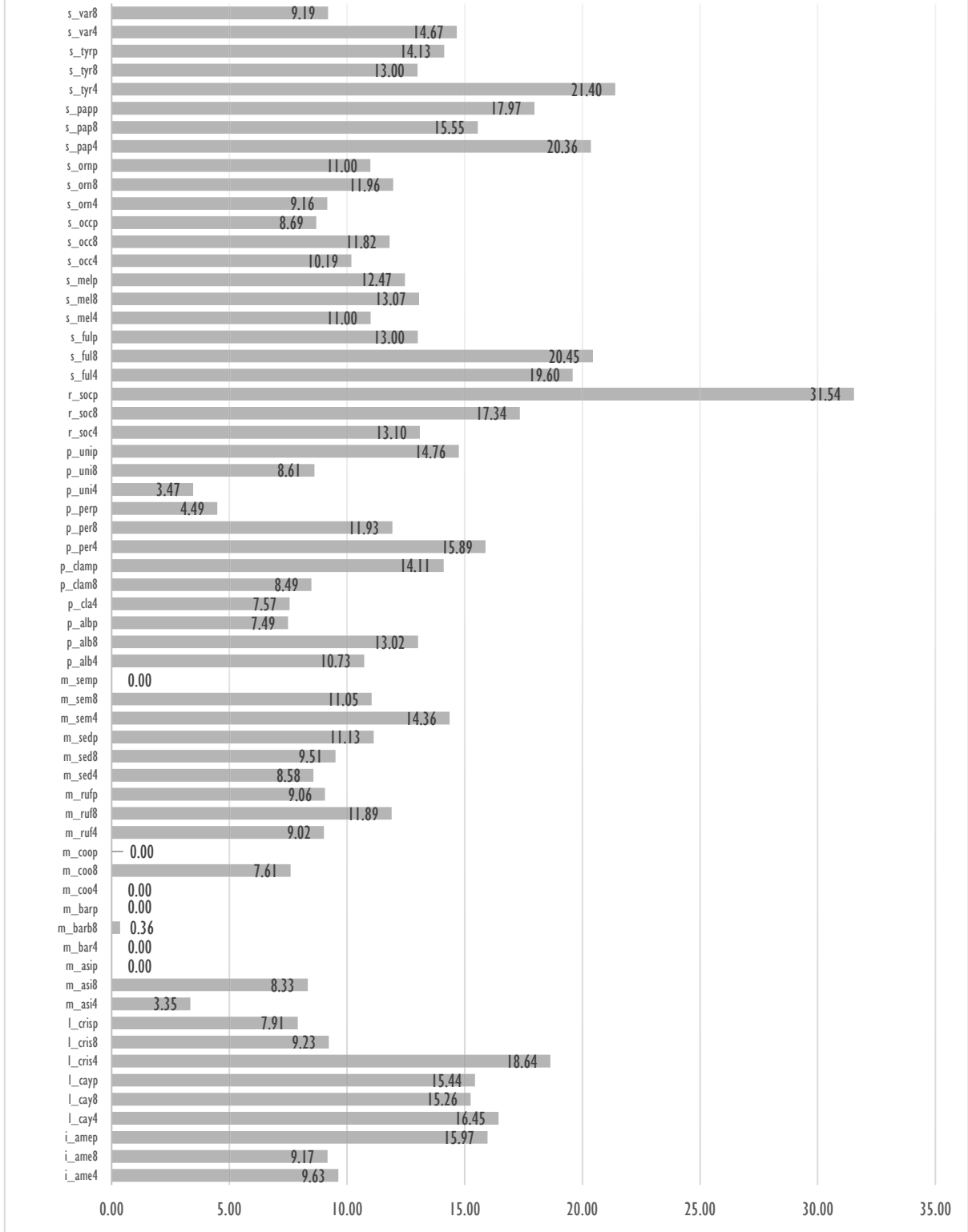


Figura 7. Porcentaje del área de distribución de las especies para cada escenario temporal representado en la red de Áreas Naturales Protegidas (ANP).

## REPRESENTATIVIDAD EN ANP



**Figura 8.** Porcentaje del área de distribución de las especies para cada escenario temporal representado en la red de Áreas Naturales Protegidas (ANP).

## ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS RAPACES EN RIESGO DE MÉXICO BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO (CC)

Algunos de los objetivos particulares de conservación (*target*) no se lograron cumplir debido a que algunas de las especies presentaron reducción en su área de distribución en las proyecciones a futuro, por lo que al tener menor representación que éste, ConsNet realizó un ajuste para buscar la mejor solución de conservación con los objetivos de las especies restantes y lograr el máximo para estos casos.

### ESCENARIO DE EMISIONES RCP 4.5, RCP 8.5 Y ACTUAL

La configuración espacial de la mejor solución resultante en el objetivo de 10% es la que requiere menor número de celdas de las tres soluciones, la forma y, por lo tanto, el número de *clusters* es menor (tabla 4). No obstante, sólo 19 subrogados logran satisfacer el *target* y la solución se restringe 85% a las ANP. Los sitios complementarios a la red actual de ANP, se concentraron en las subprovincias fisiográficas Depresión del Balsas; las Sierras y Valles Guerrerenses; las Costas del Sur, en particular la porción del estado de Guerrero; la región de las Mesetas y Cañadas del Sur, la Llanura Costera de Mazatlán y la región sur de Pie de Monte; las Sierras Orientales de Oaxaca, principalmente en la Sierra Norte y la Chinantla; a lo largo de la vertiente del Golfo en las Llanuras y Lomeríos, la Gran Sierra Plegada y la Llanura Costera Veracruzana; así como en pequeños sitios distribuidos en la región de los Altos de Chiapas y las Sierras del Norte de Chiapas (figura 9).

**Tabla 4.** Configuración espacial de las soluciones de conservación

	Solución 10%	Solución 20%	Solución Target
Número de celdas	196 024	265 525	371 822
Representación total (celdas)	1 432 341	2 497 924	4 612 476
Clusters	3 963	8 577	8 116
Promedio del área de cluster (celdas)	55.53	34.82	51.96
Forma (área/perímetro)	0.39	0.54	0.48
Área (km <sup>2</sup> )	220 076.23	298 663.36	421 734.02
Perímetro (km)	86 750.53	161 441.56	203 457.61

La mejor solución obtenida para el 20% requiere poco menos del doble de celdas que la solución de 10% y tiene el doble de representación total de los subrogados. Sin embargo, la forma y el número de *clusters* refleja una mayor fragmentación; y aunque cumple la representación de 20%, no satisface el objetivo particular por especie, representando únicamente 70 subrogados. Los sitios prioritarios con el

objetivo que complementan a las ANP se encuentran a lo largo de la vertiente del Golfo, principalmente en las subprovincias Llanuras de Coahuila y Nuevo León, la Gran Sierra Plegada, el Carso Huasteco, Llanuras y Lomeríos, y la Llanura Costera Veracruzana; en la Depresión del Balsas; a lo largo de toda la subprovincia Costas del Sur y la Cordillera Costera del Sur, hasta llegar a la Llanura del Istmo en Oaxaca, en todo el estado de Chiapas, la mayor parte en la subprovincia Sierra Lacandona; en las Sierras de la Costa de Jalisco y Colima extendiéndose a lo largo del estado de Sinaloa; en la península de Yucatán se encuentran al sur del Carso y Lomeríos de Campeche; y por último, un porción importante al norte del Sonora y Baja California Norte, y en Baja California Sur en la subprovincia del Cabo (figura 10).

Respecto al *Target*, la mejor solución logra satisfacer el objetivo particular por especie en un total de 371 822 celdas que corresponden a 421 734 km<sup>2</sup>, es decir, el 21% del territorio mexicano. A pesar de que tiene mayor número de celdas que la solución de 20%, el valor de la forma y el número de sitios es menor, así como el área promedio de éstos es similar a la mejor solución de 10%, por lo que ésta tiene *clusters* de mayor área y menos fragmentación entre los sitios prioritarios; una representatividad total cercana al doble y en algunos casos, la representación de especies es mayor a lo planteado por el *target*, sin afectar la configuración espacial y efectividad de la solución (tabla 4). No obstante, las ANP federales representan sólo 45% de la superficie, por lo que la actual red de conservación resulta insuficiente y se necesitaría añadir aproximadamente 233 892 km<sup>2</sup> para satisfacer los requerimientos particulares de las especies.

Los sitios complementarios a las ANP en éste último objetivo se concentraron regiones de gran extensión en el Istmo de Tehuantepec; en todo el estado de Chiapas, principalmente en las Sierras del Norte y la Sierra Lacandona; en Oaxaca se distribuyen en la Sierra Norte y la Chinantla. A lo largo de toda la vertiente del Pacífico, en particular la subprovincia Sierras de la Costa de Jalisco y Colima, las Sierras Neovolcánicas Nayaritas y la porción de la Cordillera del Sur que se encuentra en Guerrero; en la región norte en la Gran Meseta y Cañadas Duranguenses, Pie de la Sierra, las Llanuras y Médanos del Norte, las Sierras y Valles del Norte. En la región norte de la vertiente del Golfo a lo largo de las Llanuras y Lomeríos, el Carso Huasteco, la Sierra de Tamaulipas, la Gran Sierra Plegada y Chiconquiaco. En la península de Baja California únicamente se ubican en la zona norte de las Sierras de Baja California Norte. Por último, otros sitios se encuentran en pequeñas regiones a lo largo del Eje Neovolcánico en Mil Cumbres, en la zona Neovolcánica Tarasca, una pequeña porción al norte de la Depresión del Balsas y en los Lagos y Volcanes de Anáhuac en las zonas aledañas a las ANP (figura 11).

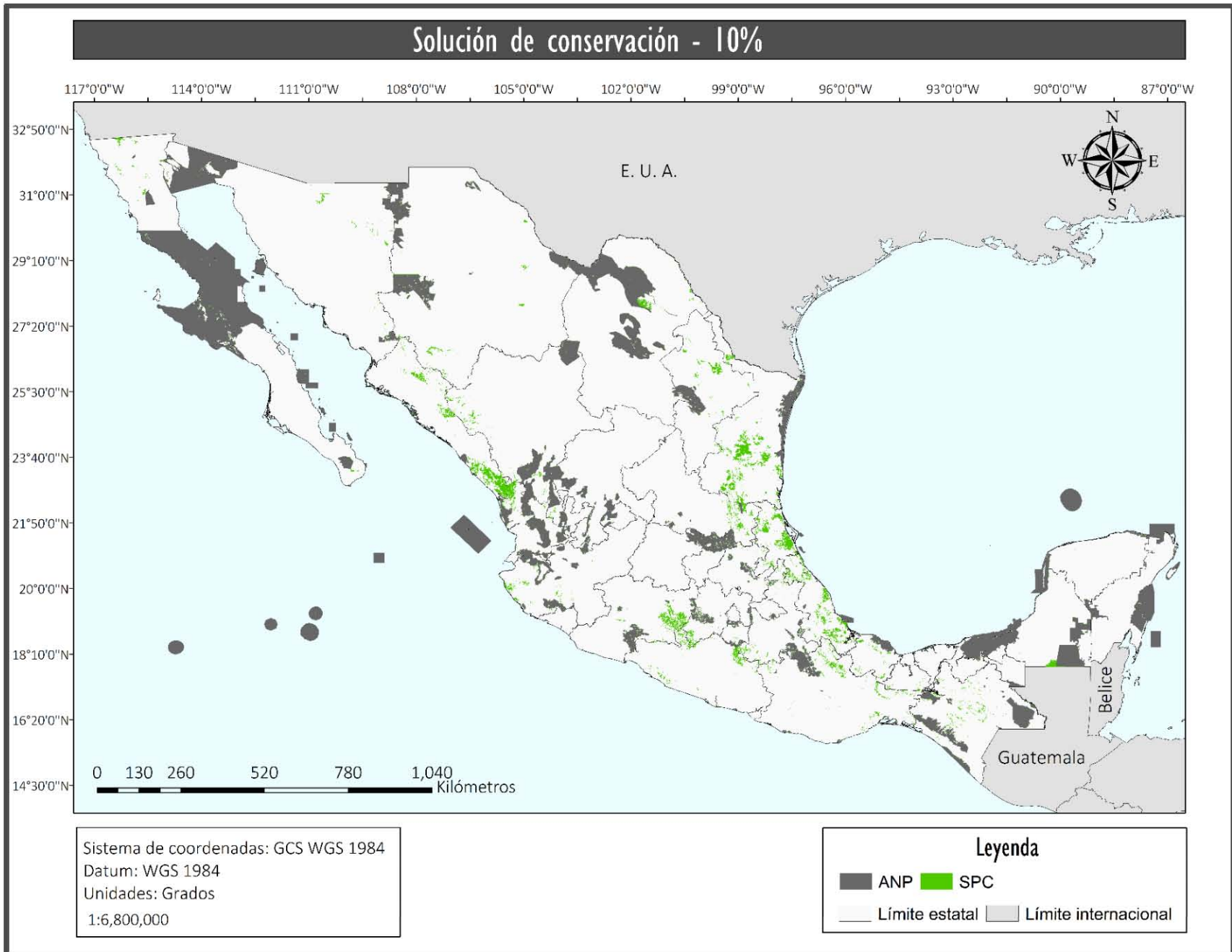


Figura 9. Sitios Prioritarios para la Conservación (SPC) de las rapaces amenazadas de México con el objetivo de 10% de representación.



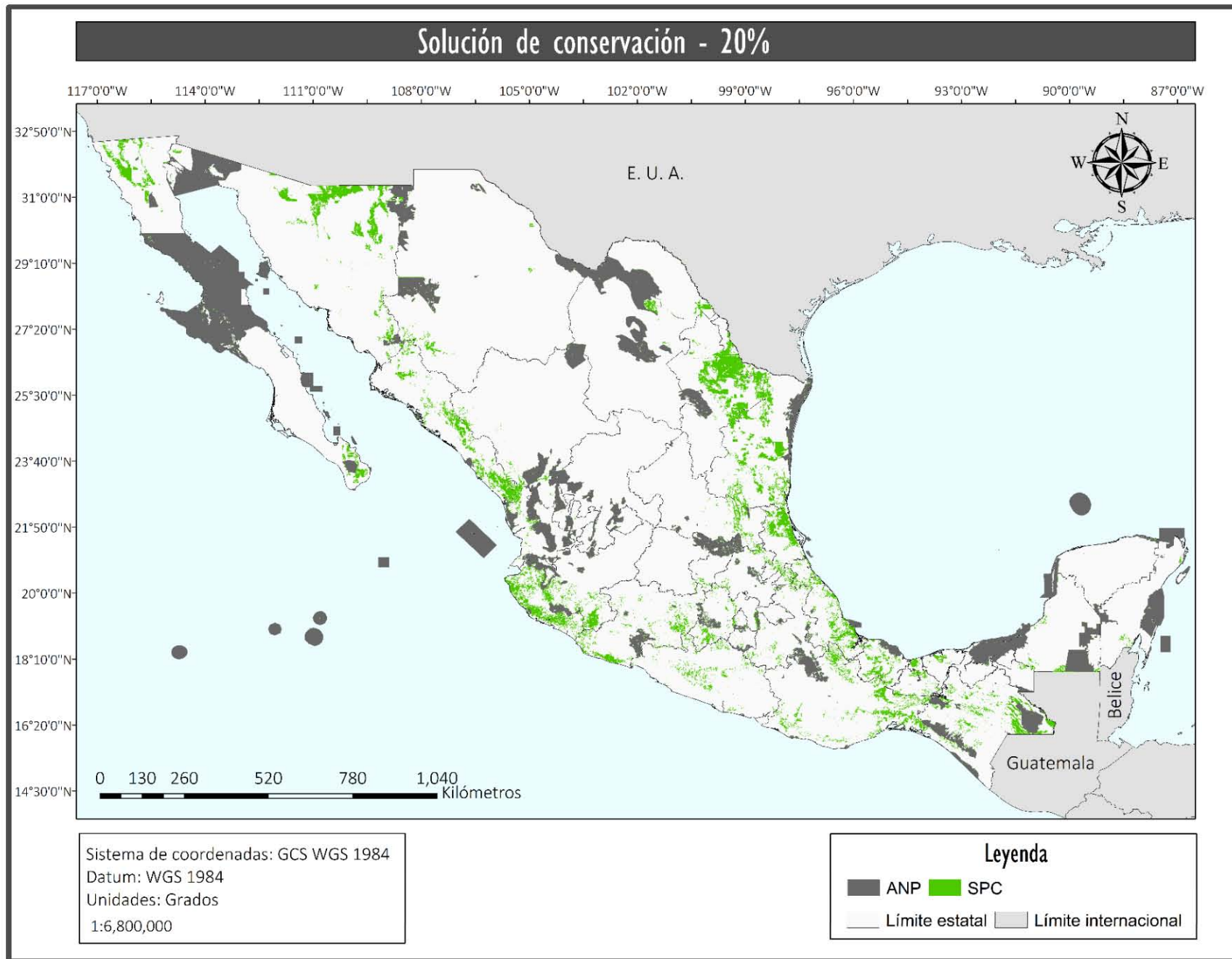
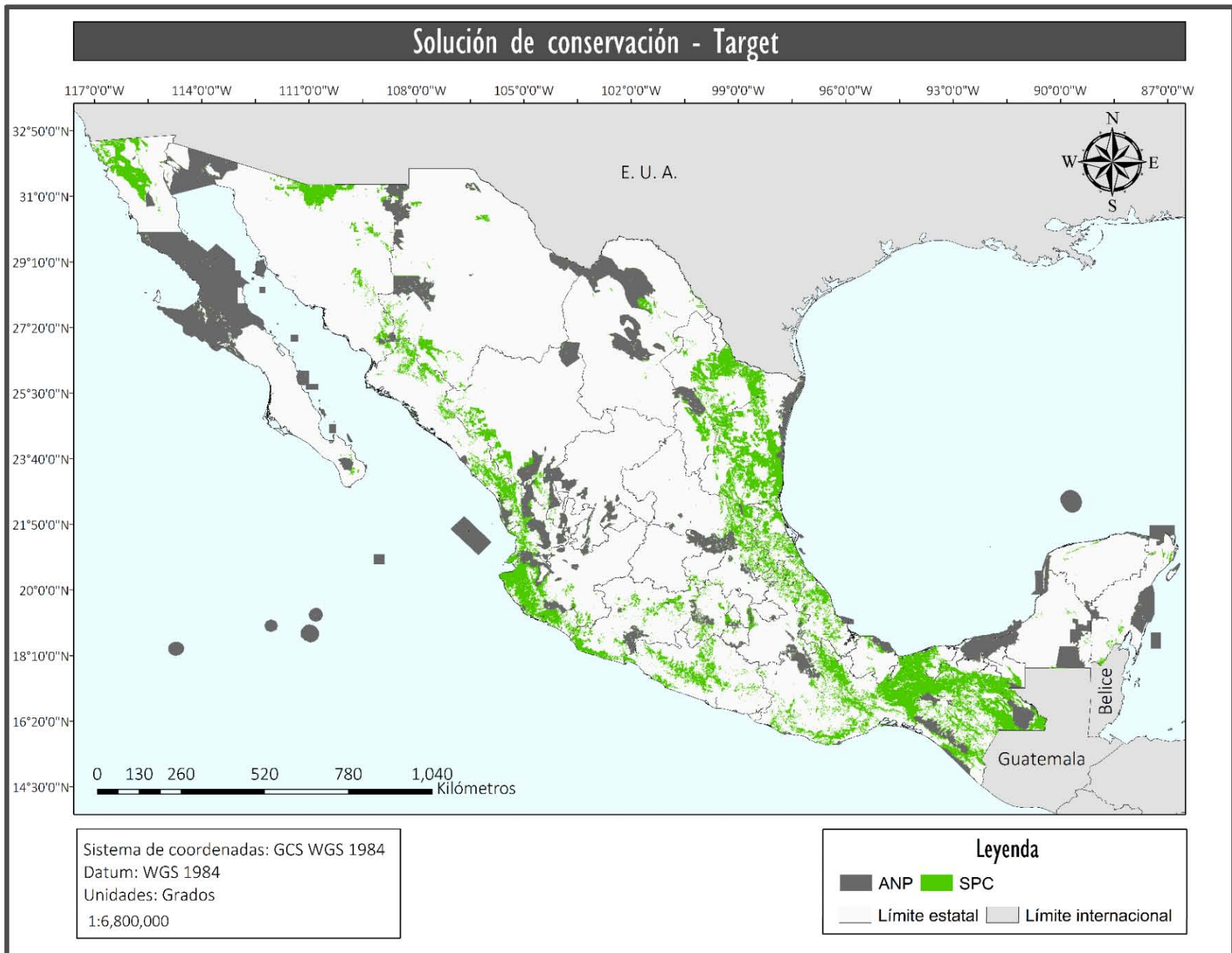
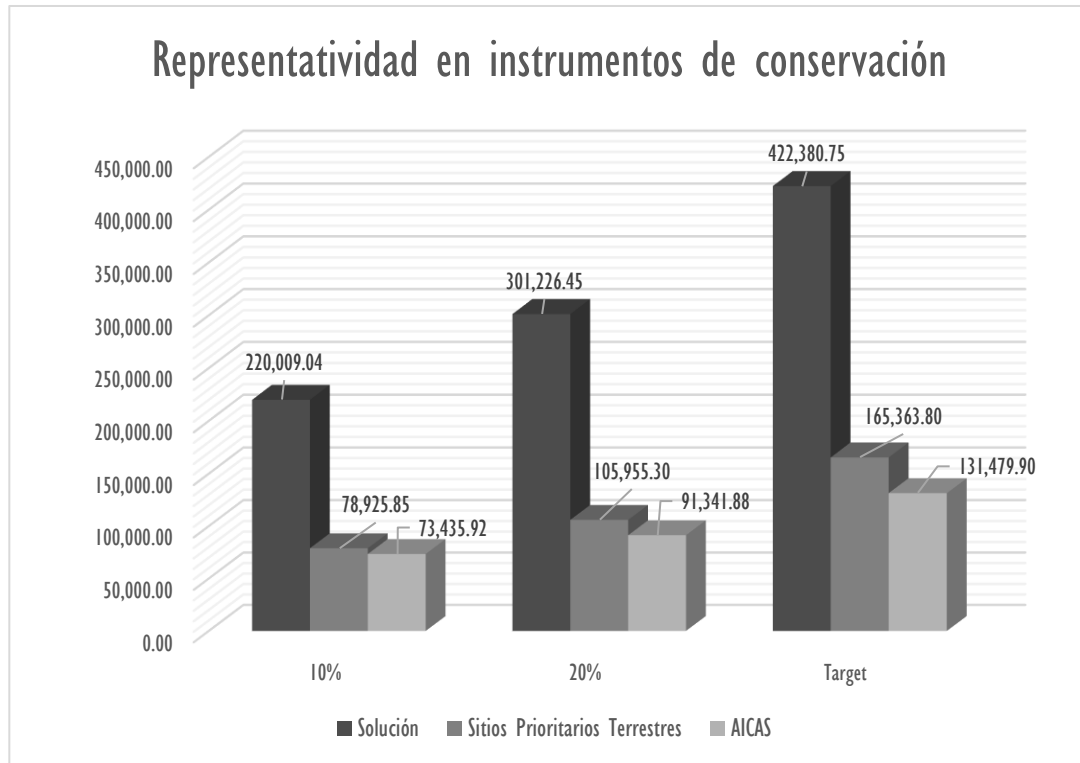


Figura 10. Sitios Prioritarios para la Conservación (SPC) de las rapaces amenazadas de México con el objetivo de 20% de representación.



En las soluciones resultantes existen coincidencias con diversos instrumentos de conservación complementarios (Figura 12). Para la solución de 10%, las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) coinciden 33.37% y para los Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) de la CONABIO, la coincidencia es de 35.87%; en la solución de 20% las AICAS representan 30.32% y los SPT 35.17% del área; finalmente, la solución del *target* coincide en 31.12% con las AICAS y 39.15% con los SPT.



**Figura 12.** Representación (medida en celdas) de la red de conservación con el objetivo de 10%, 20% y Target en las Áreas de Importancia para la conservación de las Aves (AICAS) y los Sitios Prioritarios Terrestres (SPT)

# DISCUSIÓN

El valioso acervo que albergan las colecciones científicas permitió realizar el presente análisis a nivel nacional para la identificación de las prioridades de conservación de las rapaces amenazadas y su representación en las ANP federales a una resolución fina (~1 Km), considerando la Planeación Sistemática de la Conservación (PSC) y el Modelado de Distribución de Especies (MDE) como marco teórico y metodológico. Infortunadamente, los registros de colecta científica y avistamientos tienen un gran sesgo hacia zonas de fácil acceso tales como carreteras, sitios aledaños a asentamientos humanos, estaciones biológicas y hacia ciertos grupos taxonómicos (e. g. especies diurnas, con comportamientos poco evasivos, conspicuas o carismáticas) (Rojas-Soto *et al.*, 2002; Margules y Sarkar, 2009; Sánchez-Cordero *et al.*, 2012; Lorenzo *et al.*, 2012). Esto representa una subestimación de la presencia de una especie en sitios con condiciones similares donde no ha sido registrado (*op. cit.*) y, en algunos casos, cuando se llega a registrar en nuevas zonas, éstos son descartados al no encontrarse en “la distribución conocida” de la especie.

No obstante, el empleo de nuevas metodologías para estimar la presencia de las especies, como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el MDE, empleado en este estudio, resulta útil en la identificación de Sitios Prioritarios para la Conservación (SPC) (Margules y Sarkar, 2009; Sánchez-Cordero *et al.*, 2012), ya que una de las principales dificultades en la biología de la conservación corresponden a aspectos de distribución espacial de las especies (Peterson *et al.*, 2000). De esta forma, la metodología empleada permite identificar probabilidades de presencia en sitios que contienen las condiciones donde la especie puede encontrarse, aún sin haber sido registrada previamente. Asimismo, la consideración del comportamiento ante escenarios de CC, genera una mayor apreciación de los posibles cambios en la distribución de las especies y, por lo tanto, la viabilidad de conservación a largo plazo en la Red de Áreas de Conservación (CAN) aumenta.

Para la elaboración de estos modelos es necesario considerar restricciones respecto al área accesible (M), por lo que es de suma importancia conocer la biología e historia natural de las especies (Barve *et al.*, 2011) y así evitar sobre estimar su presencia. Otra consideración importante principalmente en objetivos de conservación, es la identificación de hábitat idóneo mediante los cambios en la cobertura vegetal (Botello *et al.*, 2015), ya que es conveniente centrar los escasos recursos y acciones de conservación a sitios que aún albergan alta biodiversidad y no presentan perturbación del hábitat (Margules y Sarkar, 2009; Londoño-Murcia y Sánchez-Cordero, 2011). La exclusión de estos sitios en la solución de conservación puede reducir la posibilidad de satisfacer el objetivo particular de conservación, que, traducido a términos biológicos, los sitios que no albergan vegetación primaria y secundaria reducen

la posibilidad de persistencia de las especies en un hábitat fragmentado, siendo este el mayor problema en la pérdida de la biota (Sánchez-Cordero *et al.*, 2009; Botello *et al.*, en revisión).

En este contexto, bajo el principio precautorio (Cooney, 2004) y consideración de la incertidumbre de la existencia de otros sitios donde estas especies podrían persistir, la presente propuesta para la conservación de aves rapaces representa una red de sitios que priorizan la rareza y conectividad ecológica donde la permanencia de éstas es más viable y sin perjuicio alguno hacia la conservación de la biodiversidad (Sánchez-Cordero *et al.*, 2012).

La delimitación de la distribución potencial con base en la idoneidad de hábitat impactó más en el RCP 4.5, donde las proyecciones apuntaron hacia sitios donde la pérdida de vegetación primaria y secundaria era mayor. En términos generales éstas pérdidas ocurrieron principalmente en el Eje Neovolcánico y las zonas de selvas tropicales, tanto al sureste y oeste de México, donde se concentró la mayor riqueza de rapaces amenazadas. En esta región ya se ha reportado que la tasa cambio de uso de suelo es de las más altas del país e incluso en el mundo, estimando que queda un remanente de 10% para selvas y 50% de bosques de la cobertura original en México (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010; Gibbs *et al.*, 2010; FAO, 2011; López, 2012).

Se ha identificado que las especies tienen respuestas diferentes debido a su fisiología, capacidad de movilidad, competencia con otras especies (Miller-Rushin *et al.*, 2014) y, en algunos casos persisten en hábitats fragmentados (Tinajero y Rodríguez-Estrella, 2012; Herrera, 2016). No obstante, las especies analizadas tienen alta especificidad de hábitat y están amenazadas, por lo que la sinergia de los factores antrópicos y las proyecciones de cambio climático, apuntan a que su distribución tendrá una configuración espacial distinta a la actual.

De esta manera la situación proyecta, coincidentemente con otros estudios (Hernández *et al.*, 2016), que los polígonos actuales de las ANP no tendrán las condiciones climáticas óptimas para la distribución de las aves rapaces, lo cual conduce a la necesidad de tener una CAN eficiente y conectada ecológicamente, de tal forma que permita la movilidad de las especies entre hábitats y así reducir su vulnerabilidad ante las condiciones cambiantes (Botello *et al.*, en revisión; CONBIODES, 2016).

El decreto de las ANP, se basa en criterios de riqueza, presencia de especies en riesgo, endemismos y rareza (DOF, 2016), por lo que evaluar el estatus de conservación de especies con éstas características debe ser primordial para identificar prioridades y establecer acciones de conservación de forma efectiva e inmediata. Sin embargo, las especies analizadas cumplen con estas características y tienen una baja representatividad en la red de ANP federales, excepto por el tecolotito del cabo (*Glaucidium hoskinsii*) y el

cóndor californiano (*Gymnogyps californianus*). No obstante, en ambas proyecciones a futuro esta última especie pierde el 100% de su distribución en el territorio mexicano, por lo que habría que reevaluar los modelos y hacer consideraciones importantes sobre la conectividad del Parque Nacional de la Sierra de San Pedro Mártir (PNSSPM) con otras AP que garanticen su permanencia ya que, por su reciente extirpación local, lo vuelve una especie aún más vulnerable que requiere mayor atención.

Ante situaciones como ésta, es prioritario considerar sitios complementarios que tomen en cuenta proyecciones a futuro de la distribución potencial de las especies para diferentes escenarios de CC y que, a su vez, permitan identificar áreas clave donde se deben generar estrategias de mitigación y adaptación al CC (PNUD, 2008; DOF, 2014; FAO, 2016); la delimitación del hábitat idóneo basado en la vegetación natural remanente ya que ante la creciente antropización, los riesgos de deforestación aumentarán hacia los bordes de los parches de vegetación y los contiguos a poblaciones humanas; así como la conectividad y manejo adecuado entre estos parches que permitan el incremento de la resiliencia de las especies y el mantenimiento de procesos ecológicos (DOF, 2012, 2014; CONANP, 2014)

En las soluciones de conservación (10%, 20% y *Target*), existe una tendencia hacia el aumento en el área y número de fragmentos para cumplir el objetivo de representación de las especies, no obstante, la consideración de los criterios anteriormente mencionados, hace de los tres resultados, una mejor solución de conservación para las rapaces que la red actual. Asimismo, los SPC se encuentran en zonas donde no existen decretos de ANP y han sido identificados como sitios de atención prioritaria por su riqueza y/o alto número de endemismos, tal es el caso de la mayor parte del estado de Guerrero (Botello, 2015c); la región del Istmo (Arriaga *et al.*, 2001; Pérez-García *et al.*, 2001; Navarro *et al.*, 2008); la Sierra Norte y la Chinantla (Arriaga *et al.*, 2000); el oeste de México (García-Trejo y Navarro, 2004); a lo largo de la Sierra Madre Oriental y la región tamaulipeca (León-Paniagua *et al.*, 2004).

Los aspectos económicos y sociales son un factor relevante en la operación en AP (Botello *et al.*, 2011; Villaseñor *et al.*, 2016) sin embargo, la integración de diversos actores sociales (residentes locales, academia, organizaciones no gubernamentales y gobierno) y los recursos financieros para realmente tener un manejo en áreas sujetas a conservación, así como el decreto de nuevas áreas, se torna complicado. Por esta razón, la solución de 10%, al requerir menor área extra a las ANP, sería la mejor si se priorizan estos aspectos, no obstante, la representatividad objetivo por especie no estaría bien representada y en cuanto a la conservación de las rapaces no es idóneo.

En la selección de 20% se esperaba que el *target* por especie se logre en mayor proporción, pero al igual que la selección anterior, no lo satisfizo. Es por esto que la mejor solución obtenida de SPC de las

rapaces, es con el *target*, ya que se cubren los requerimientos particulares por especie con base en la rareza de su área de distribución y en total el porcentaje conservado es poco mayor a 20% del territorio nacional y, a pesar de requerir mayor área, tiene menor grado de fragmentación. El número de parches y mayor área requerida se puede atribuir a la exclusión de los sitios perturbados, que como se dijo anteriormente, reducen la facilidad de encontrar una adecuada representación de especies y lograr la mayor conectividad ecológica posible.

En los SPC de las rapaces existen Regiones Prioritarias para la Conservación (RPC) bajo el manejo de CONANP o corredores biológicos y Sitios Prioritarios Terrestres (SPT) identificados por la CONABIO, quienes llevan a cabo acciones de conservación en las comunidades locales. No obstante, la falta de una poligonal que permita la adecuada identificación del área de acción de las RPC es una limitante para ejercer un manejo apropiado, por lo que es necesario fomentar estudios que permitan una adecuada regionalización de estos sitios y el decreto de áreas protegidas o ADVC. Algunos instrumentos complementarios como las Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) coinciden en poco más de 30% de los SPC de las rapaces amenazadas y cerca de 40% con los SPT, por lo que se podría considerar que un adecuado manejo de estas regiones permitirá la persistencia de las rapaces. Por otra parte, la representación de las especies analizadas en estos sitios, sugiere su funcionalidad como subrogado de la biodiversidad en la región Neotropical, no obstante, es necesario evaluar mediante curvas de subrogación, la capacidad de representación de otros grupos taxonómicos.

Dentro de los alcances de este estudio y bajo el marco de la Planeación Sistemática de la Conservación, se logró identificar SPC de las rapaces amenazadas de México bajo criterios de conectividad, complementariedad, rareza y endemismos a partir de AP decretadas. Debido a la extensión del área de estudio es poco factible continuar con el análisis de campo a nivel local de la viabilidad y probabilidad de persistencia de las especies, así como la eficiencia en la subrogación de otros taxones. Sin embargo, es un indicador de la vulnerabilidad de las especies frente al CC, así como una referencia para futuras acciones sobre sitios específicos en los que se deben centrar los esfuerzos de conservación.

## RECOMENDACIONES

Si bien los modelos de distribución potencial son una herramienta útil para estimar la distribución de las especies, es necesario fortalecer el monitoreo, la difusión de registros obtenidos por observación y fomentar la investigación de rapaces en el país principalmente en las nocturnas, de las cuales se tiene poco conocimiento sobre su ecología, distribución y por lo tanto las acciones de conservación se ven limitadas. Esto se torna factible mediante un esquema de monitoreo participativo en el que se involucren a las comunidades locales mediante talleres de capacitación para la observación e identificación de aves, principalmente en las que se encuentran en las ANP y los sitios identificados como prioritarios en el presente análisis. A corto plazo se pueden proponer talleres de difusión y acciones de conservación en algunos de los sitios prioritarios bajo la implementación de actividades sostenibles que se adecúen a la situación de cada región que, de forma indirecta, conserven las presas y el hábitat de las rapaces más vulnerables, esto con la colaboración del personal de la CONANP encargado de monitorear y preservar la biodiversidad de las ANP.

Es necesario acotar territorialmente el presente análisis en las áreas prioritarias previamente identificadas para evaluar a nivel local y regional la respuesta particular de las especies de rapaces ante la fragmentación del hábitat en la región Neotropical y su asociación a sitios altamente diversos, así como sus principales amenazas, de tal manera que permita la plena identificación de especies clave que funjan como subrogados de la biodiversidad.



## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Mondragón, E, y Morrone, J. J. (2004). Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia*, 29(3), 112-120.
- Aragón, E. E., Castillo, B., y Garza, A. (2002). Roedores en la dieta de dos aves rapaces nocturnas (*Bubo virginianus* y *Tyto alba*) en el noreste de Durango, México. *Acta zoológica mexicana*, (86), 29-50.
- Aranda, M., Burton, A., Iñigo-Elías, E., y Escalante, P. (2009). Registro del águila elegante (*Spizaetus ornatus*) en la Reserva de la Biosfera sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(1), 265-268.
- Araujo, M. B., M. Cabeza, W. Thuiller, L. Hannah y P. H. Williams. (2004). Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology*, 10(9), 1618-1626.
- Ashcroft, M. B., Chisholm, L. A., y French, K. O. (2009). Climate change at the landscape scale: predicting fine-grained spatial heterogeneity in warming and potential refugia for vegetation. *Global Change Biology*, 15(3), 656-667.
- Auer, S. K y Martin, T. E. (2013). Climate change has indirect effects on resource use and overlap among coexisting bird species with negative consequences for their reproductive success. *Global Change Biology*, 19, 411-419.
- Barve N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S.P., Peterson, A.T., ... y Villalobos, F. (2011). The crucial role of the accesible area in ecological niche modelling and species distribution. *Ecological Modelling*, 222, 1810-1819.
- Bellouin, N., Collins, W. J., Culverwell, I. D., Halloran, P. R., Hardiman, S. C., Hinton, T. J., ...y Roberts, M. J. (2011). The HadGEM2 family of met office unified model climate configurations. *Geoscientific Model Development*, 4(3), 723-757.
- Bierregaard, R. O. (1998). Conservation status of birds of prey in the south American tropics. *Journal Raptor Research*, 32(1), 19-27.
- Bierregaard, R.O. (1995). The biology and conservation status of Central and South American Falconiformes: a survey of current knowledge. *Bird Conservation International*, 5, 325-340
- Bildstein, K.L. (2006). Migrating raptors of the world: their ecology and conservation. Cornell University Press, Ithaca, NY U.S.A.
- Bildstein, K.L., Smith, B.P., Ruelas Inzunza, E. y Veit, R.R. (ed.). (2008). State of North America's birds of prey. Nuttall Ornithological Club. Cambridge, MA and American Ornithologists' Union, Washington, DC U.S.A.
- Botello, F., Sánchez-Cordero, V., Pérez-Cirera, V., Villaseñor, E., Escobar, E., Rhodes, A., Vidal, O. y Bellot, M. (En revisión). Designing optimal conservation area networks under climate change. *Diversity and Distributions*.
- Botello, F., Sarkar, S. y Sánchez-Cordero, V. (2015a). Impact of habitat loss on distributions of terrestrial vertebrates in a high-biodiversity in Mexico. *Biological Conservation*, 184, 59-65

- Botello, F., Sánchez-Cordero, V. y Ortega-Huerta A. (2015b). Disponibilidad de hábitats adecuados para especies de mamíferos a escalas regional (estado de Guerrero) y nacional (México). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86, 226-237.
- Botello, F. (2015c). Cuantificación de la disminución de la biodiversidad asociada a la pérdida de hábitat natural. Tesis de Doctorado. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Botello, F., Villaseñor, E., Aranda, M., Magaña-Cota, G. y Guevara, L. (2011). Guía de campo para el monitoreo participativo de vertebrados utilizando rastros y fototampas. Conservación Biológica y Desarrollo Social A. C. México.
- Bravo, V., Mireles, M., Zúñiga, M., y Carreón, H. (2015). Composición y amplitud de la dieta del águila real en Chihuahua, México. *Acta zoológica mexicana*, 31(1), 116-119.
- Bretagnolle, V. y Gillis, H. (2010). Predator-prey interactions and climate change en Pape, A., Fiedler, W. y Berthold, P. (Ed.) *Effects of Climate Change on Birds*. Oxford University Press.
- Caro, T. M. y O'Doherty, G. (1998). On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology*, 13(4), 805-814.
- Céspedes-Flores, S. E. y Moreno-Sánchez, E. (2010). Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación Ambiental*, 2(2), 5-13.
- Challenger, A. y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. En J. Soberón, G. Halfter y J. Llorente-Bousquets, *Capital natural de México*, volumen 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Recuperado de [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I03\\_Losecosistemast.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I03_Losecosistemast.pdf)
- Ciarleglio, M. (2008). Maxent2ConsNet Manual. Version 1.00. University of Texas, Austin. Recuperado de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.701.6396&rep=rep1&type=pdf>
- Ciarleglio, M., Sarkar, S. y Barnes, J. (s. f.). ConsNet manual- Version 1.0. Univesity of Texas, Austin. Recuperado de [http://uts.cc.utexas.edu/~consbio/Cons/consnet\\_home](http://uts.cc.utexas.edu/~consbio/Cons/consnet_home)
- Ciarleglio, M., Barnes, J. y Sarkar, S. (2009). ConsNet: New software for the selection of conservation area networks with spatial and multicriteria analyses. *Ecography*, 32(2), 205-209.
- Clarke, L. E., Edmonds, J. A., Jacoby, H. D., Pitcher, H., Reilly, J. M., y Richels, R. (2007). Scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations. Sub-report 2.1a of Synthesis and Assessment Product 2.1. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research, Washington DC. Recuperado de [http://science.energy.gov/~media/ber/pdf/Sap\\_2\\_1a\\_final\\_all.pdf](http://science.energy.gov/~media/ber/pdf/Sap_2_1a_final_all.pdf)
- Collins, W.J., N- Bellouin, M. Doutriaux-Boucher, N. Gedney, P. Halloran, T. Hinton, J. Hughes, C.D. Jones, M- Joshi, S. Liddicoat, G. Martin, F. O'Connor, J. Rae, C. Senior, S. Sitchm I. Totterdell, A. Wiltshire y S. Woodward. (2011). Development and evaluation of an Earth-System model – HadGEM2. *Geoscientific Model Development*, 4, 1051-1075.

- CONABIO. (2008). Capital natural de México, volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/conocimientoActual.html>
- CONABIO, CONANP, TNC, PRONATURA, FCF, UANL. (2007). Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa en México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Recuperado de <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/LibroGapTerrestre.pdf>
- CONANP. (2016a). Áreas Naturales Protegidas Federales de México. Agosto 2016, edición: 1. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Ciudad de México, México.
- CONANP. (2016b). Áreas Naturales Decretadas. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. Recuperado de <http://www.gob.mx/conanp/acciones-y-programas/areas-naturales-protegidas-decretadas>
- CONANP. (2014). Estrategia hacia 2040: una orientación para la conservación de las áreas naturales protegidas de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de medio Ambiente y Recursos Naturales, México. Recuperado de [http://e2040.conanp.gob.mx/docs/E-2040\\_completa.pdf](http://e2040.conanp.gob.mx/docs/E-2040_completa.pdf)
- CONBIODES. (2016). Conectividad Ecológica. Conservación Biológica y Desarrollo Social, A. C.
- Conde, C. (2006). México y el Cambio Climático Global. UNAM, Centro de Ciencias de la Atmósfera, México.
- Cooney, R. (2004). The Precautionary Principle in Biodiversity Conservation and Natural Resource Management. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Cordellier, M., y Pfenninger, M. (2009). Inferring the past to predict the future: climate modelling predictions and phylogeography for the freshwater gastropod *Radix balthica* (Pulmonata, Basommatophora). *Molecular Ecology*, 18(3), 534-544.
- Cubasch, U., D. Wuebbles, D. Chen, M.C. Facchini, D. Frame, N. Mahowald, y J. G. Winther (2013) Introduction. En Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (Eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Recuperado de [http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\\_Chapter01\\_FINAL.pdf](http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter01_FINAL.pdf)
- Dawson, T. P., Jackson, S. T., House, J. I., Prentice, I. C., y Mace, G. M. (2011). Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. *Science*, 332(6025), 53-58.
- De Labra, M. A. y Escalante P. (2013). Diurnal raptors in Los Tuxtlas Biosphere reserve, Mexico: current presence and relative abundance. *Journal Raptor Research*, 47(4), 392-399.
- Dobrovolski, R., Loyola, R.D., Guilhaumon, F., Gouveia, S.F. y Diniz-Filho J.A.F. (2013). Global agricultural expansion and carnivore conservation biogeography. *Biological Conservation* 165, 162-170.

- DOF. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, jueves 30 de diciembre de 2010. Recuperado de [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf)
- DOF. (2013). Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-40, Diario Oficial de la Federación, 6 de marzo de 2013. Recuperado de [http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/06\\_otras/ENCC.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/informacionambiental/Documents/06_otras/ENCC.pdf)
- DOF. (2012). Ley General de Cambio Climático. Última reforma, Diario Oficial de la Federación, 2 de abril de 2015. Recuperado de [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6583/1/ley\\_general\\_de\\_cambio\\_climatico.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/6583/1/ley_general_de_cambio_climatico.pdf)
- Dormann, C. F. (2007). Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and applied ecology*, 8(5), 387-397.
- Elith J., S.J. Phillips, T. Hastie, M. Dudlk, Y. E. Chee y C.J. Yates. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17, 43-57.
- Elton, C. (1927). *Animal Ecology*. London. Sedgwick and Jackson.
- Escalante, T., Rodríguez-Tapia, G., Gámez, N., León-Paniagua, L., Barrera, O. y Sánchez-Cordero, V. (2007a). Biogeografía y conservación de los mamíferos. En Luna, I., Morrone, J.J. y Espinosa, D. (Ed). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Escalante, T., Sánchez-Cordero, V., Morrone J.J. y Linaje M. (2007b). Areas of endemism of Mexican terrestrial mammals: a case of study using species' ecological niche modelling, Parsimony analysis of endemism and Goloboff fit. *Interciencia*, 32(3), 151-159.
- FAO. (2016). Adaptación y mitigación al cambio climático. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Forestry Department. Recuperado el 11 de noviembre de 2016 en <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/climate-change-adaptation-and-mitigation/basic-knowledge/es/>
- Faleiro, F. V., Machado, R. B. y Loyola, R. D. (2013). Defining spatial conservation priorities in the face of land-use and climate change. *Biological Conservation*, 158, 248-257.
- Feria Arroyo, T. P., Sánchez-Rojas, G., Ortiz-Pulido, R., Bravo-Cadena, J., Calixto Pérez, E., Dale, J. M., ... y 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.
- Figueroa, R. A., y Alvarado, S. (2012). Ecología y conservación de los búhos chilenos: avances y desafíos de investigación. *Ornitología Neotropical*, 23, 209-219.
- FMCN. (2012). Proyecto de recuperación de las poblaciones de Águila real (*Aquila chrysaetos candensis*) y su hábitat en México. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Recuperado de <https://fmcn.org/wp-content/uploads/2012/03/%C3%81guila-Real-VF-2012.pdf>

- Franklin, J. (2010). Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press.
- Freile, J. F., Castro, D. F., y Varela, S. (2012). Estado del conocimiento, distribución y conservación de aves rapaces nocturnas en Ecuador. *Ornitología Neotropical*, 23, 235-244.
- Fuller T., Morton D.P. y Sarkar S. (2008). Incorporating uncertainty about species' potential distributions under climate change into the selection of conservation areas with a case study from the Arctic Coastal Plain of Alaska. *Biological Conservation*, 141, 1547-1559.
- García-Trejo, E. A., y Navarro-Sigüenza, A. G. (2004). Patrones biogeográficos de la riqueza de especies y el endemismo de la avifauna en el oeste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 20(2), 167-185.
- Garrido, F. M., Gil-Sánchez, J. M. y Serrano, G. V. (1999). Distribución y estatus de las aves rapaces (Falconiformes y Estrigiformes) de la provincia de Granada (1990-1996). *Zoológica baetica*, (10), 15-48.
- Gaston, J.K. y Spicer, I.J. (2004). Biodiversidad: Introducción. Acribia, España
- Grinnell, J. (1917). The niche-relationships of the California Trasher. *Auk*, 34, 427-433.
- Grotch, S. L., y MacCracken, M. C. (1991). The use of general circulation models to predict regional climatic change. *Journal of Climate*, 4(3), 286-303.
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147-186.
- Gutiérrez-Arellano, D. P. (2014). Efecto del Cambio Climático sobre los Mamíferos Endémicos del Occidente de México y el Papel de las Áreas Naturales Protegidas. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, D.F.
- Halffter, G., Llorente, J. y Morrone, J. J. (2008). La perspectiva biogeográfica histórica. En Capital natural de México: conocimiento actual de la biodiversidad, vol I. Comisión Nacional para el Uso y Estudio de la Biodiversidad, México, D.F.
- Hannah, L. (2010). A global conservation system for climate-change adaptation. *Conservation Biology*, 24(1), 70-77.
- Herrera Juárez, M. I. (2016). Efectos de la pérdida y fragmentación de hábitat en las rapaces nocturnas (strigiformes) de la Reserva de la Biósfera Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Hernández-Ramírez, D., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A. y Treviño-Garza, E. J. (2016). Impacto de las Áreas Naturales Protegidas en la Conservación de Vegetación y Biodiversidad. *Monfragüe Desarrollo Resiliente*, VI (1).
- Hidalgo-Mihart, M., Contreras-Moreno, F. M. y Pérez-Solano, L. A. (2012). Registros de zopilote rey (*Sarcoramphus papa*) en el área de Laguna de Términos, Campeche, México. *Huitzil*, 13(2), 151-155.
- Hitch, A. T y Leberg, P. L. (2007). Breeding distributions of North American bird species moving north as a result of climate change. *Conservation Biology*, 21, 1523-1739.

- Howell, S. N. G. y Webb, S. (1995). A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press, Oxford.
- Hurrell, J. W. y Trenberth, K. E. (2010). Climate Change. En A. P. Møller, W. Fiedler, y P. Berthold (Ed.), *Effects of Climate Change on Birds*. Oxford, United Kingdom: Oxford University Press.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415-427.
- INEGI. (2016). División política estatal 1:250000. 2015, escala: 1:250 000. edición: 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de Cartografía geoestadística urbana y rural amanzanada. Cierre de la Encuesta Intercensal 2015. Aguascalientes, México.
- INEGI. (2013). Uso de Suelo y Tipos de Vegetación. Escala 1:250000 Serie V (Capa Unión). Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- IPCC. (2000). Summary for policymakers Emission scenarios: a special report of working group III of the IPCC.
- IPCC. (2013). What is a GCM?. Recuperado de [http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm\\_guide.html](http://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/gcm_guide.html).
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland
- Itoua, W., Wettengel, W. Kura, Y., Hedao, P. y Kassem, K. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: A new map of life on Earth. *BioScience*, 51(11), 933-938
- IUCN. (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-1 [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org). Consultado el 28 Julio 2016.
- IUCN. (2014). Aiming high: Can we reach global conservation goals?. Recuperado de [http://www.iucn.org/knowledge/focus/reaching\\_conservation\\_goals/](http://www.iucn.org/knowledge/focus/reaching_conservation_goals/)
- Jakob, S. S., Martínez-Meyer, E. y Blattner F. R. (2009). Phylogeographic analyses and paleodistribution modelling indicate Pleistocene in situ survival of *Hordeum* species (Poaceae) in southern Patagonia without genetical or spatial restriction. *Molecular Biology and Evolution*, 26(4), 907-923.
- King, D. y Finch, D.M. (2013). *The Effects of Climate Change on Terrestrial Birds of North America*. (June, 2013). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Climate Change Resource Center. Recuperado en: [www.fs.usda.gov/ccrc/topics/wildlife/birds](http://www.fs.usda.gov/ccrc/topics/wildlife/birds).
- Koleff, P. y Urquiza-Haas, T. (2011). Conservación de la biodiversidad de México: planeación, prioridades y perspectivas. En Koleff, P. y Urquiza-Hass, T. (Ed.). *Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México. Recuperado de [http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones\\_digitaless/conservacion133r.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitaless/conservacion133r.pdf)
- LaSorte, F. A y Thompson, F. R. III. (2007). Poleward shifts in winter ranges of North American birds. *Ecology*, 88, 1803-1812.

- 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.
- León-Paniagua, L., García-Trejo, E. A., Arroyo-Cabrales, J. y Castañeda-Rico, S. (2004). Patrones biogeográficos de la mastofauna. *Las prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF*, 469-479
- Llorente-Bousquets, J., y Ocegueda, S. (2008). Estado del conocimiento de la biota. En J. Soberón, G. Halfter y J. Llorente-Bousquets, *Capital natural de México, volumen I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Recuperado de [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I11\\_Estadoconocimiento.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/I11_Estadoconocimiento.pdf)
- Loarie, S., P. Duffy, H. Hamilton, G. Asner, C. Field y D. Ackerly. (2009). The velocity of climate change. *Nature*, 462(7276), 1052-1055.
- Londoño-Murcia, M. C., y Sánchez-Cordero, V. (2011). Distribución y conservación de especies amenazadas en Mesoamérica, Chocó y Andes tropicales. *Revista mexicana de biodiversidad*, 82(3), 926-950.
- López, A. (2012). Deforestación en México: un análisis preliminar. Centro de Investigación y Docencia Económicas, A. C. México, D. F. Recuperado de [https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Deforestacion\\_en\\_Mexico\\_un\\_analisis\\_preliminar.pdf](https://www.ccmss.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/Deforestacion_en_Mexico_un_analisis_preliminar.pdf)
- Lorenzo, C., Álvarez-Castañeda, S. T., Arellano, E., Arroyo-Cabrales, J., Bolaños, J., Briones-Salas, M., ... y Cortés-Calva, P. (2012). Los mamíferos de México en las colecciones científicas de Norteamérica. *Therya*, 3(2), 240-262.
- Loyola, R. D., Lemes, P., Nabout, J. C., Trindade-Filho, J., Sagnori, M. D., Dobrovolski, R., y Diniz-Filho, J. A. F. (2013). A straightforward conceptual approach for evaluating spatial conservation priorities under climate change. *Biodiversity and conservation*, 22(2), 483-495.
- Luna, R., Castañón, A., y Raz-Guzmán, A. (2011). La biodiversidad en México su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias*, (101), 36-43.
- Manzano, P. (2006). Electrocutación de Aves en Líneas Eléctricas en México. USDA Forest Service Proceedings. Artículo Invitado. 71-75.
- Magaña, V. (2004). El Cambio Climático Global: comprender el problema. En: Martínez, J. y A. Fernández (Ed.). *Cambio Climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Margules, C. R., Pressey, R. L. y Williams, P. H. (2002). Representing biodiversity: data and procedures for identifying priority areas for conservation. *J. Bioscience*, 2 (27), 309–326.
- Margules, C. R. y Sarkar, S. (2009). Planeación Sistemática de la Conservación. (V. Sánchez-Cordero y F. Figueroa, trad). México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- March, I.J., Carvajal, M.A., Vidal, R.M., San Román, J.E. y Ruiz, G. (2009). Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad. En J. Soberón, G. Halfter y J. Llorente-Bousquets, *Capital natural de México, volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Recuperado de [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II13\\_Planificacion%20y%20desarrollo%20de%20estrategias%20para%20la%20con.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20II/II13_Planificacion%20y%20desarrollo%20de%20estrategias%20para%20la%20con.pdf)
- Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. E. y Álvarez, F. (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿Una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, S1-S9.
- Mawdsley, J. R., O'Malley, R, y Ojima, D. S. (2009). A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 23(5), 1080-1089.
- Mawdsley, J. (2011). Design of conservation strategies for climate adaptation. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(4), 498-515.
- Monroy-Vilchis, O. (2016). Principios generales de biología de la conservación. Centro de Investigación en Recursos Bióticos. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma del Estado de México. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/395/monroy.html>
- Navarro-Sigüenza, A. G., Peterson, A. T. y Gordillo-Martínez, A. (2003). Museums working together: the atlas of the birds of Mexico. *Bulletin British Ornithologists Club*, 123, 207-225.
- Navarro-Sigüenza, A. G., Márquez, L. C., y Monroy, H. O. (2008). Vertebrados terrestres de los Chimalapas: Una prioridad de conservación. *Biodiversitas*, 77, 10-15.
- Newton, I. (1979). Population ecology of raptors. Buteo Books. Vermillion, South Dakota.
- Newton, I. (2016). Problems created by the continuing use of lead ammunition in game hunting. *British Birds*, 109(3), 172-179.
- 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. y Kassem, K. R. (2001). Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *Bioscience*, 51(11), 933-938.
- Olson, M. E., Rosell, J.A., León, C., Zamora, S., Weeks, A., Alvarado-Cárdenas, L.O., Cacho, N.I. y Grant, J. (2013). Convergent vessel diameter-stem diameter scaling across five clades of new and old world eudicot from desert to rain forest. *International Journal of Plant Sciences*, 174(7), 1062-1078.
- Pape, A., Fiedler, W. y Berhold, P. (2014). Effects of climate change on birds. Oxford University Press. Oxford, United Kingdom.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 37, 637-669
- Pérez-García, E. A., Meave, J. A., y Gallardo, C. (2001). Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta Botánica Mexicana*, (56), 19-88.



- Peterson, A. T., Martínez-Meyer, E. y González-Salazar, C. (2004) Reconstructing the Pleistocene geography of the Aphelocoma jays (Corvidae). *Diversity and Distributions*, 10(4), 237-246.
- Peterson, A. T., Ortega-Huerta, M.M., Bartley, J., Sánchez-Cordero, V., Soberón, J., Buddemeier, R.H. y Stockwell, D.R.B. (2002). Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature*, 416.
- Peterson, A. T., Lisa, G. B. y Cohoon, K. P. (2002b). Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modelling methods. *Ibis*, 144(1), E27-E32.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Anderson, R. P., Pearson, R. G., Martínez-Meyer, E. Nakamura, M. y Araújo, M. B. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distributions: A Modeling Perspective*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Phillips, S. J. Dudik, M. y Schapire, R.E. (2007). Maxent software for species habitat modeling. Recuperado de <https://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>
- Phillips, S. J. Anderson, R. P. y Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Phillips, S. y Dudik, M. (2008). Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31, 161-175.
- Pincheira-Ulbrich, J., Rodas-Trejo, J., Almanza, V. P. y Rau, J. R. (2008). Estado de conservación de las aves rapaces de Chile. *Hornero*, 023 (1), 5- 13.
- Pliscoff, P. y Fuentes-Castillo, F. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande* 48, 61-79.
- Pressey, R. L., Humphries, C. J., Margules, C. R., Vane-Wright, R. I., y Williams, P. H. (1993). Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in ecology & evolution*, 8(4), 124-128.
- Rau, J. (2008). Ecología y conservación de la biodiversidad de aves rapaces en Chile. En Muñiz López, R. (Ed.) *Memorias del I Congreso Internacional de Aves Rapaces y Conservación*. SimBioE y Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.
- Riahi, K, Grübler, A, Nakicenovic, N. (2007). Scenarios of long-term socio-economic and environmental development under climate stabilization. *Technol Forecast Soc Chang*, 74, 887–935.
- Rivera-Rivera, E., Enríquez, P. L., Flamenco-Sandoval, A. y Rangel-Salazar, J. L. (2012). Ocupación y abundancia de aves rapaces nocturnas (Strigida) en la Reserva de la Biósfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(3), 203-209.
- Rojas-Soto, O. R., de Aquino, S. L., Sánchez-González, L. A., y Hernández-Baños, B. E. (2002). La colecta científica en el Neotrópico: el caso de las aves de México. *Ornitología Neotropical*, 13, 209-214.
- Root, T. L. y S. H. Schneider. (2002). Climate Change: Overview and Implications for Wildlife. En Schneider, S. H. y T. L. Root (Eds). *Wildlife Responses to Climate Change: North American Case Studies*. Washington D.C. Island Press. Recuperado de [http://stephenschneider.stanford.edu/Publications/PDF\\_Papers/Overview\(1-56\).pdf](http://stephenschneider.stanford.edu/Publications/PDF_Papers/Overview(1-56).pdf)

- Ruelas, I. E. (2010) Aves rapaces migratorias. CONABIO. *Biodiversitas*, 2, 11-15.
- Ruelas, I.E., Goodrich L.J., Hoffman, E., Martínez L., Smith, J. P., Peresbarbosa E., Rodríguez, R., Scheuermann, K.L., ...Barrios, J.G. (2009). Long-Term Conservation of Migratory Birds in Mexico: The Veracruz River of Raptors Project. Proceedings of The Fourth International Partners in Flight Conference. *Tundra to Tropics* 577-589.
- Sánchez-Cordero, V., Cirelli, V., Munguía, M. y Sarkar, S. (2005a). Place prioritization for biodiversity representation using especies' ecological niche modeling. *Biodiversity Informatics*, 2, 11-23.
- Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Linaje, M., Sarkar, S. y Peterson, A. T. (2005b). Deforestation and extant distributions of Mexican endemic mammals. *Biological Conservation*, 126(4), 465-473.
- Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P., Escalante, T., Figueroa, F., Rodríguez, G., Linaje, M., ... y Sarkar, S. (2009). Deforestation and biodiversity conservation in Mexico. *Endangered species: new research*, 279-298.
- Sánchez-Cordero, V., Illoldi-Rangel, P. y Linaje, M. (2012). Identificación de áreas prioritarias para la conservación y su conectividad bajo diferentes escenarios de cambio climático: base para el diseño de áreas naturales protegidas. Informe final. Recuperado de [http://www.inecc.gob.mx/descargas/con\\_eco/2012\\_identific\\_areas\\_prioritarias\\_cc.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/con_eco/2012_identific_areas_prioritarias_cc.pdf)
- Santos-Moreno, A. y Alfaro Espinosa, A. M. (2009). Mammalian prey of barn owl (*Tyto alba*) in southeaster Oaxaca, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*, 25(1), 143-149.
- Saupe, E. E., Barve, V., Myers, C.E., Soberón, J., Barve, N., Hensz, C.M., Peterson, A.T., Owens, H.L. y Lira-Noriega, A. (2012). Variation in niche and distribution model performance: The need for a priori assessment of key causal factors. *Ecological Modelling* 237-238: 11-22.
- Scott, J. M., Davis, F. W., McGhie, R. G., Wright, R. G., Groves, C. y Estes, J. (2001). Nature reserves: Do they capture the full range of America's biological diversity?. *Ecological Applications*, 11(4), 999-1007.
- SEMARNAT. (2008). Programa de Acción para la Conservación de la Especie: Águila real (*Aquila chrysaetos*). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de [http://www.conanp.gob.mx/pdf\\_especies/pace\\_aguila.pdf](http://www.conanp.gob.mx/pdf_especies/pace_aguila.pdf).
- SEMARNAP-INE. (1999). Proyecto de Protección, Conservación y Recuperación del Águila Real. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Instituto Nacional de Ecología. México. Recuperado de <http://www.inecc.gob.mx/descargas/publicaciones/135.pdf>.
- Sergio, F., Newton, I. y Marchesi, L. (2008). Top predator and biodiversity: much debate, few data. *Journal of Applied Ecology*, 45, 992-999.
- Simmons, J. E. y Muñoz-Saba, Y. (2005). Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas. *Universidad Nacional de Colombia. Conservation International*.
- Smith, S. J. y Wigley T.M.L. (2006). MultiGas forcing stabilization with minicam. The Energy Journal Special issue 3:373-392.
- Soberón, J. (2010). Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography*, 33, 159-167.

- Soberón, J. y Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10.
- Tavizón, P. (2003). "Seguimiento de sitios de anidación del Águila Real y educación ambiental para su conservación, en Zacatecas.
- Tavizón, G., Díaz, M.A., Macías, M., Mondragón, M. C., Padilla, S., y Ramos, S. (2000). Actividades de Conservación del Águila Real en Zacatecas., Mercado R.M. Texas Academic of Sciences. Laredo USA.
- Tavizón-García, P., Flores, R. R. T., Macías, P.M. y Díaz, C. M. (1995). Hábitos alimenticios del Águila real (*Aquila chrysaetos*) en Zacatecas, Mex. XIII Congreso Nacional de Zoología. Morelia, Michoacán.
- Thiollay, J. M. (1989). Area requirements for the conservation of rain forest raptors and game bird in French Guiana. *Conservation Biology*, 31, 128-137.
- Thomson, A.M., Calvin, K.V., Smith, S.J., Kyle, G. P., Volke, A., Patel, P., Delgado-Arias, S., Bond-Lamberty, B., Wise, M.A., Clarke, L.E. y Edmonds, J.A. (2011). RCP 4.5: a pathway for stabilization of radiative forcing by 2100. *Climatic Change*, 109, 77.
- Thorn, J. S., Nijman V., Smith D. y Nekaris K.A.I. (2008). Ecological niche modelling as a technique for assessing threats and setting conservation priorities for Asia slow lorises (Primates: Nycticebus). *Diversity and Distributions*, 15(2), 289-298.
- Tinajero, R. y Rodríguez-Estrella, R. (2012). Efectos de la fragmentación del matorral desértico sobre poblaciones del aguililla cola-roja y el cernícalo americano en Baja California Sur, México. *Acta zoológica mexicana*, 28(2), 427-446.
- Trejo, A., Bó, M.S., Bellocq, M.I. y López de Casenave, J. (2007). Ecología y conservación de las aves rapaces en Argentina. *Hornero* 22 (2).
- Valencia-Herverth, J., Ortíz-Pulido, R. y Enríquez, P.L. (2012). Riqueza y distribución espacial de rapaces nocturnas en Hidalgo, México. *Hutzil*, 13(2)
- Vázquez-Pérez, J. R., Paula, L. E. y Rangel-Salazar, J. L. (2009). Diversidad de aves rapaces en la Reserva de la Biósfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 203-209.
- Villareal-EB, O., Guerra, F. F., Ronquillo, J. C. C., Hernández, J. H., Mendoza-Martínez, G. D. y Pérez, F. P. (2013). Registro de águila solitaria (*Harpyhaliaetus solitarius*, Tschudi 1844) en la región Mixteca poblana, México. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 5(2), 427-430.
- Villaseñor, E., Porter-Bolland, L., Escobar, F., Guariguata, M. R., y Moreno-Casasola, P. (2016). Characteristics of participatory monitoring projects and their relationship to decision-making in biological resource management: a review. *Biodiversity and Conservation*, 25(11), 2001-2019.
- Wayne, G.P. (2013). The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways. Skeptical Science. Recuperado de [https://www.skepticalscience.com/docs/RCP\\_Guide.pdf](https://www.skepticalscience.com/docs/RCP_Guide.pdf)
- Wise, M., Calvin, K., Thomson, A., Clarke, L., Bond-Lamberty, B., Sands, R., Smith, S. J., Janetos, A. y Edmonds, J. (2009). Implications of limiting CO2 concentrations for land use and energy. *Science*, 324, 1183– 1186.

Yates, C. J., McNeill, A., Elith, J., y Midgley, G. F. (2010). Assessing the impacts of climate change and land transformation on *Banksia* in the South West Australian Floristic Region. *Diversity and Distributions*, 16(1), 187-201.

Young, B. E., Franke, I., Hernandez, P. A., Herzog, S. K., Paniagua, L., Tovar, C., y Valqui, T. (2009). Using spatial models to predict areas of endemism and gaps in the protection of Andean slope birds. *The Auk*, 126(3), 554-565.

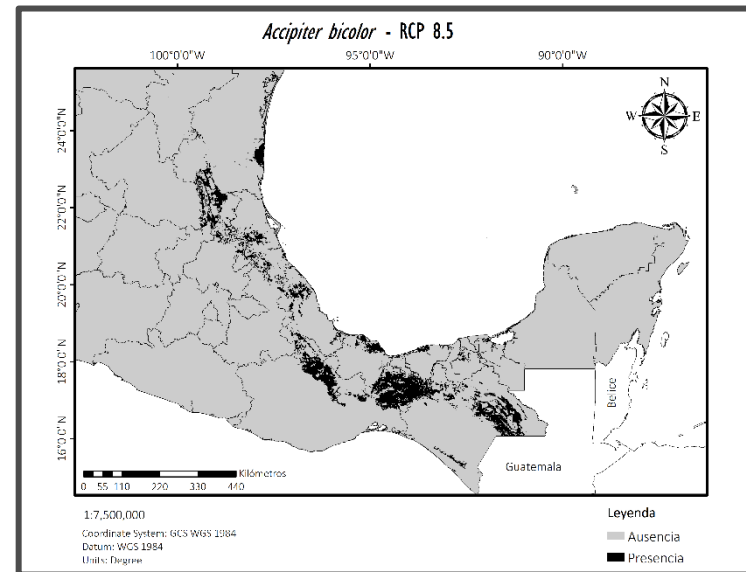
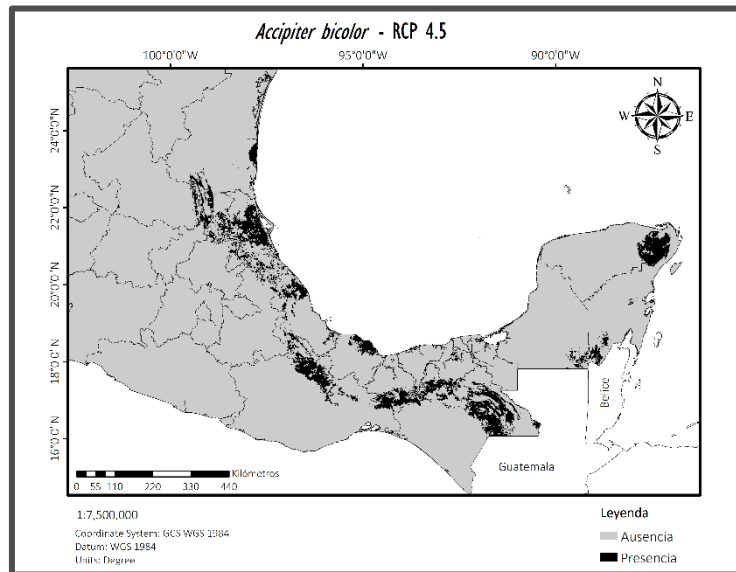
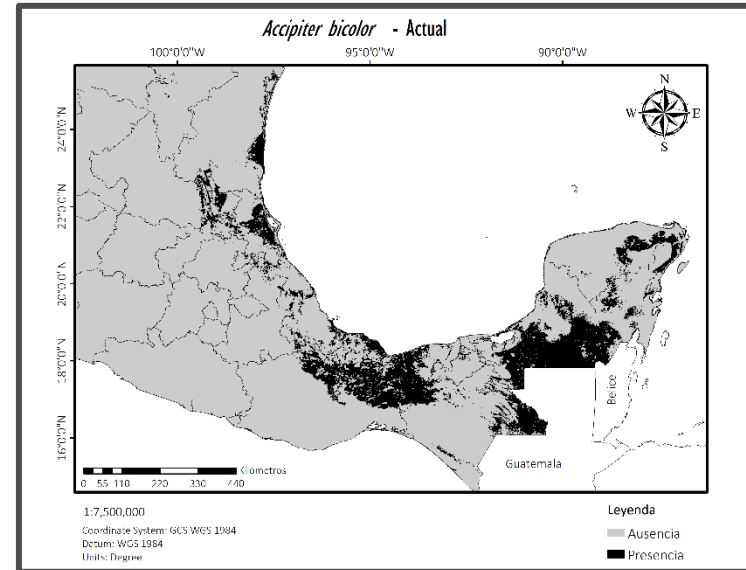
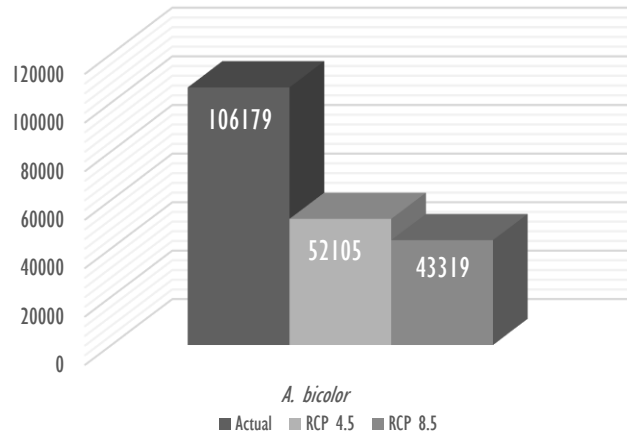
# ANEXO I. LISTADO DE ESPECIES

Orden	Familia	Género	Especie	NOM-059	IUCN	CITES	Endemismo
Cathartiformes	Cathartidae	Cathartes	<i>Cathartes burrovianus</i>	Pr	LC	-	-
		Gymnogyps	<i>Gymnogyps californianus</i>	P	CE	I	-
		Sarcoramphus	<i>Sarcoramphus papa</i>	Pr	LC	III (Honduras)	-
Accipitriformes	Accipitridae	Leptodon	<i>Leptodon cayanensis</i>	Pr	LC	II	-
		Chondrohierax	<i>Chondrohierax uncinatus</i>	Pr	LC	II	-
		Rostrhamus	<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Pr	LC	II	-
		Harpagus	<i>Harpagus bidentatus</i>	Pr	LC	II	-
		Busarellus	<i>Busarellus nigricollis</i>	Pr	LC	II	-
		Accipiter	<i>Accipiter bicolor</i>	A	LC	II	-
		Geranospiza	<i>Geranospiza caerulescens</i>	A	LC	II	-
		Buteogallus	<i>Buteogallus urubitinga</i>	Pr	LC	II	-
			<i>Buteogallus solitarius</i>	P	NT	II	-
		Parabuteo	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Pr	LC	II	-
		Geranoaetus	<i>Geranoaetus albicaudatus</i>	Pr	LC	II	-
		Pseudastur	<i>Pseudastur albicollis</i>	Pr	LC	II	-
		Harpia	<i>Harpia harpyja</i>	P	NT	I	-
		Spizaetus	<i>Spizaetus melanoleucus</i>	P	LC	II	-
			<i>Spizaetus tyrannus</i>	P	LC	II	-
			<i>Spizaetus ornatus</i>	P	NT	II	-
Accipitriformes	Falconidae	Micrastur	<i>Micrastur ruficollis</i>	Pr	LC	II	-
			<i>Micrastur semitorquatus</i>	Pr	LC	II	-
		Ibycter	<i>Ibycter americanus</i>	E	LC	II	-
		Falco	<i>Falco femoralis</i>	A	LC	II	-
<i>Falco deiroleucus</i>	P		NT	II	-		
Strigiformes	Strigidae	Megascops	<i>Megascops asio</i>	Pr	LC	II	-
			<i>Megascops seductus</i>	A	LC	II	Endémica
			<i>Megascops cooperi</i>	Pr	LC	II	-
			<i>Megascops barbarus</i>	P	VU	II	-
		Lophostrix	<i>Lophostrix cristata</i>	A	LC	II	-
		Pulsatrix	<i>Pulsatrix perspicillata</i>	A	LC	II	-
		Glaucidium	<i>Glaucidium griseiceps</i>	A	LC	II	-
			<i>Glaucidium sanchezi</i>	P	NT	II	Endémica
			<i>Glaucidium palmarum</i>	A	LC	II	Endémica
			<i>Glaucidium hoskinsii</i>	A	LC	II	Endémica
		Ciccaba	<i>Ciccaba nigrolineata</i>	A	LC	II	-
		Strix	<i>Strix occidentalis</i>	A	NT	II	-
			<i>Strix varia</i>	Pr	LC	II	-
			<i>Strix fulvescens</i>	P	LC	II	-
Asio	<i>Asio stygius</i>	A	LC	II	-		
Pseudoscops	<i>Pseudoscops clamator</i>	A	LC	II	-		
Aegolius	<i>Aegolius ridgwayi</i>	P	LC	II	-		

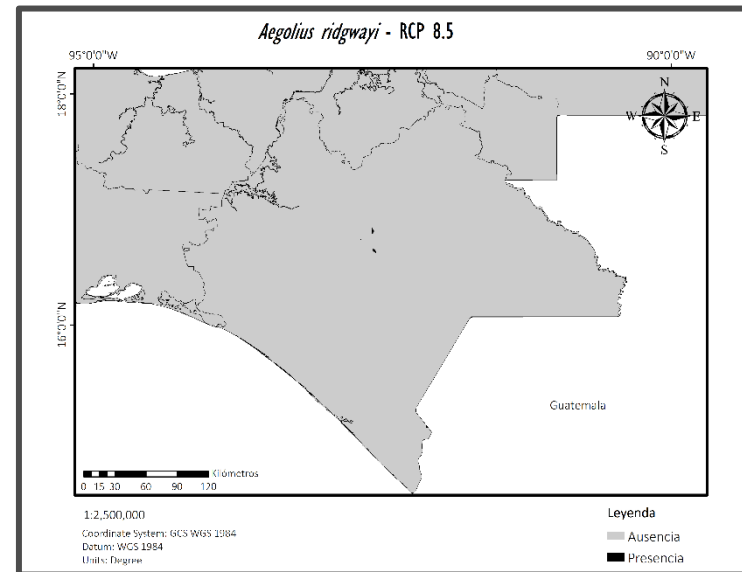
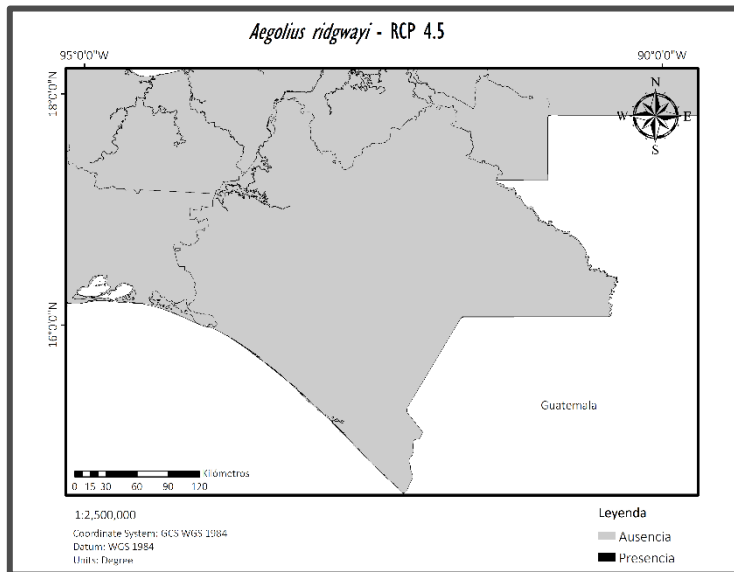
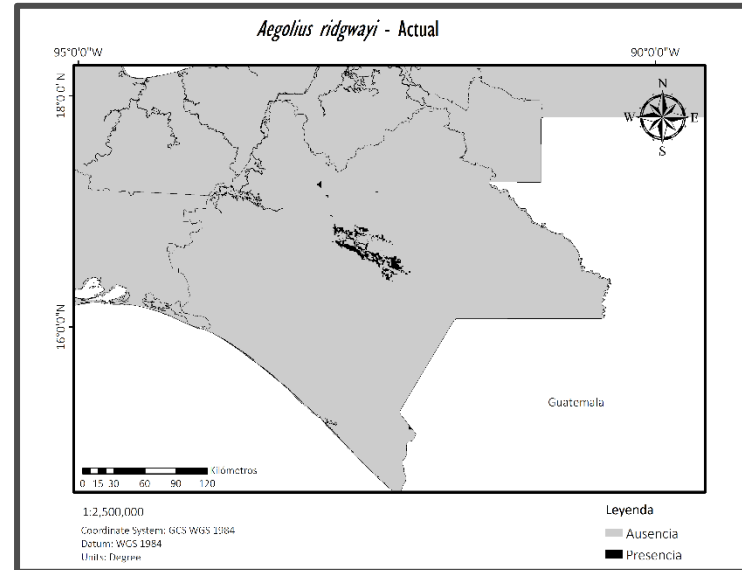
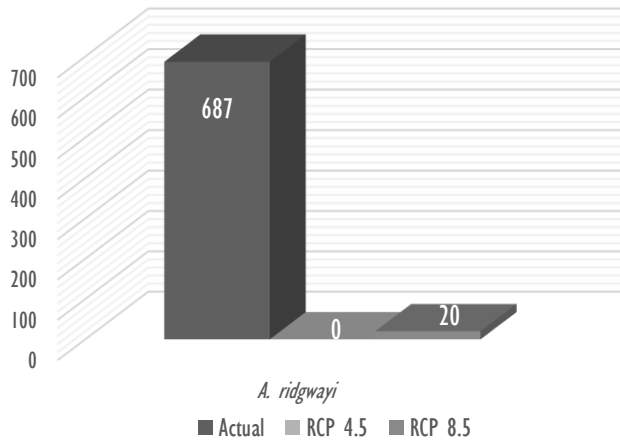
## ANEXO II. DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS RAPACES EN RIESGO DE MÉXICO

Especie	Distribución potencial			Distribución hábitat idóneo		
	Actual	RCP 4.5	RCP 8.5	Actual	RCP 4.5	RCP 8.5
<i>A. bicolor</i>	128344	69567	57609	106179	52105	43319
<i>A. ridgwayi</i>	1128	0	22	687	0	20
<i>A. stygius</i>	146101	11931	107349	110543	9952	82446
<i>B. nigricollis</i>	86853	38072	110353	71861	28913	86758
<i>B. solitarius</i>	77773	98106	124514	64989	82650	104669
<i>B. urubitinga</i>	389057	338751	365086	309994	257422	286792
<i>C. burrovianus</i>	54606	45815	249806	40535	33933	208832
<i>C. nigrolineata</i>	49010	14382	44090	34062	7459	36594
<i>C. uncinatus</i>	261253	3702	126113	210779	3107	101402
<i>F. deiroleucus</i>	40549	0	75726	36744	0	62258
<i>F. femoralis</i>	220933	129873	121713	164242	108985	89992
<i>G. albicaudatus</i>	327714	188995	330188	235993	131326	239977
<i>G. caerulescens</i>	333311	153841	317104	262740	104283	244107
<i>G. californianus</i>	1303	0	0	1303	0	0
<i>G. griseiceps</i>	74523	5906	41086	62430	3478	35162
<i>G. hoskinsii</i>	1892	0	0	1872	0	0
<i>G. palmarum</i>	154163	2300	145960	125893	1835	119045
<i>G. sanchezi</i>	17734	124	3281	14285	122	2683
<i>H. bidentatus</i>	121091	4652	35883	108233	2732	31389
<i>H. harpyja</i>	62630	12715	3912	52640	11984	3818
<i>I. americanus</i>	62026	53672	84260	47759	44796	67766
<i>L. cayanensis</i>	113508	36914	20001	98454	33118	17014
<i>L. cristata</i>	113985	45695	24273	92361	37018	20748
<i>M. asio</i>	83725	78092	32798	65573	58906	25470
<i>M. barbarus</i>	5171	0	1590	3577	0	1026
<i>M. cooperi</i>	10389	22	18	6940	1	0
<i>M. ruficollis</i>	152531	0	189728	125534	0	149062
<i>M. seductus</i>	73482	125022	113327	56324	89061	83136
<i>M. semitorquatus</i>	271114	60878	69780	218297	50666	54722
<i>P. albicollis</i>	90512	1	61283	75764	0	49132
<i>P. clamator</i>	101364	186801	208652	77643	137100	151993
<i>P. perspicillata</i>	66333	62213	53943	54717	53671	45916
<i>P. unicintus</i>	398964	409124	224012	316533	329413	184513
<i>R. sociabilis</i>	83249	134507	24682	66364	119511	21578
<i>S. fulvescens</i>	10458	5770	9193	8212	4914	6920
<i>S. melanoleucus</i>	119548	35216	49941	95721	25583	35675
<i>S. occidentalis</i>	331550	183596	159187	289843	146793	122690
<i>S. ornatus</i>	167594	84993	87229	141116	62842	64752
<i>S. papa</i>	78569	15883	3850	69432	13732	3521
<i>S. tyrannus</i>	60558	6225	286	51693	5398	215
<i>S. varia</i>	14137	30440	52036	12942	26608	41347

## Representatividad en México

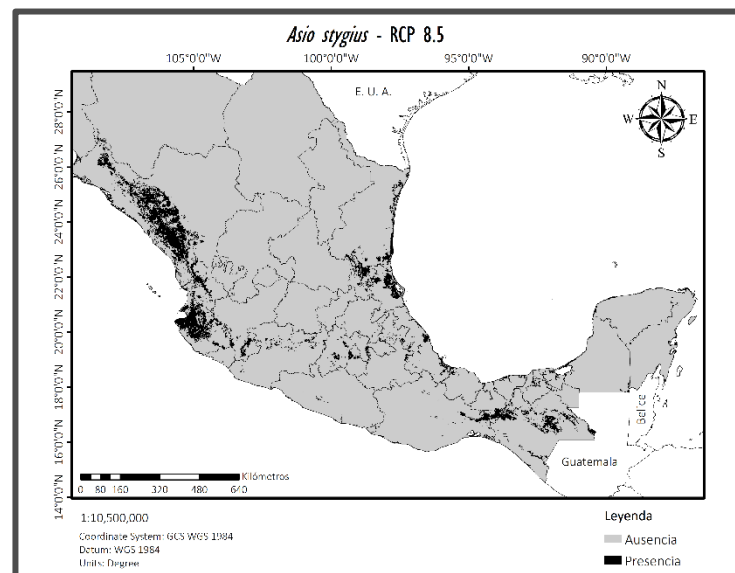
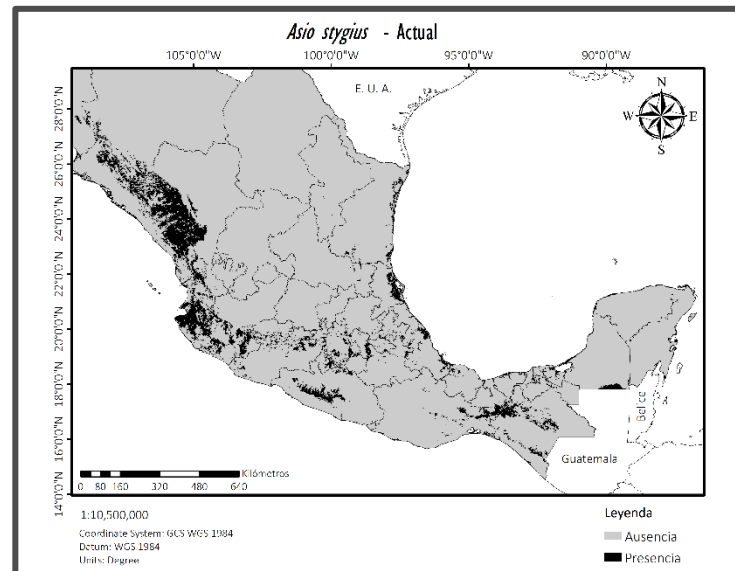
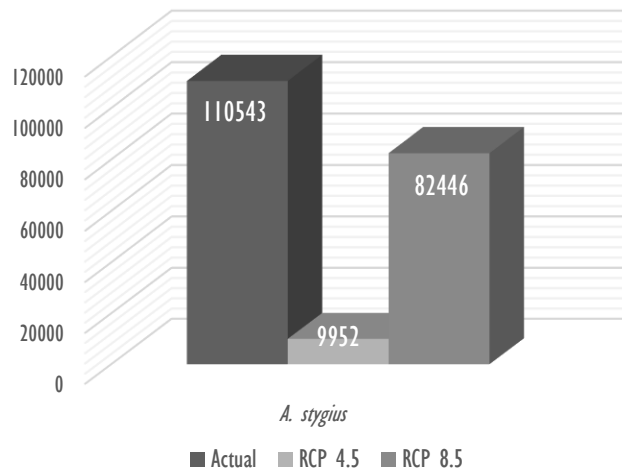


### Representatividad en México

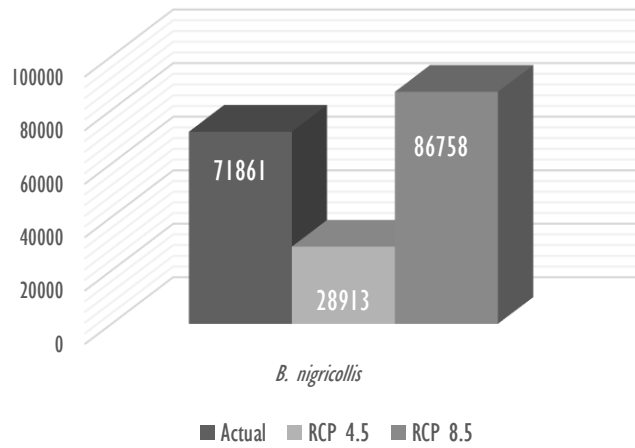




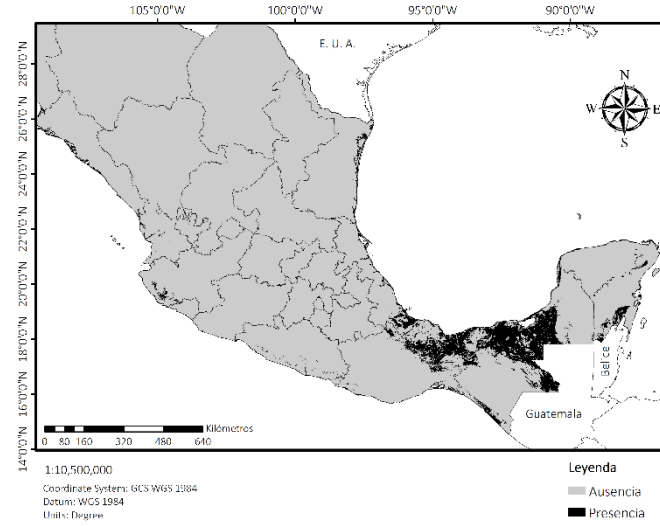
### Representatividad en México



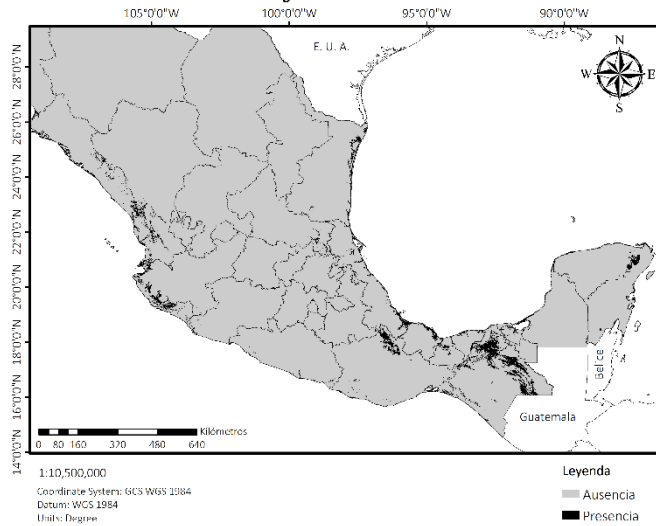
## Representatividad en México



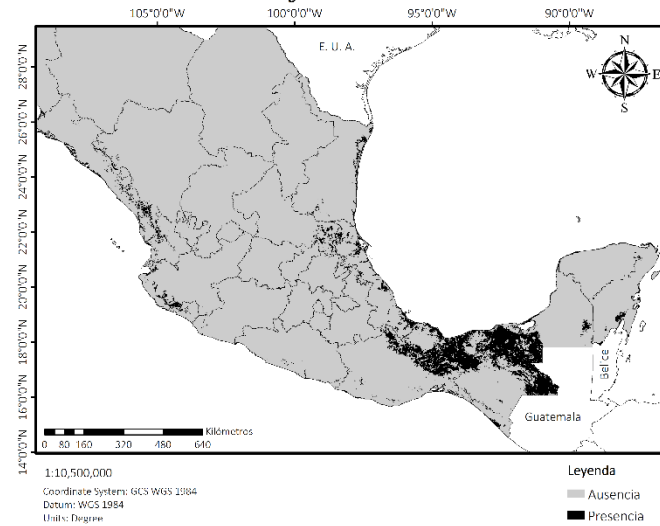
### *Busarellus nigricollis* - Actual



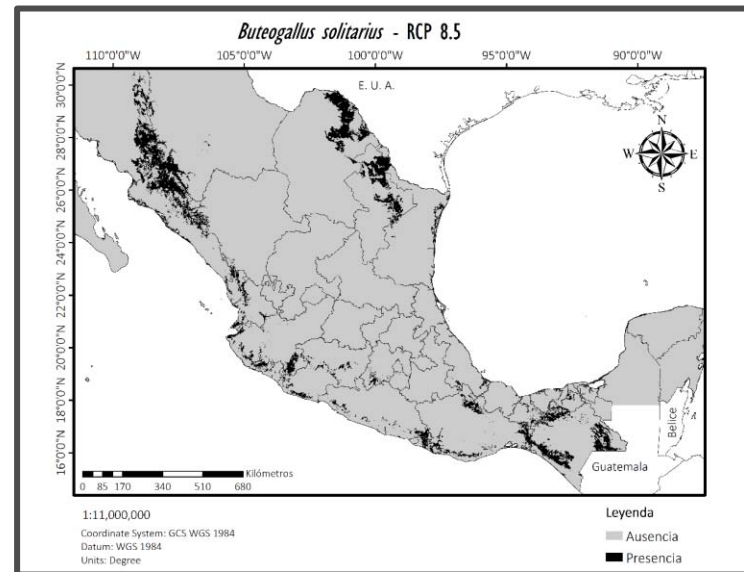
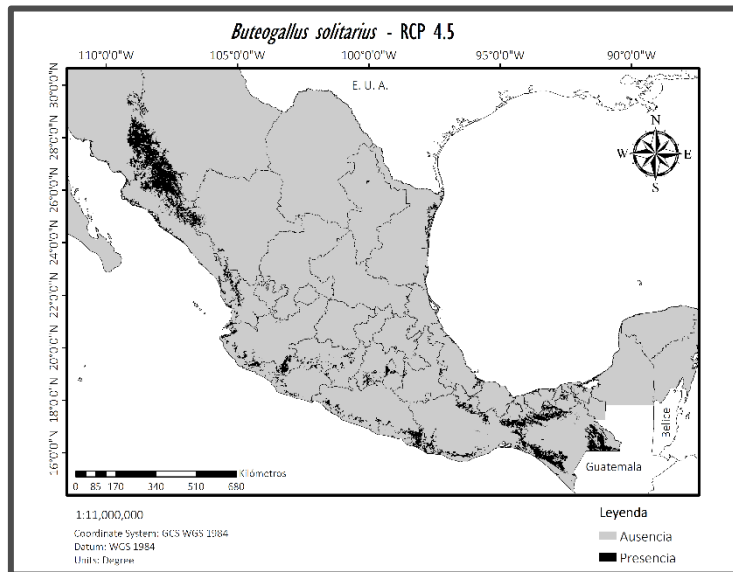
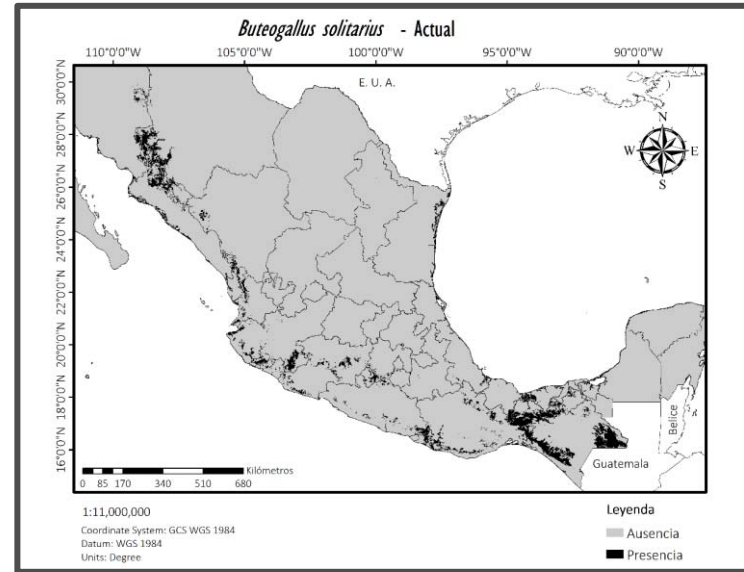
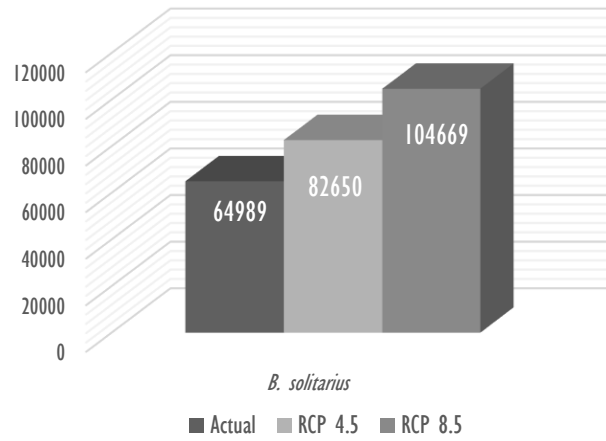
### *Busarellus nigricollis* - RCP 4.5



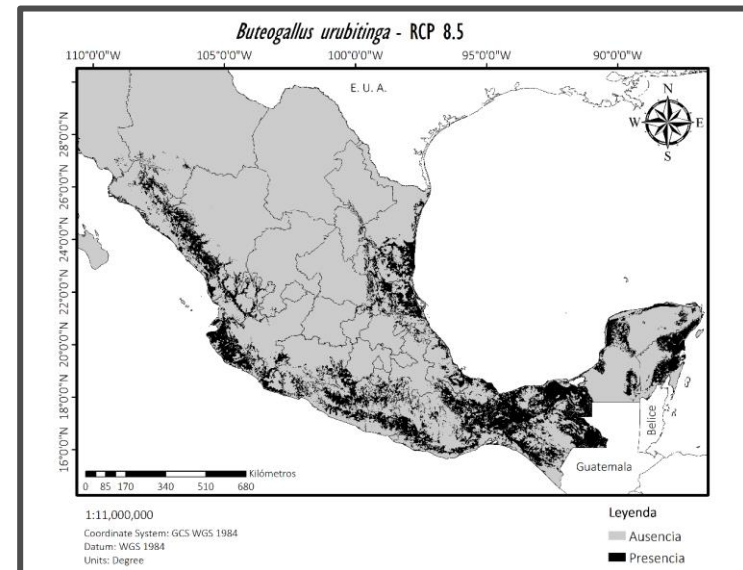
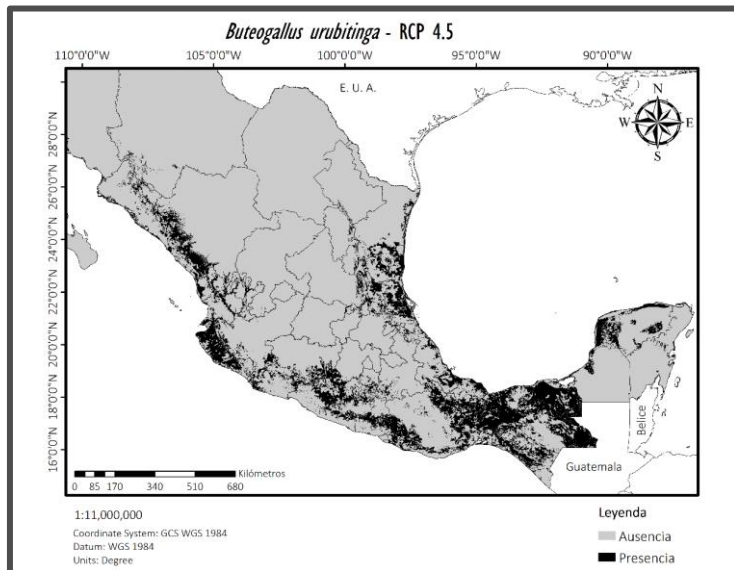
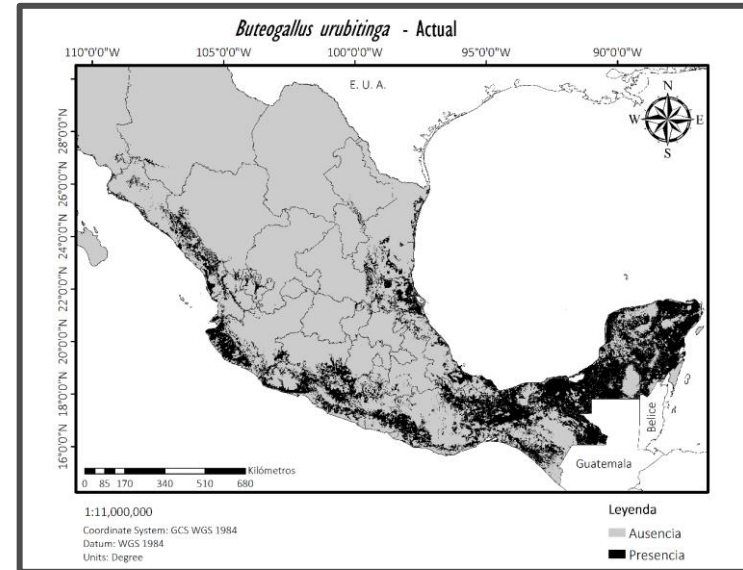
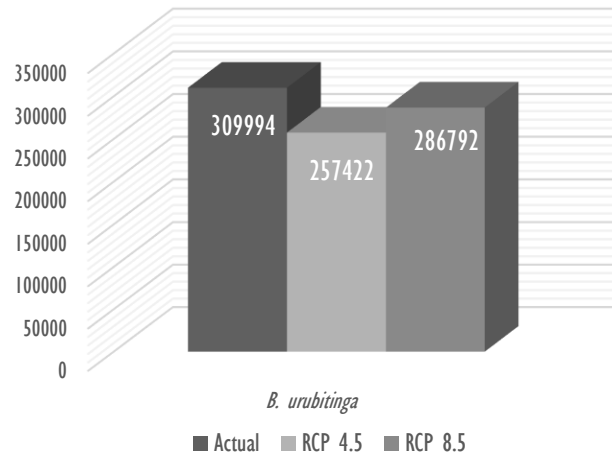
### *Busarellus nigricollis* - RCP 8.5



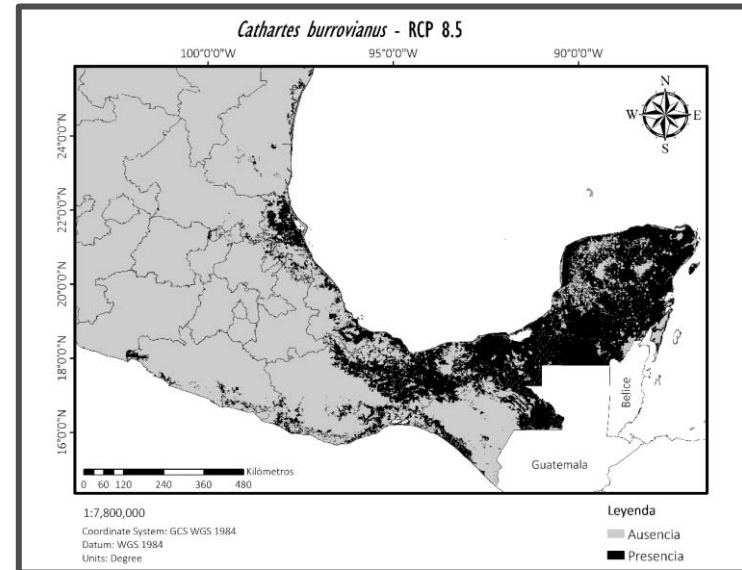
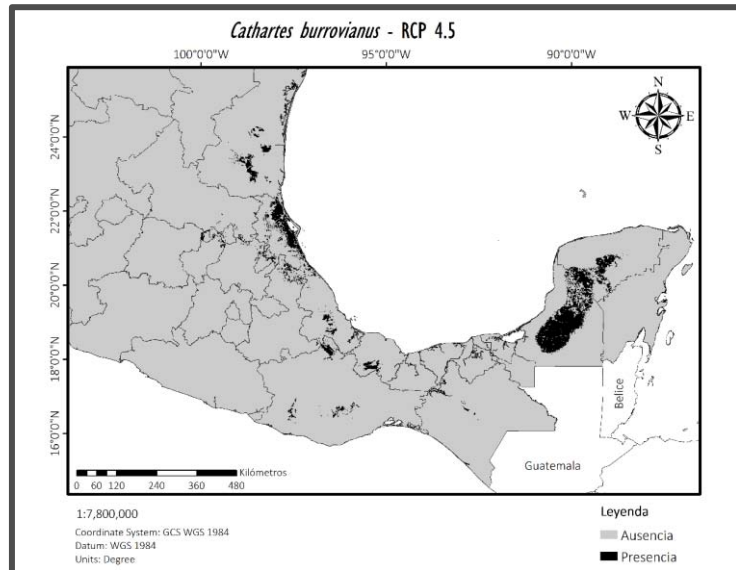
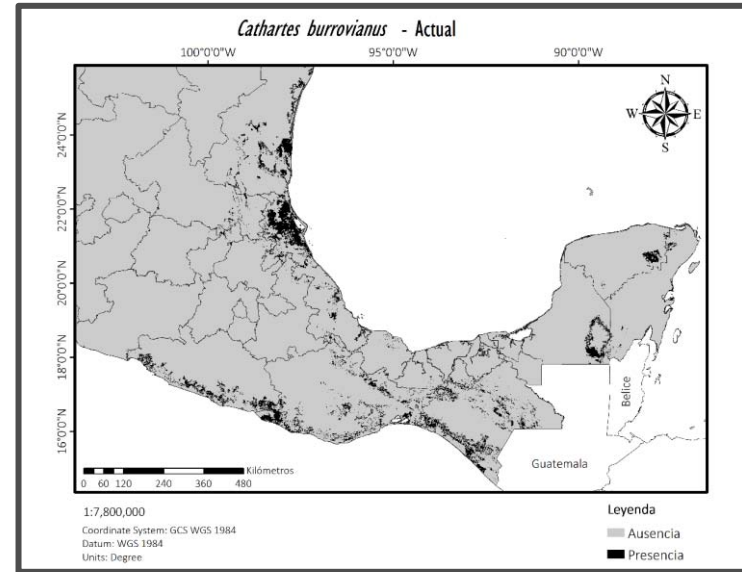
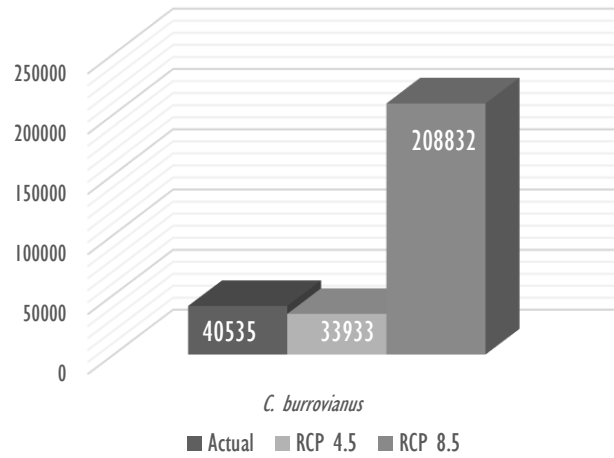
## Representatividad en México



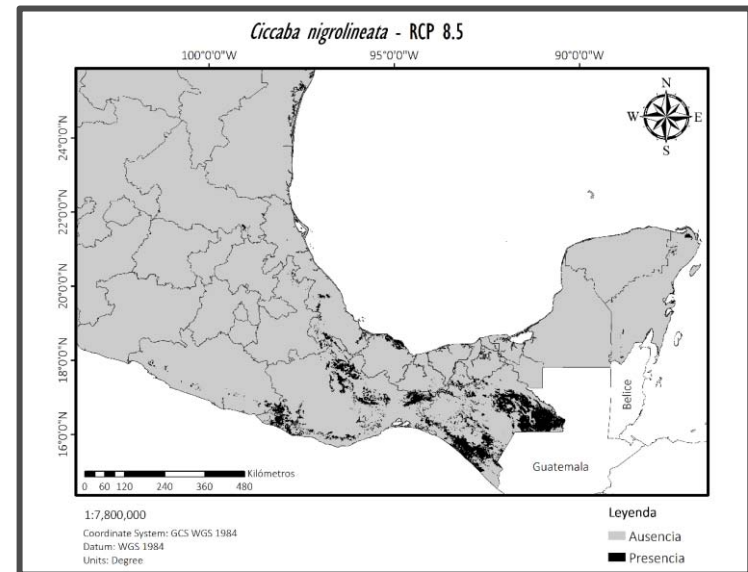
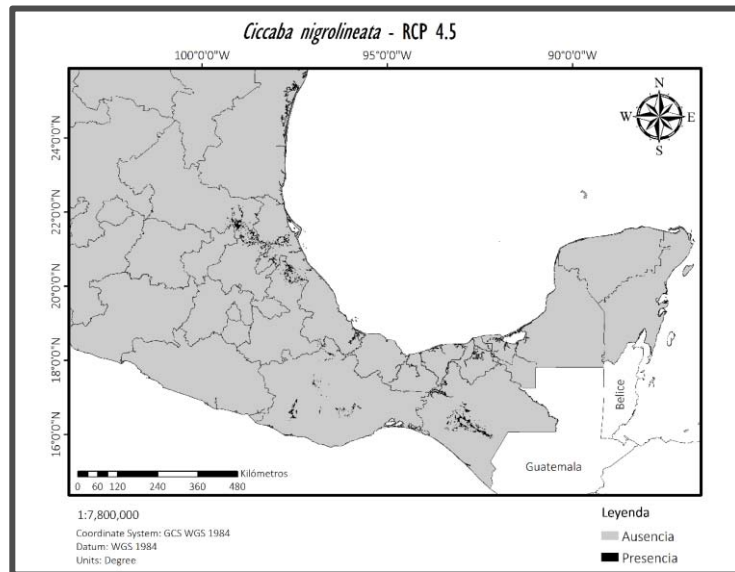
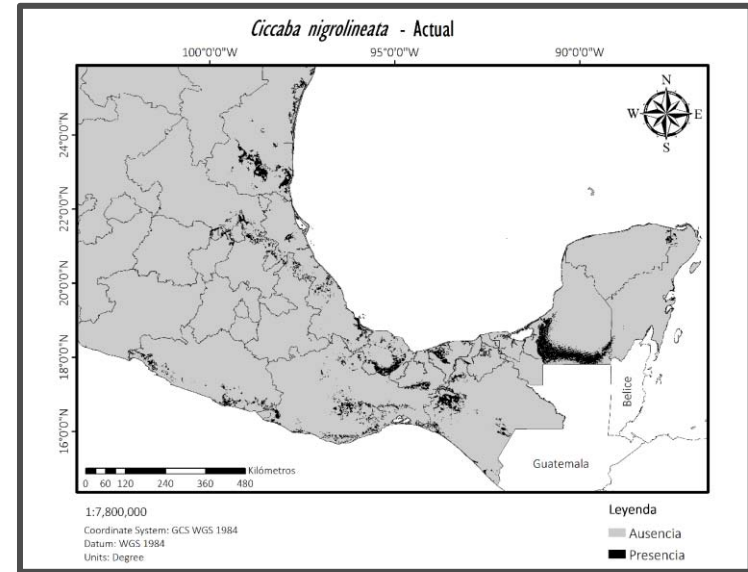
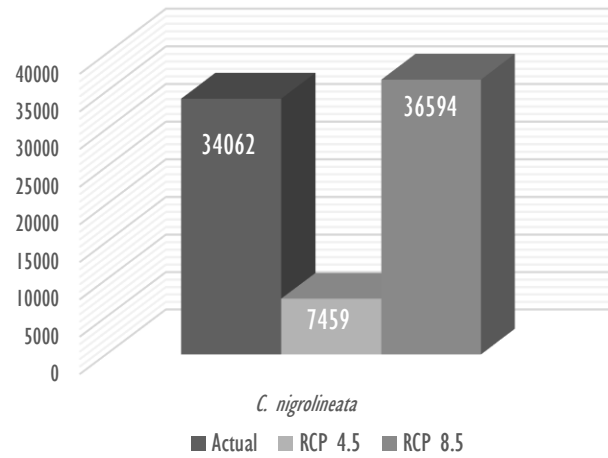
## Representatividad en México



## Representatividad en México

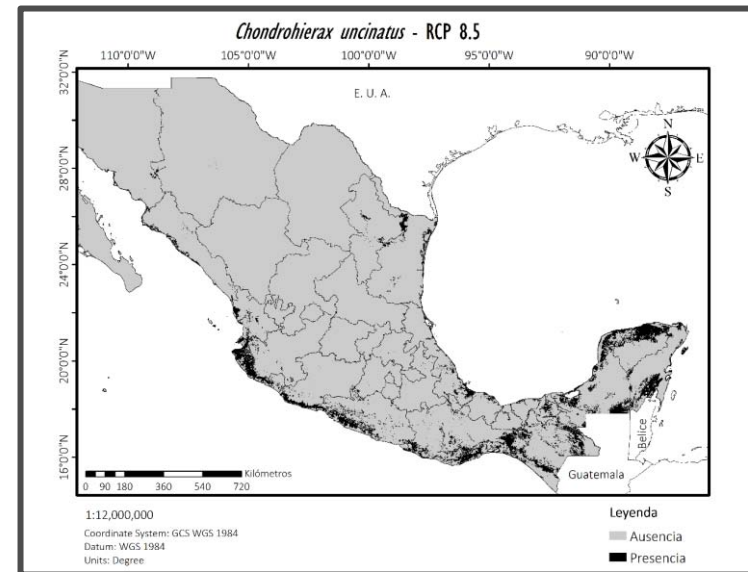
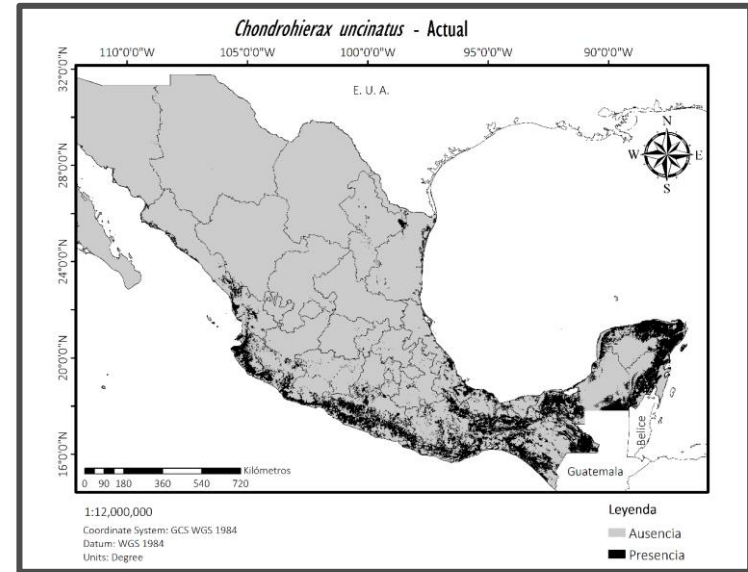
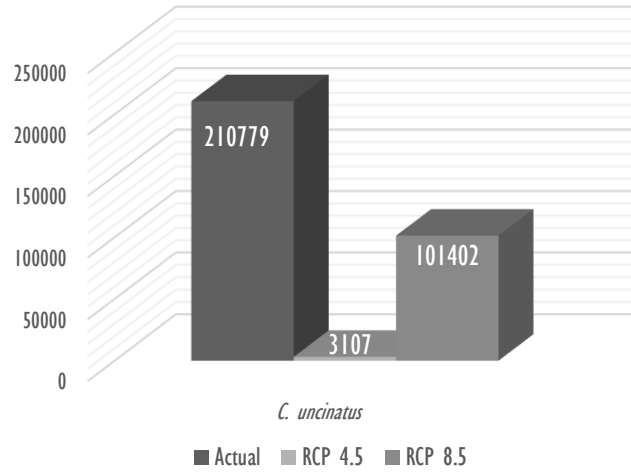


## Representatividad en México

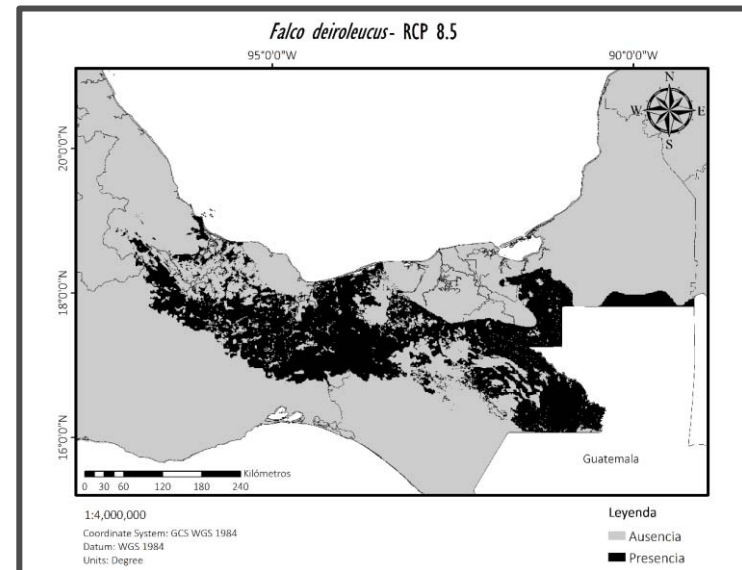
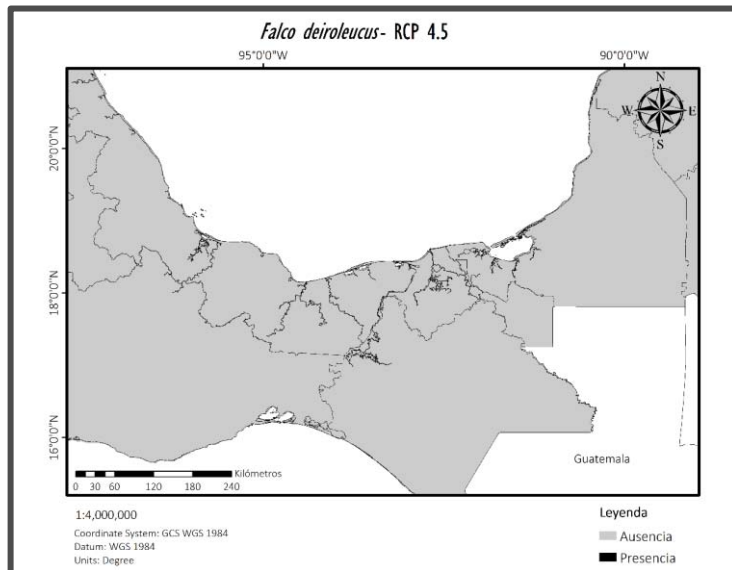
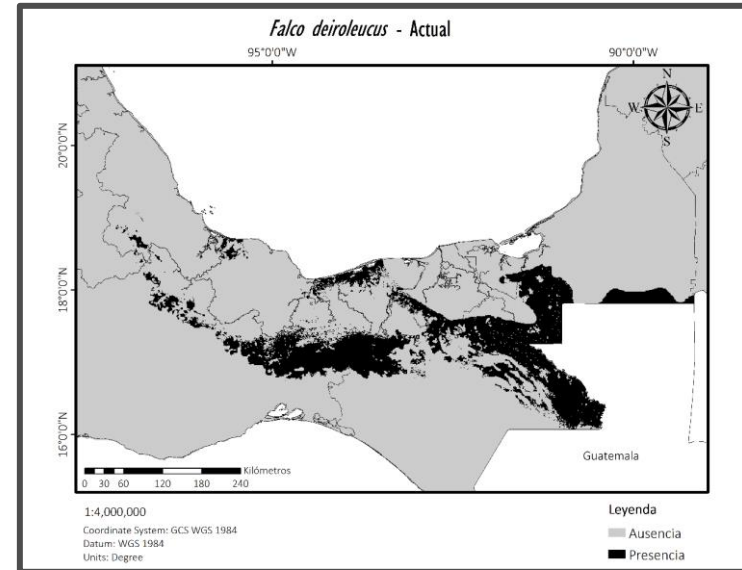
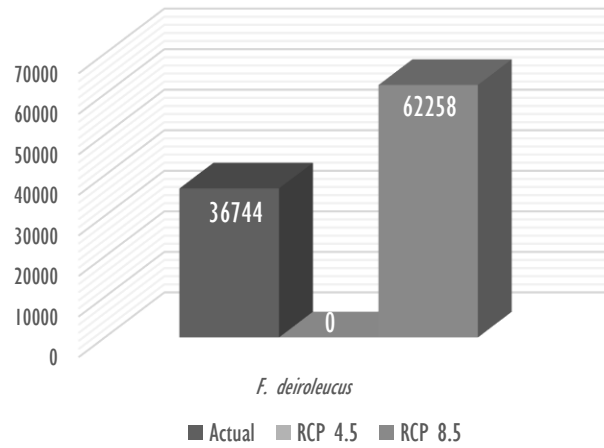




## Representatividad en México

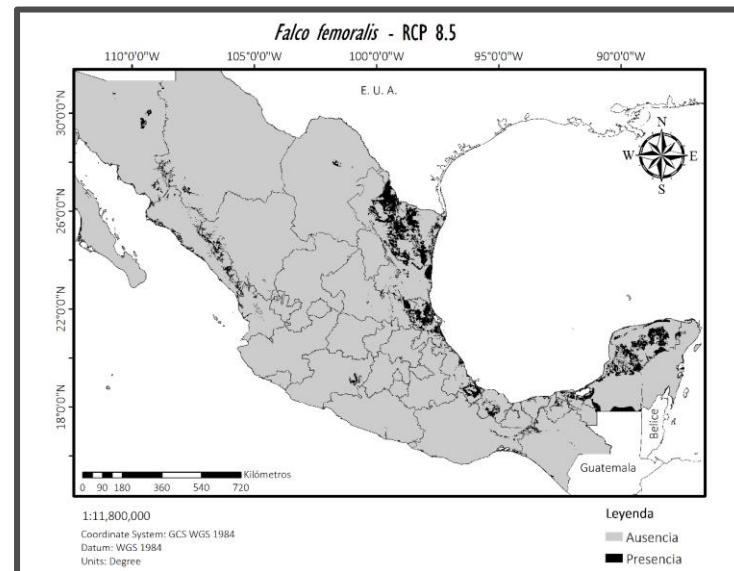
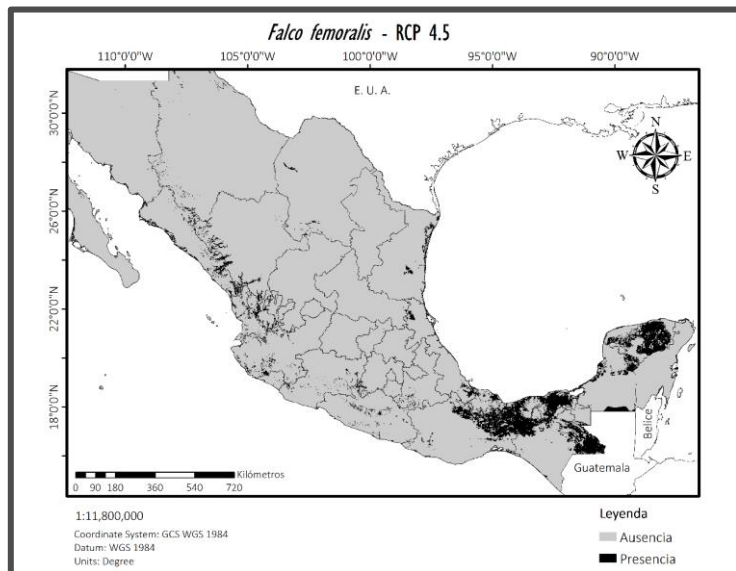
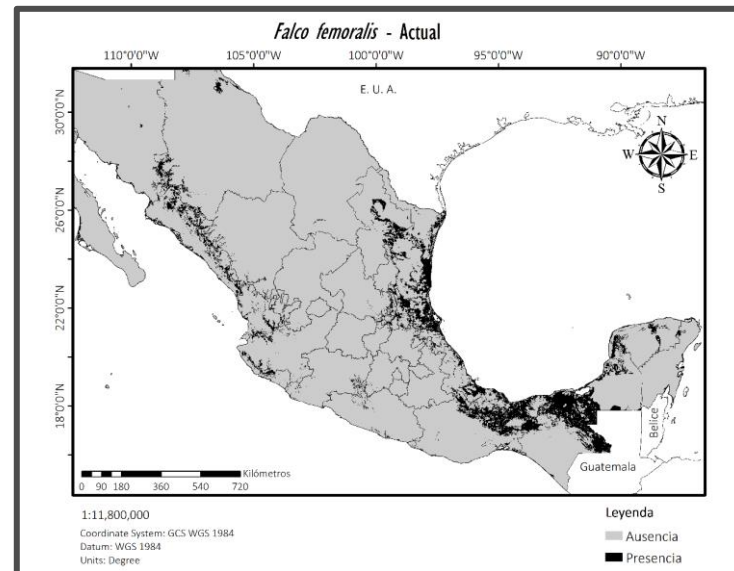
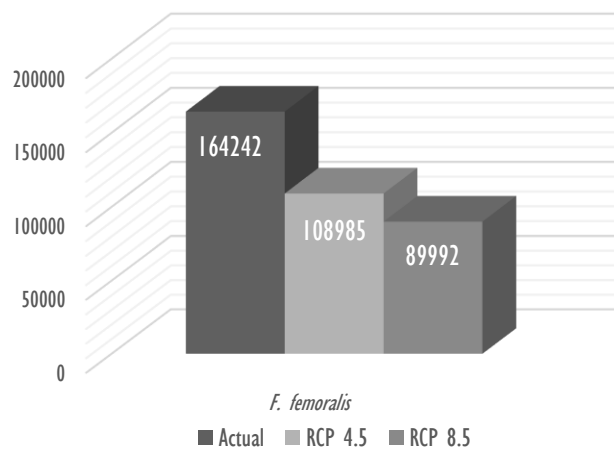


## Representatividad en México

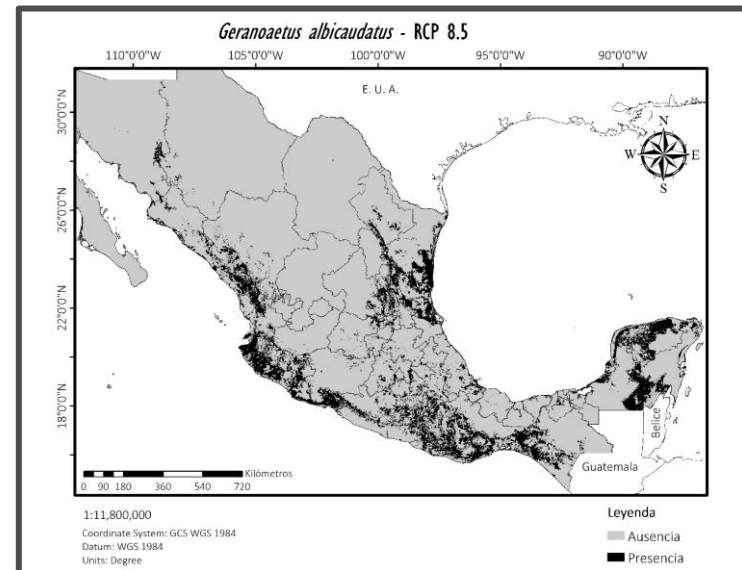
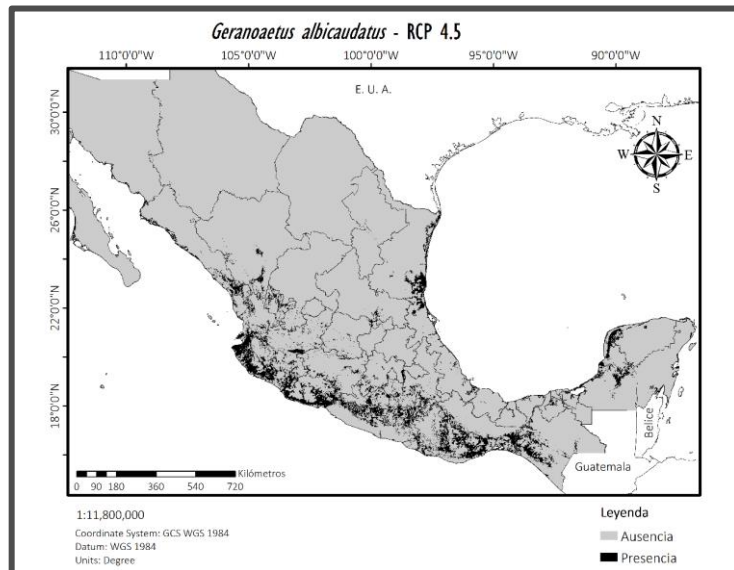
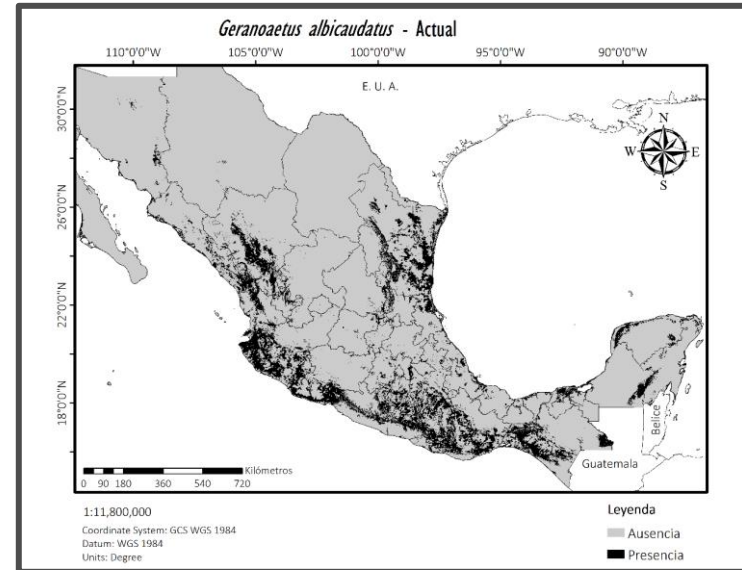
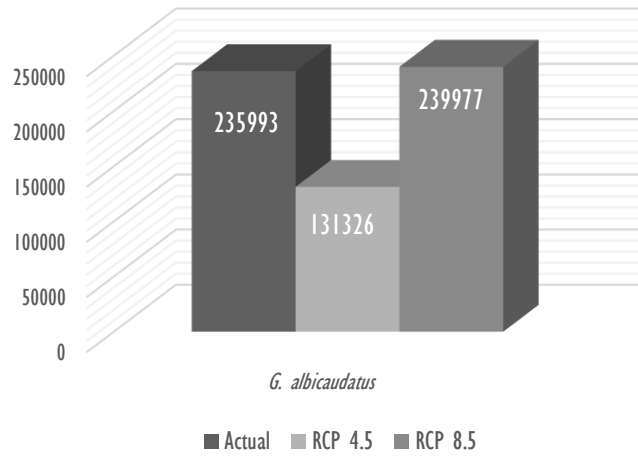




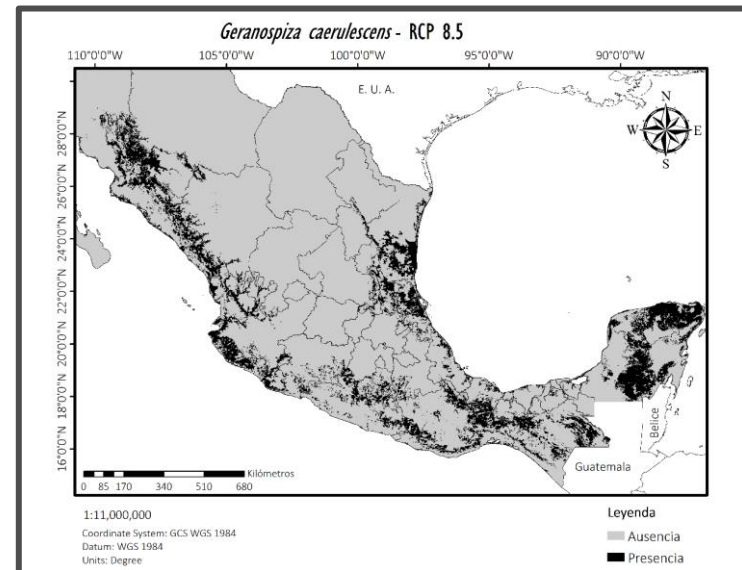
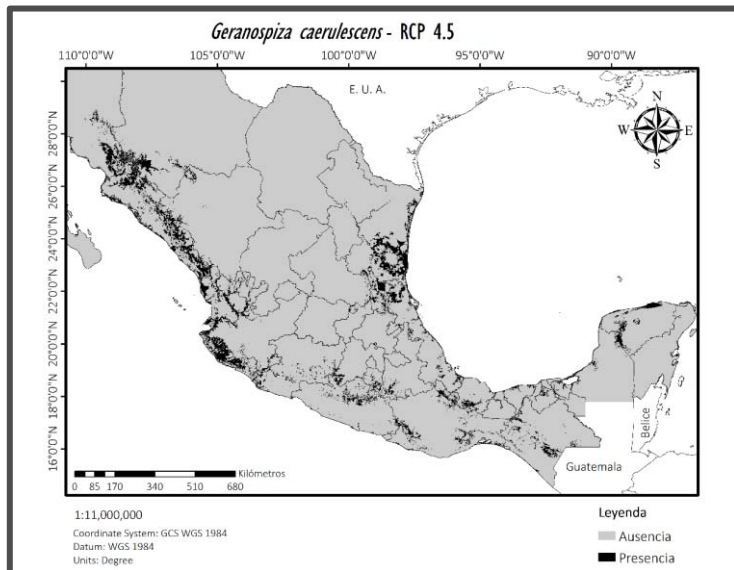
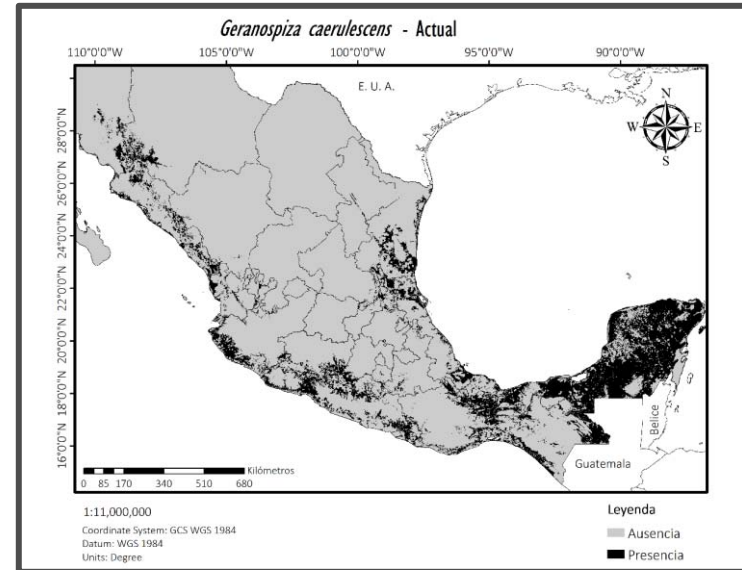
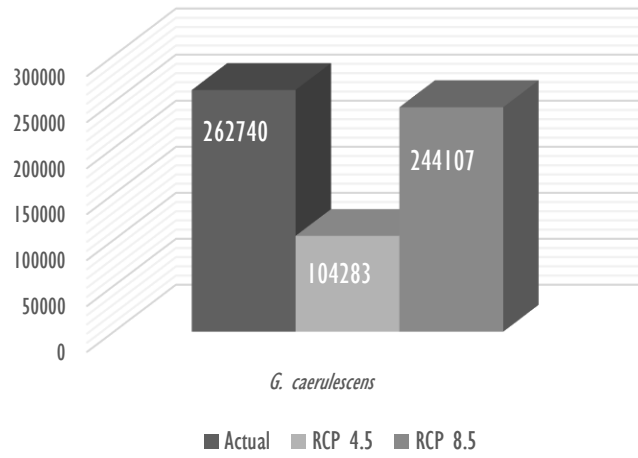
## Representatividad en México



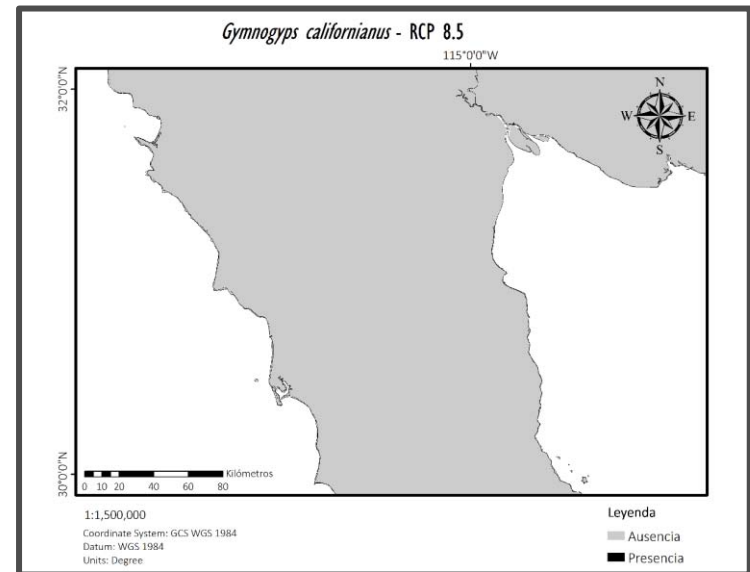
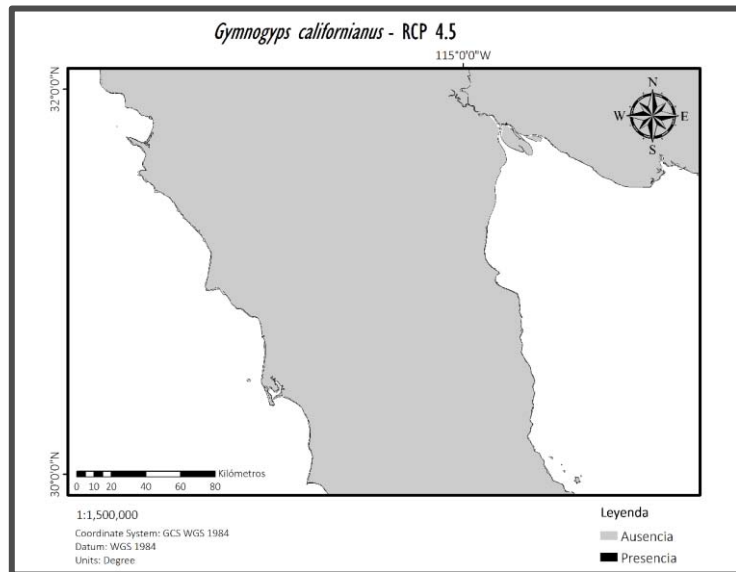
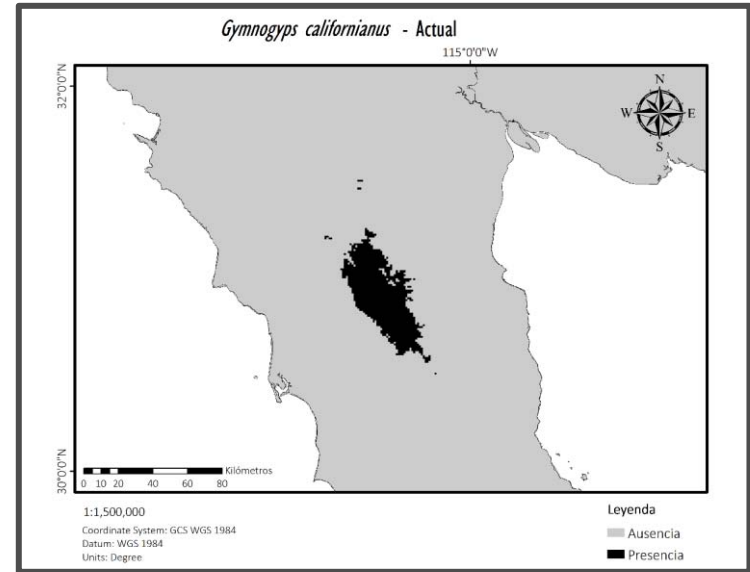
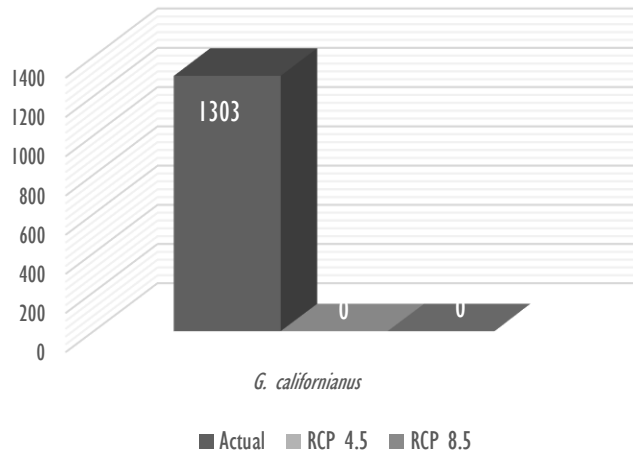
## Representatividad en México



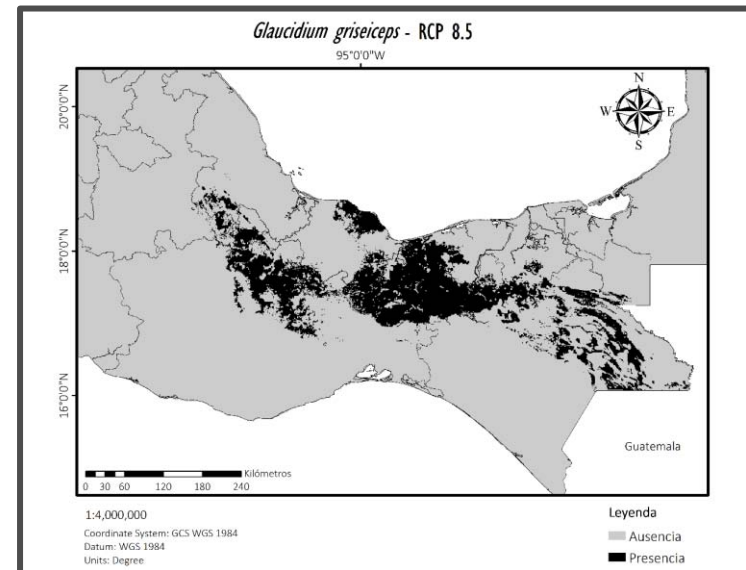
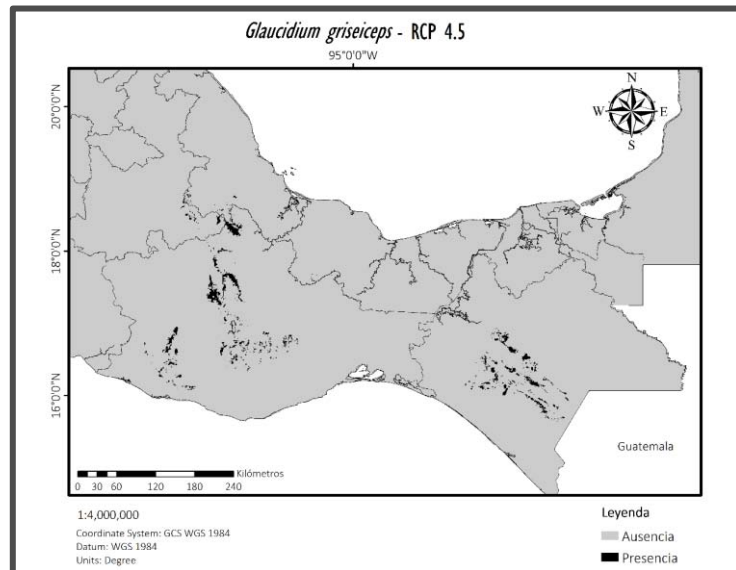
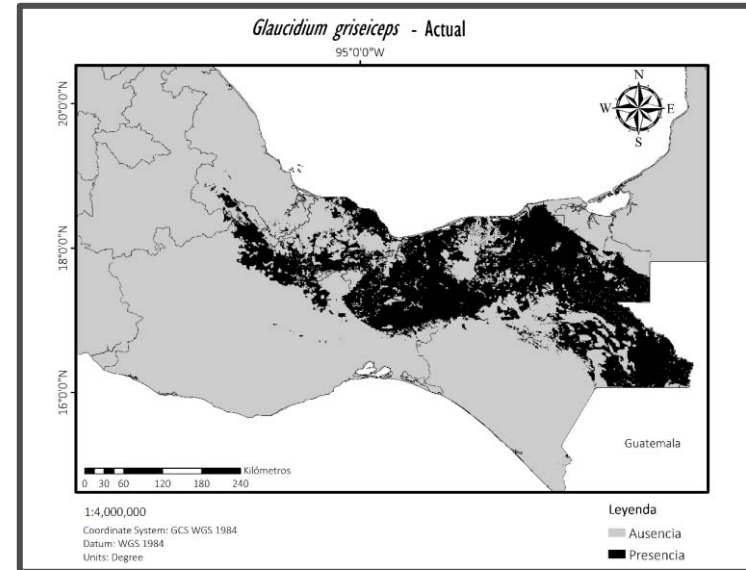
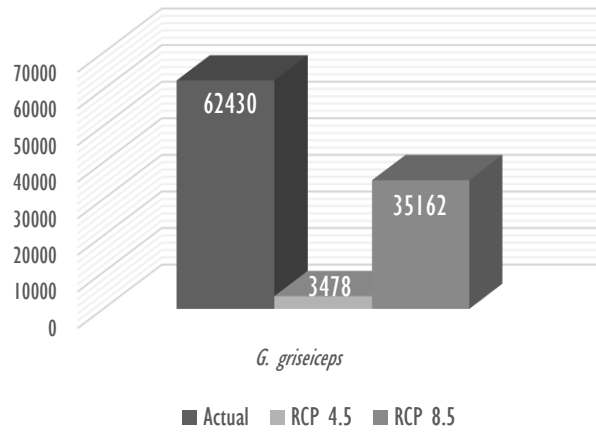
## Representatividad en México



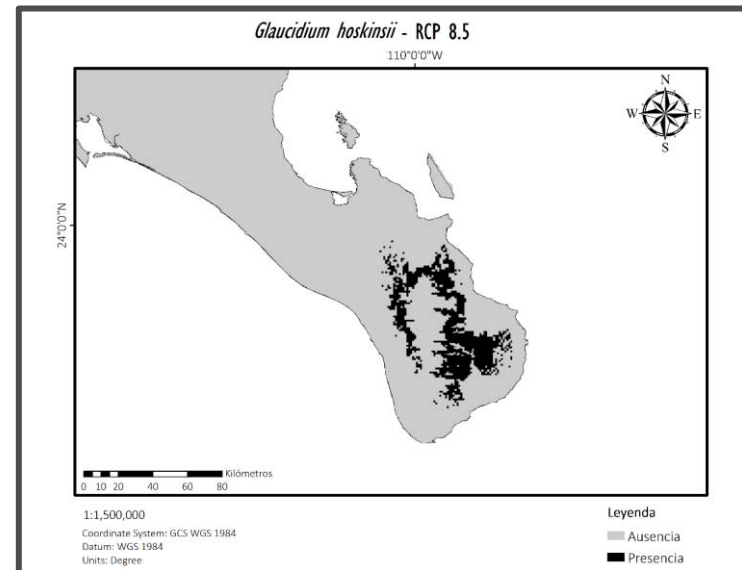
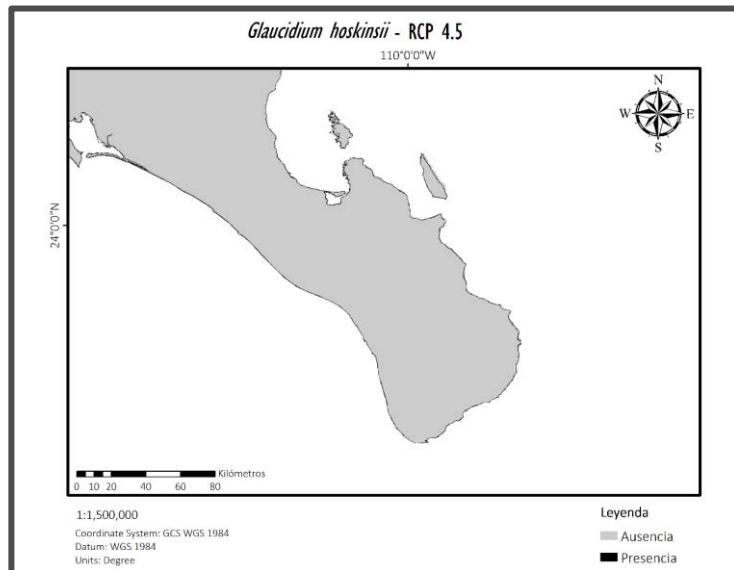
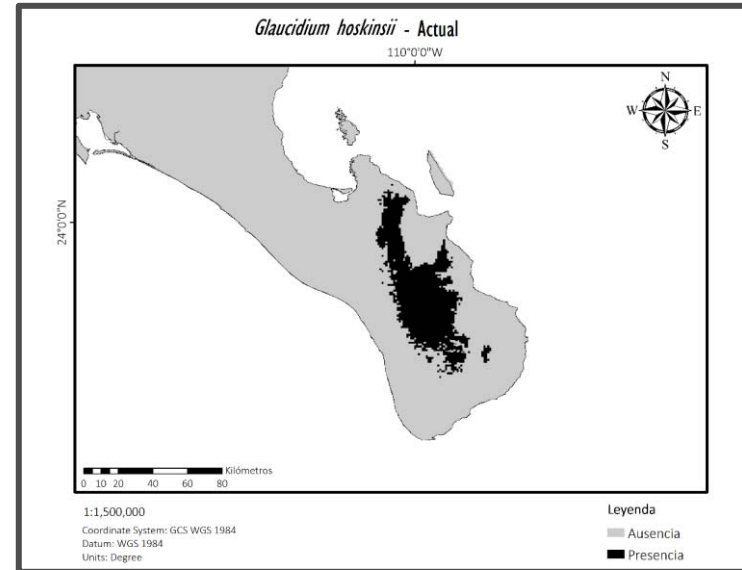
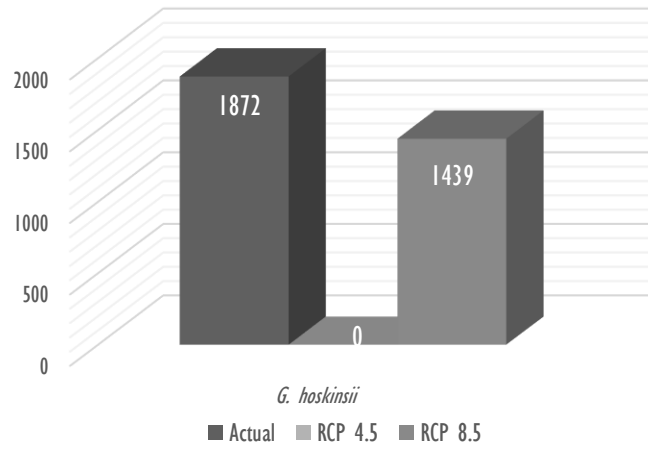
## Representatividad en México



## Representatividad en México

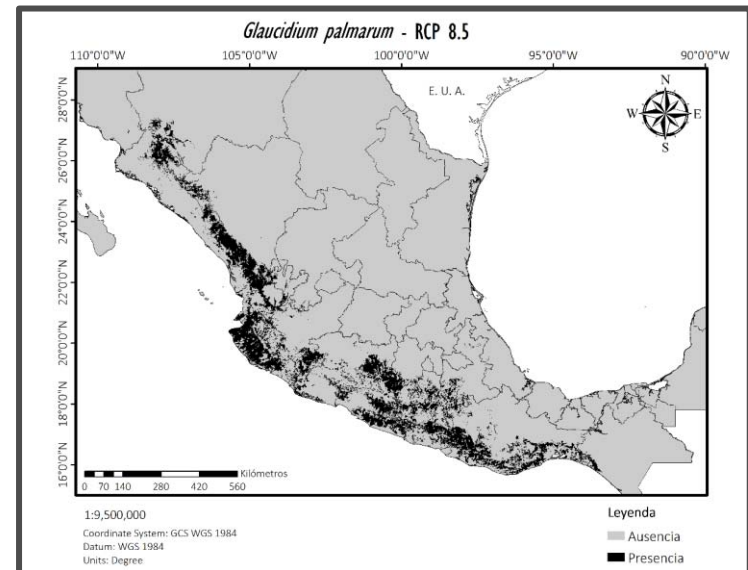
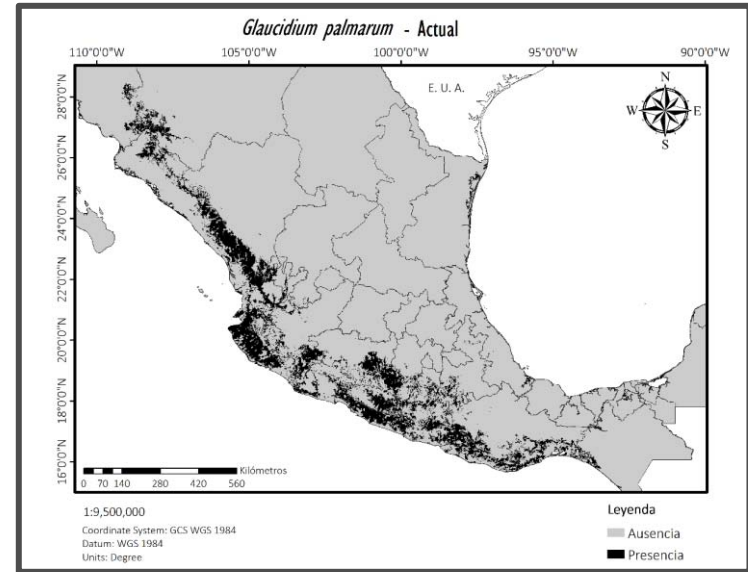
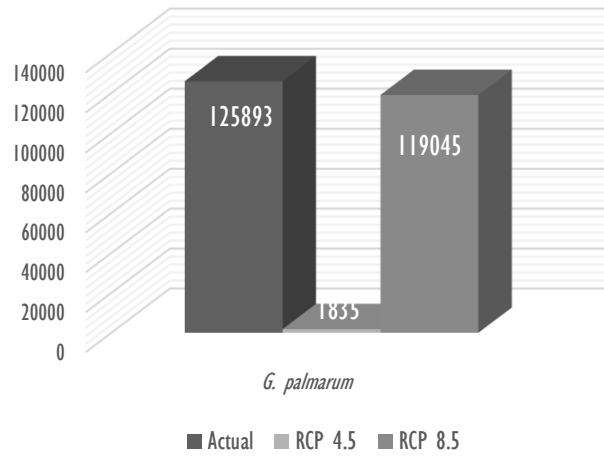


### Representatividad en México

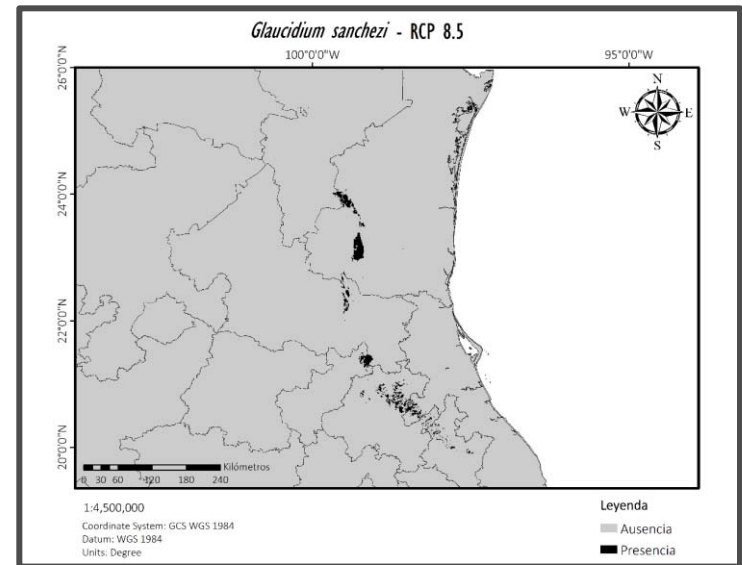
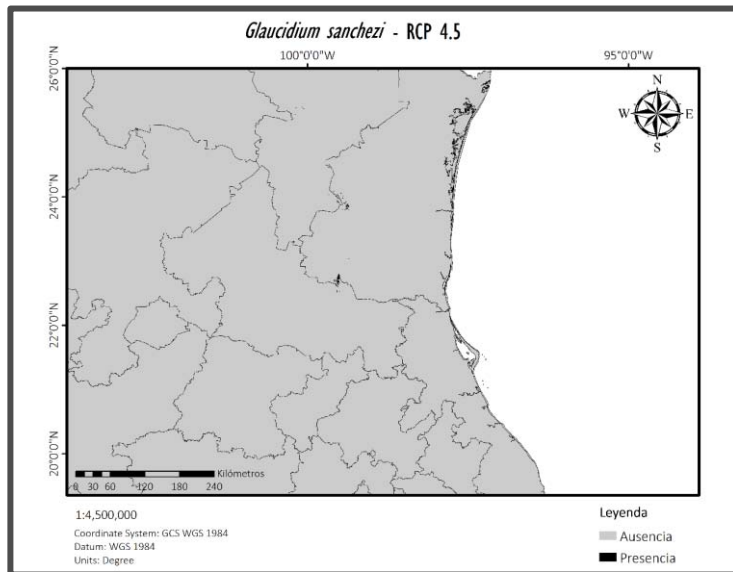
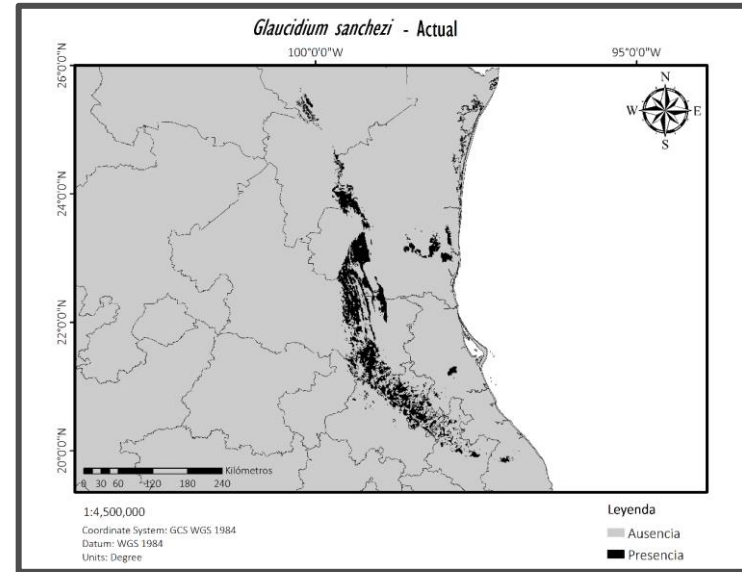
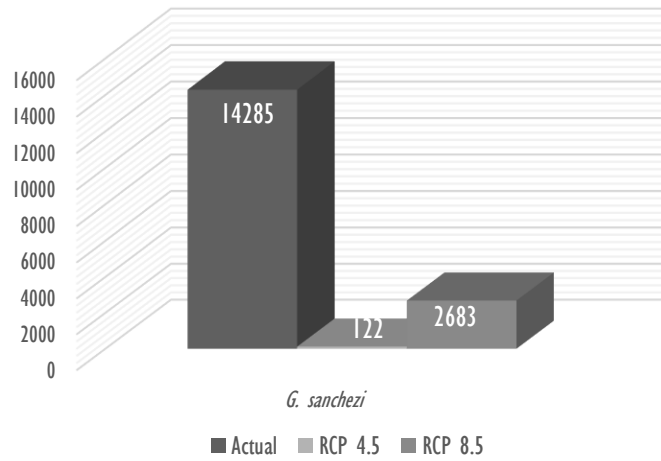




## Representatividad en México

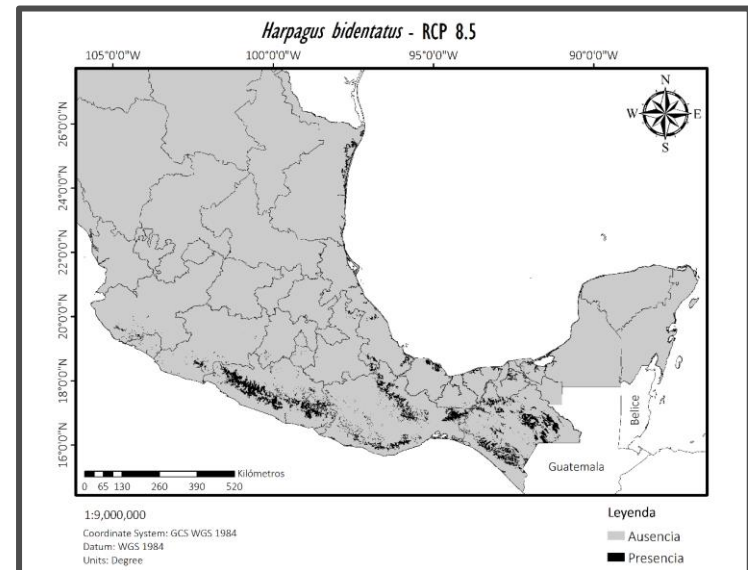
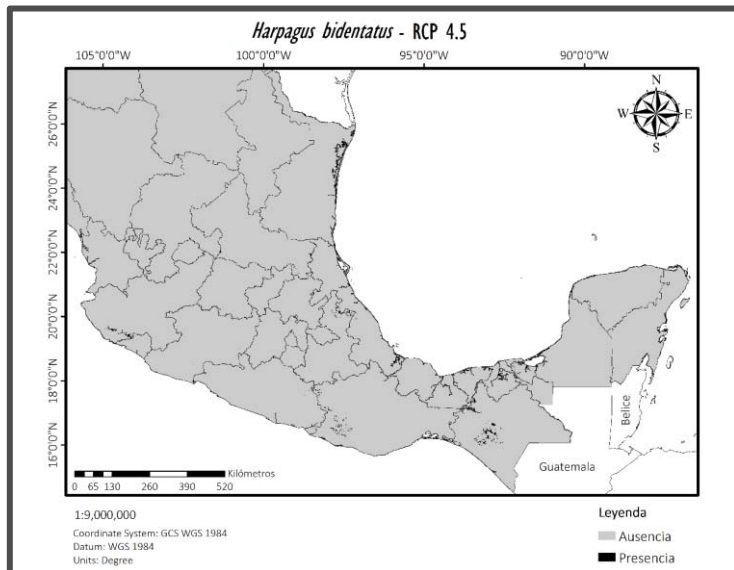
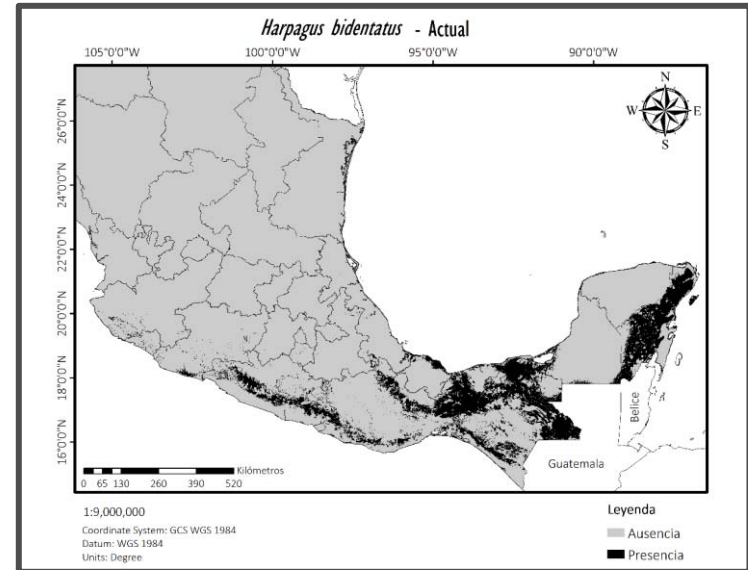
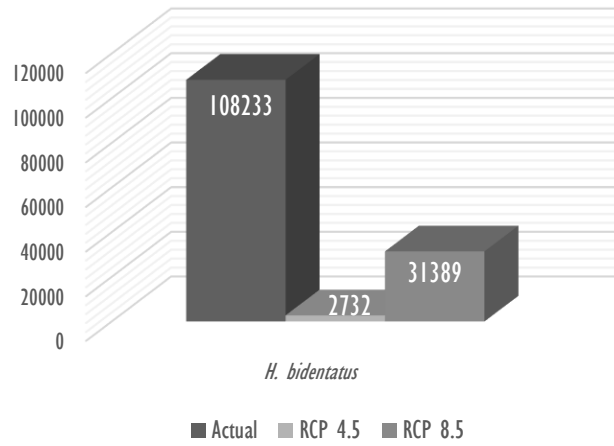


### Representatividad en México

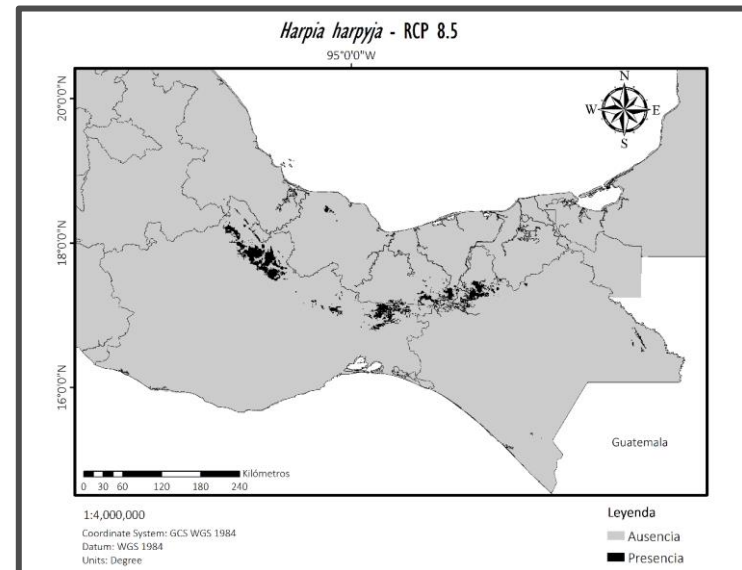
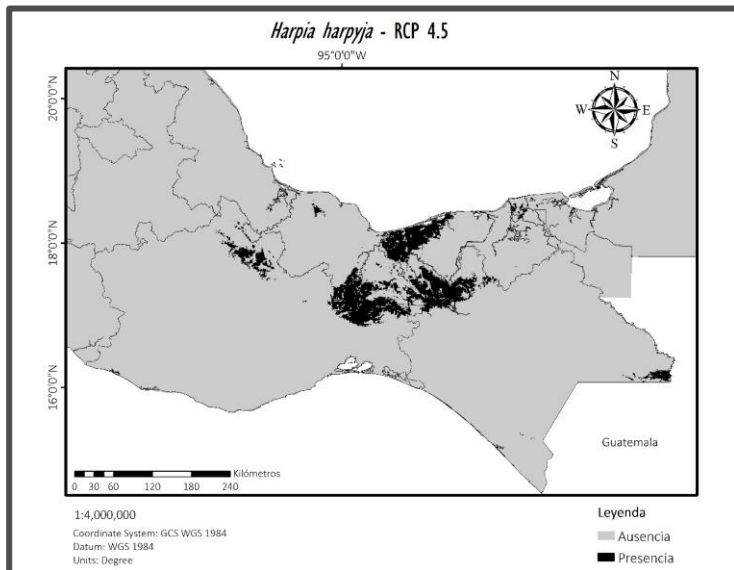
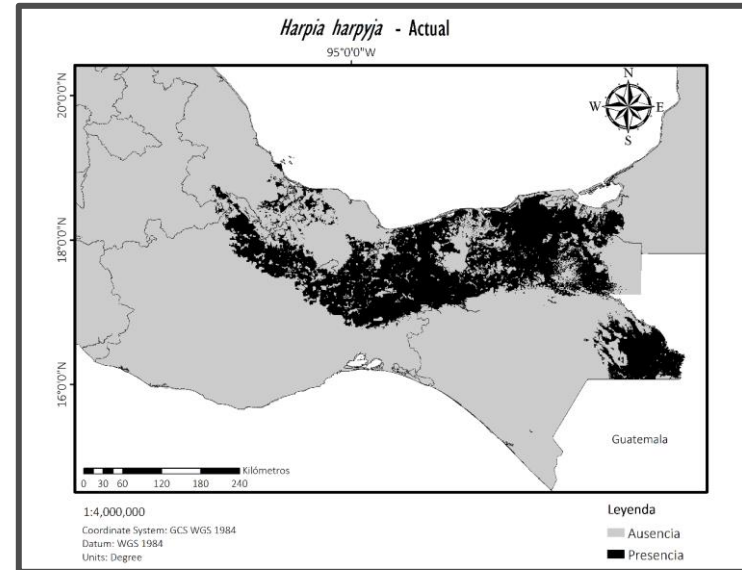
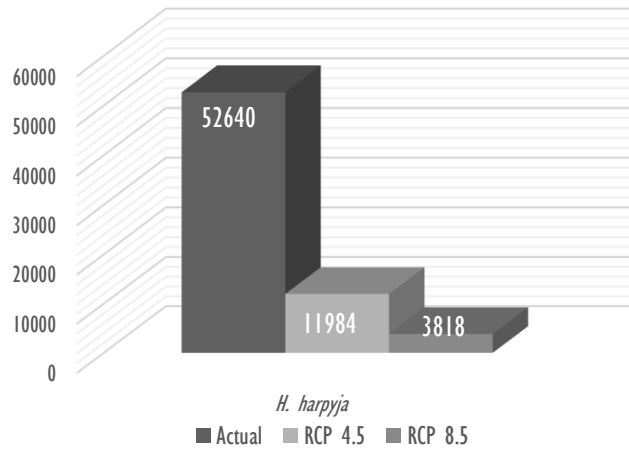




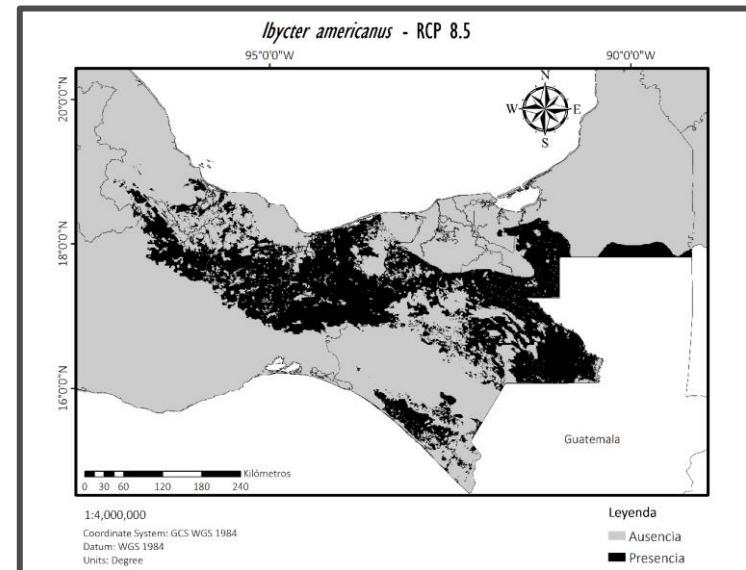
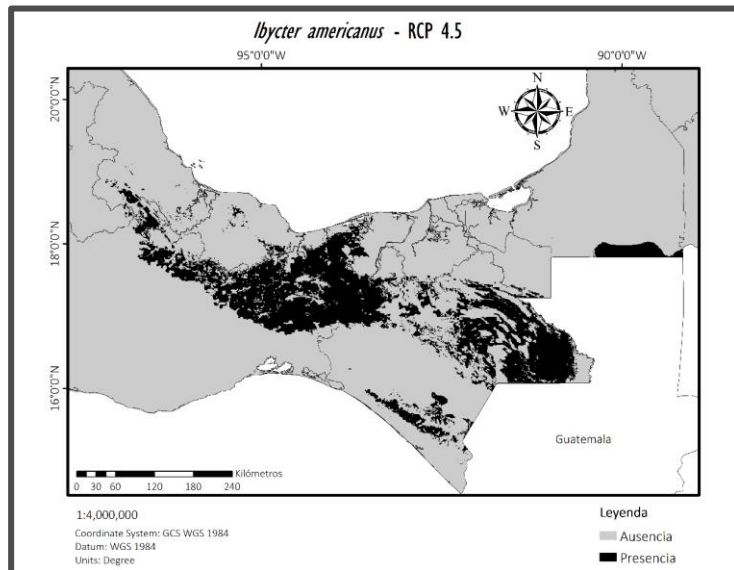
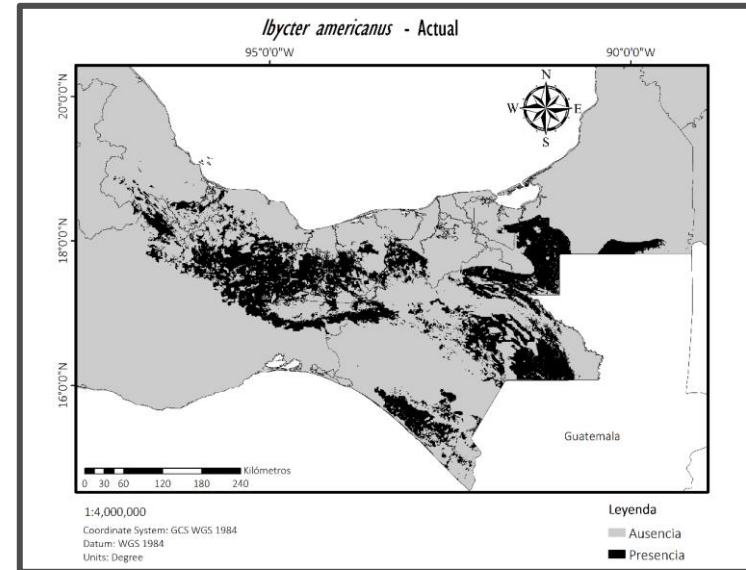
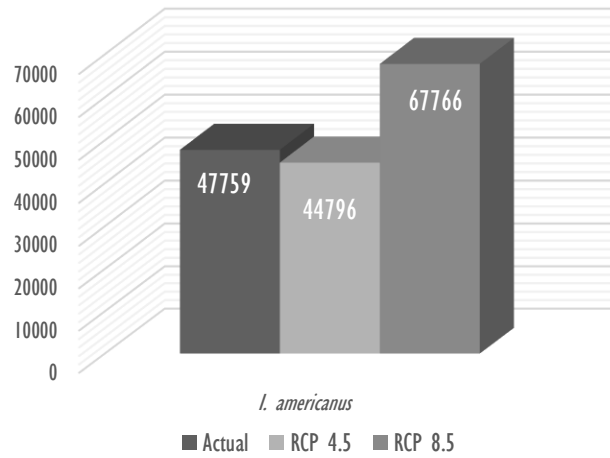
## Representatividad en México



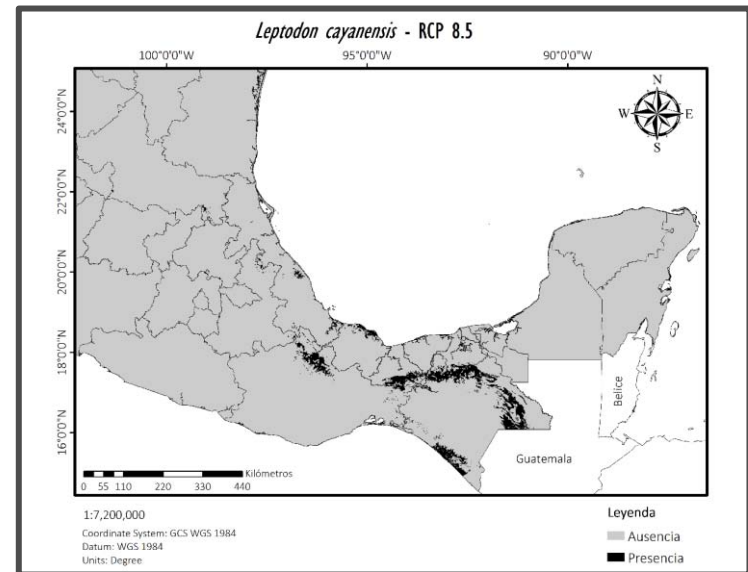
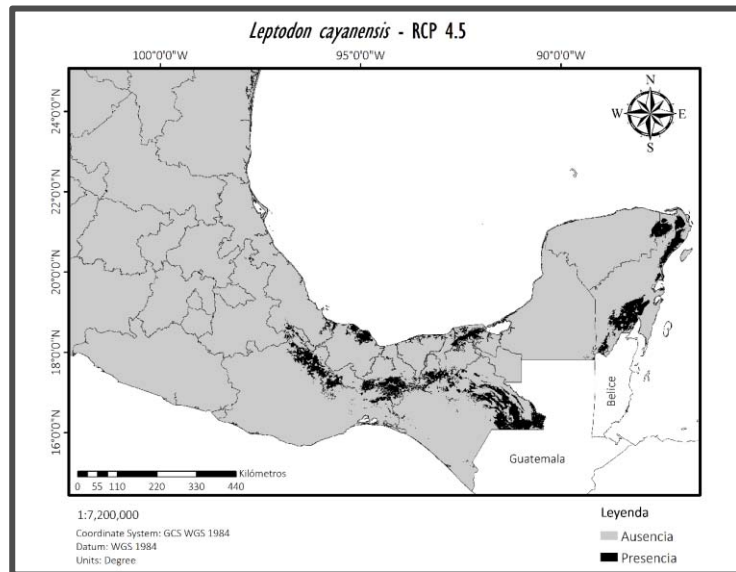
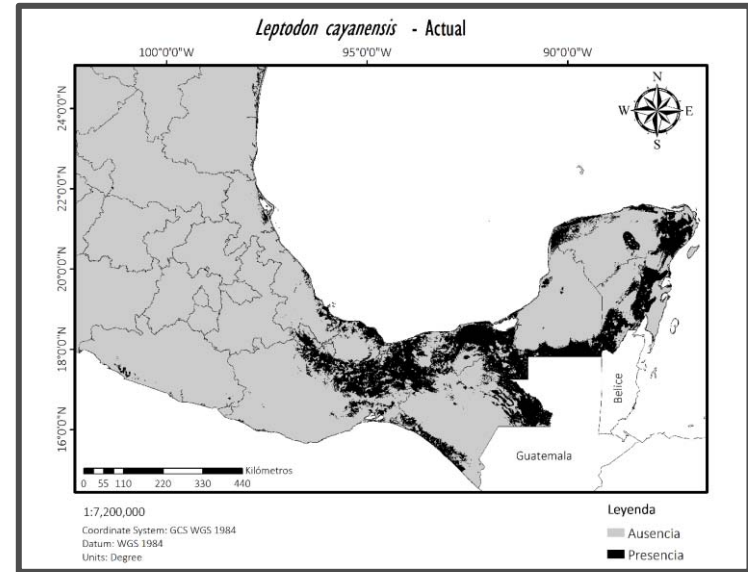
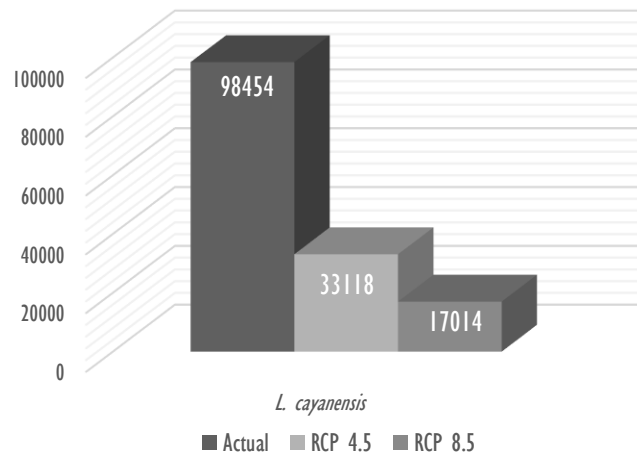
## Representatividad en México



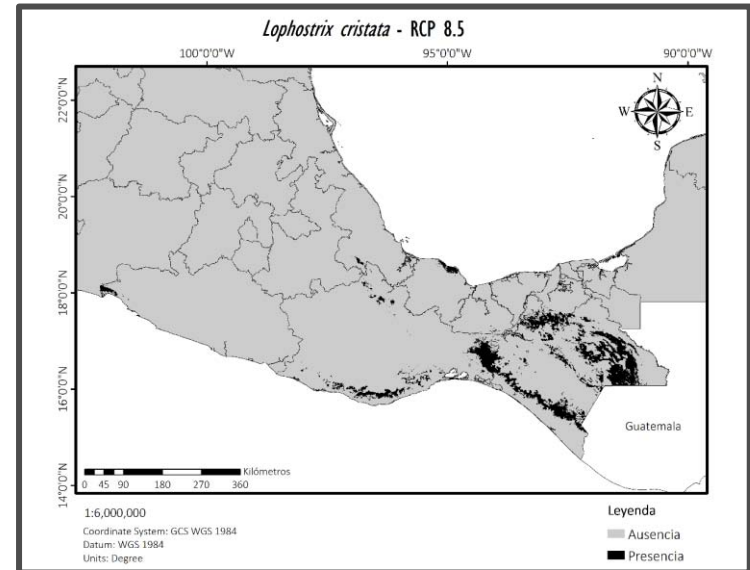
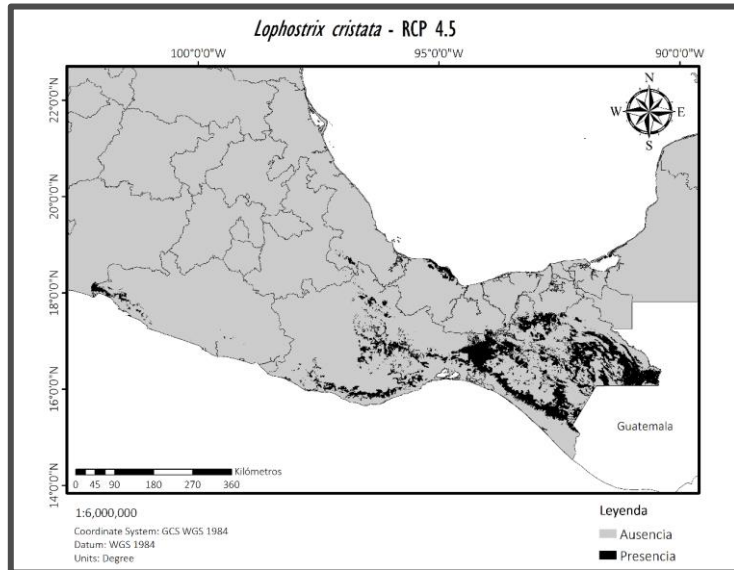
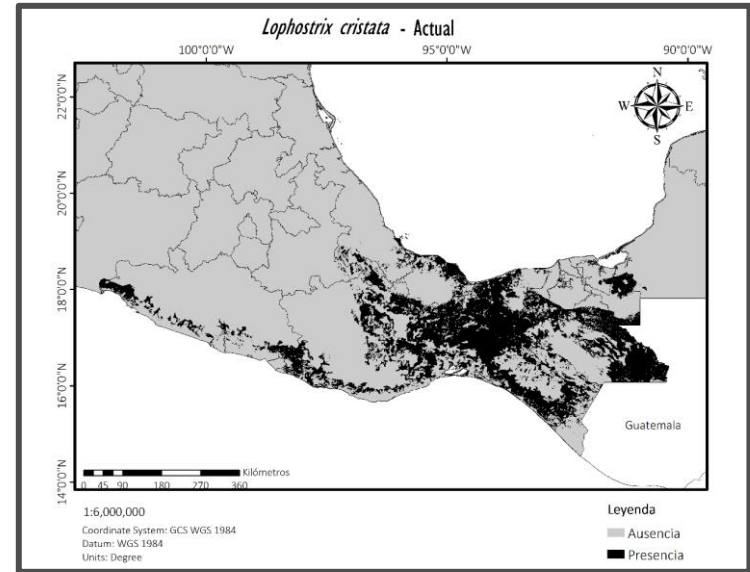
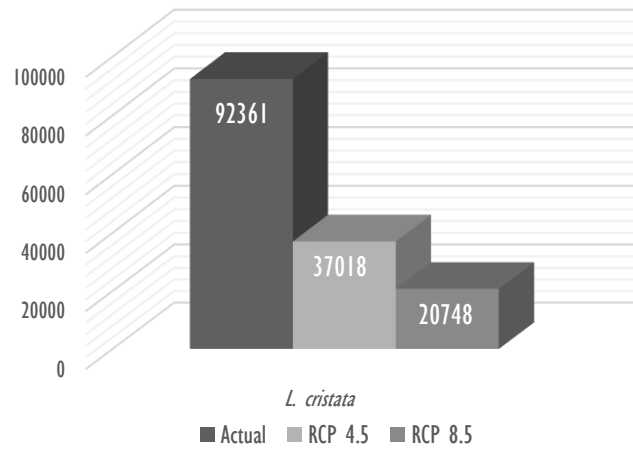
## Representatividad en México



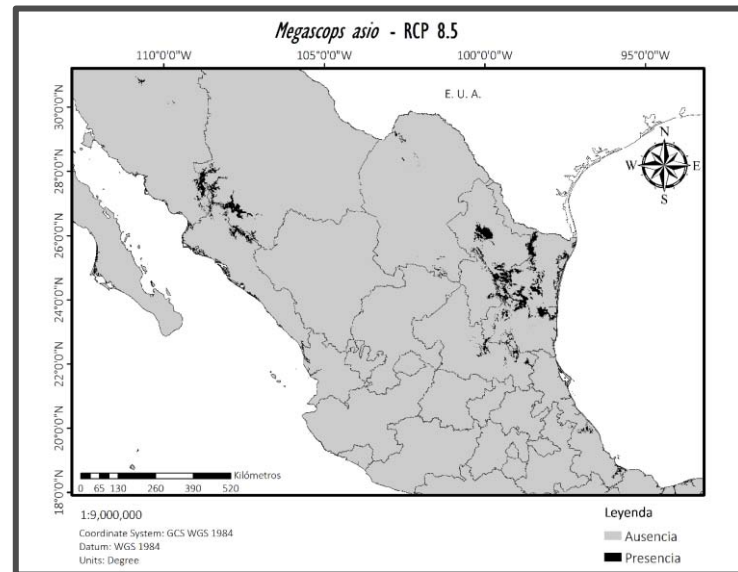
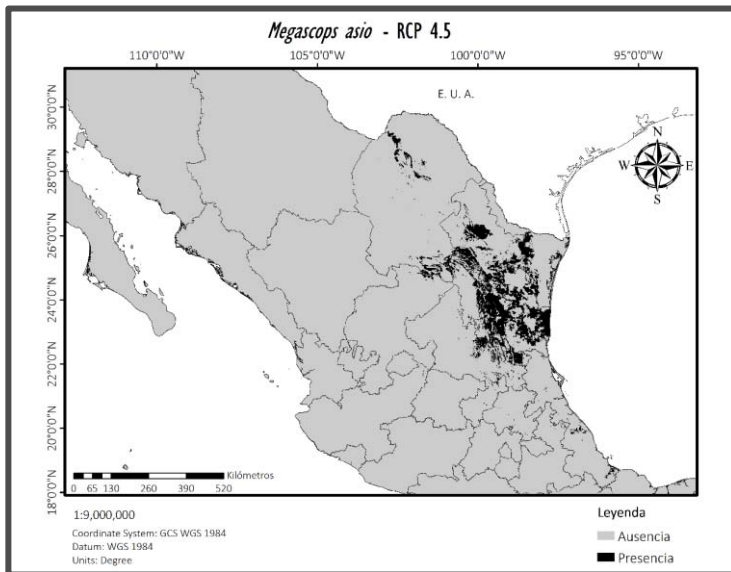
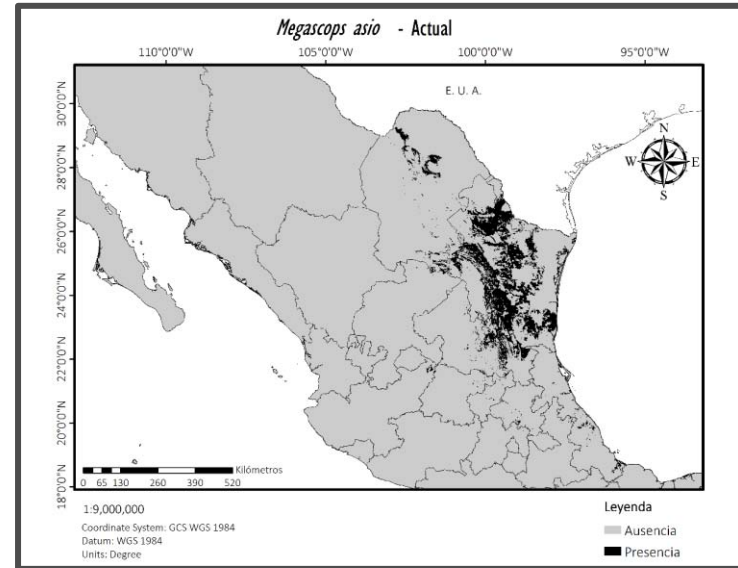
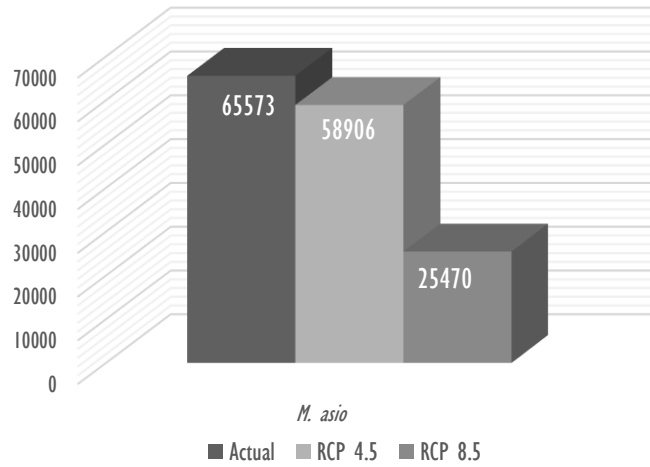
## Representatividad en México



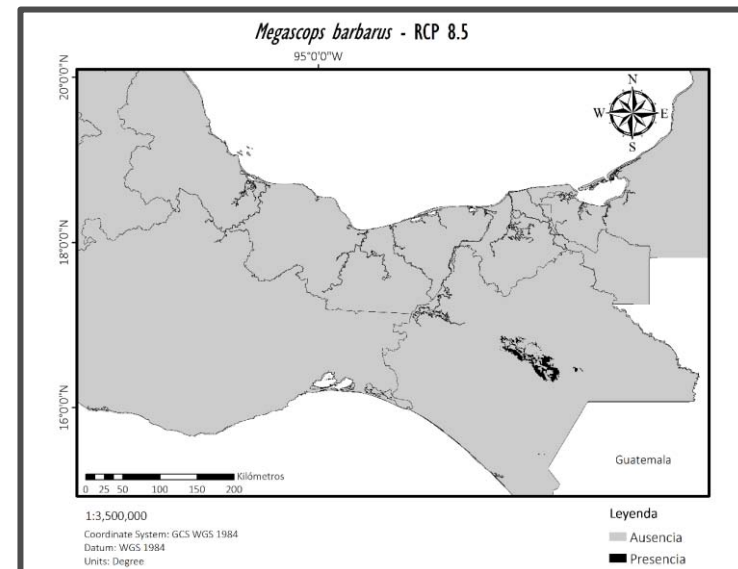
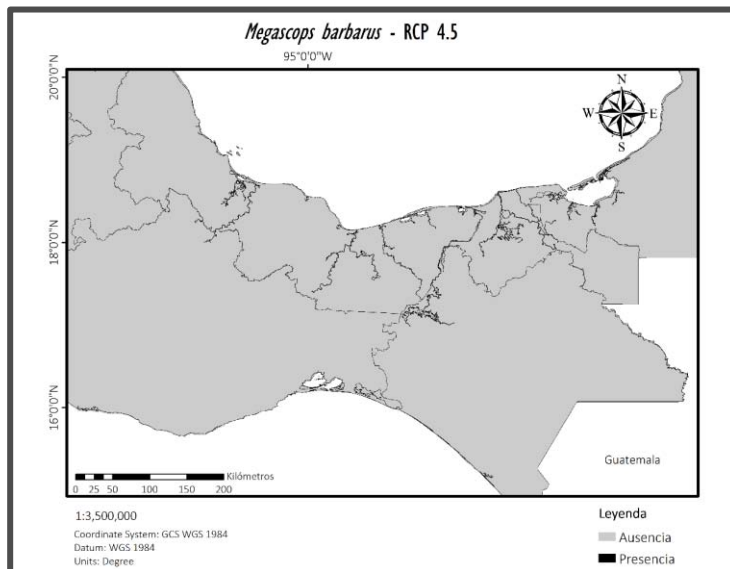
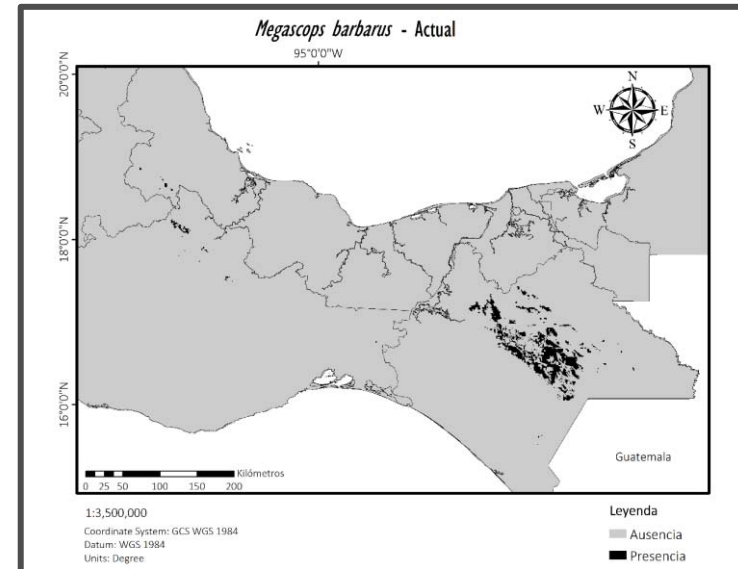
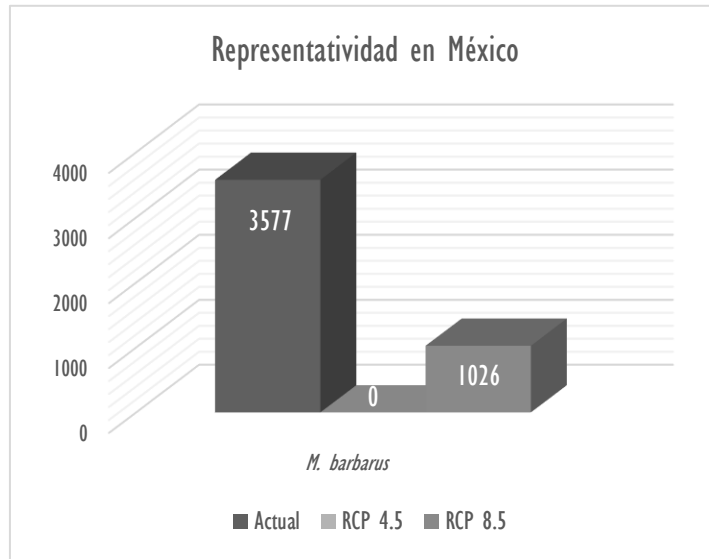
## Representatividad en México



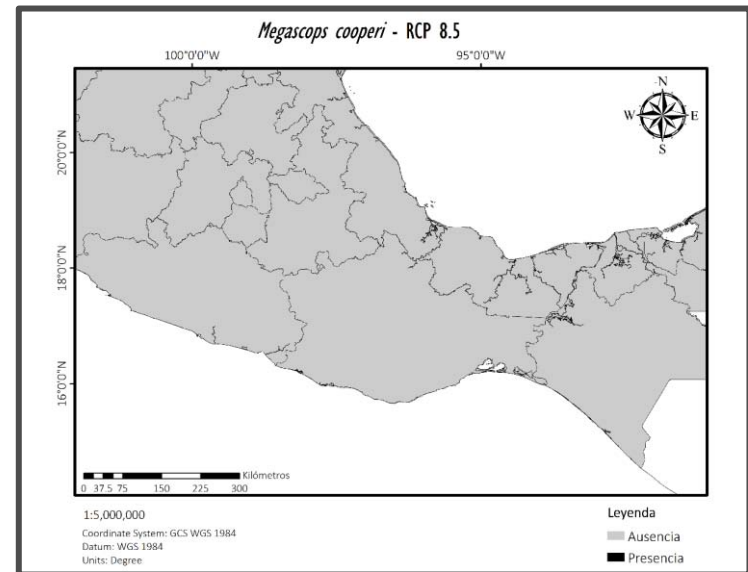
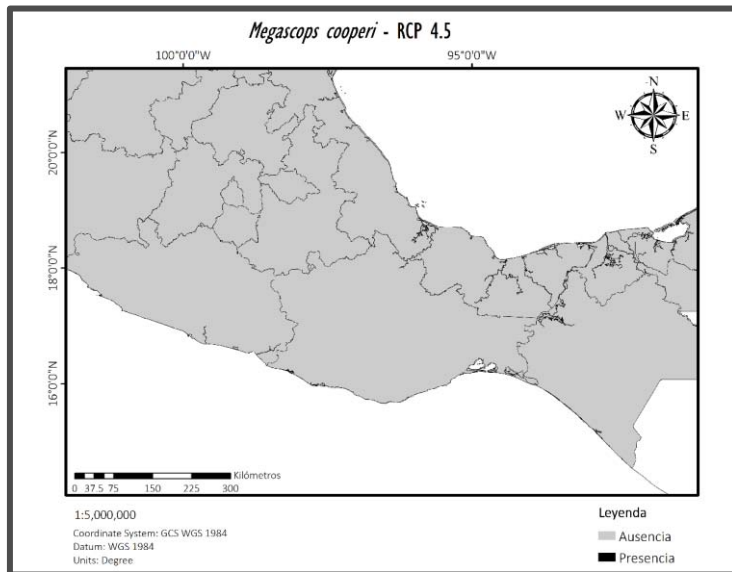
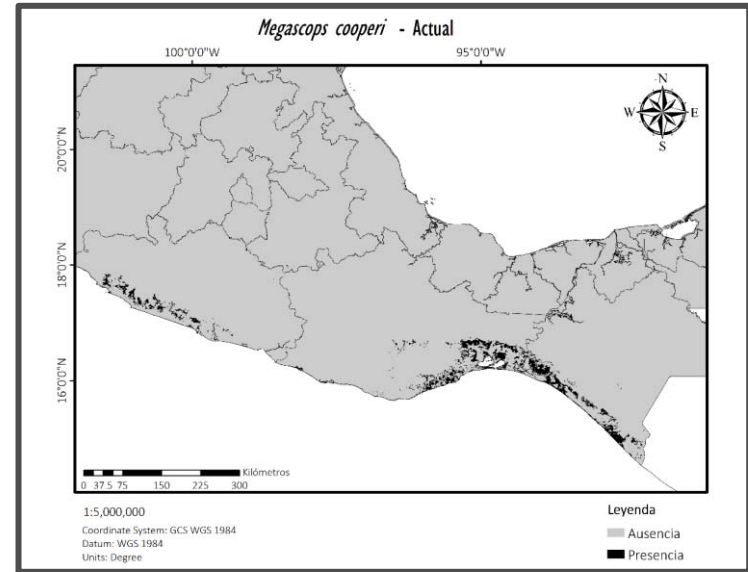
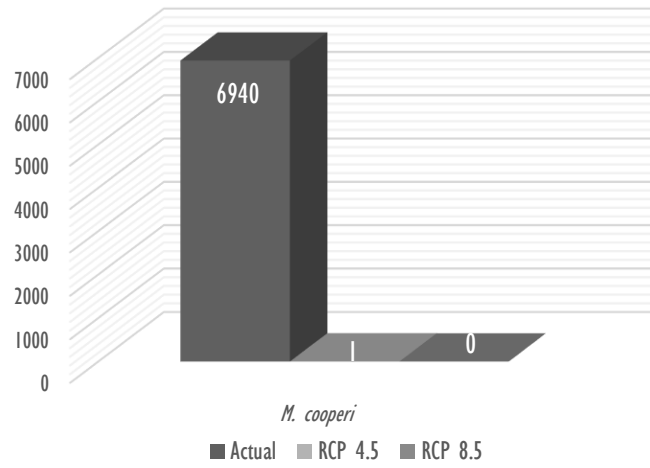
### Representatividad en México





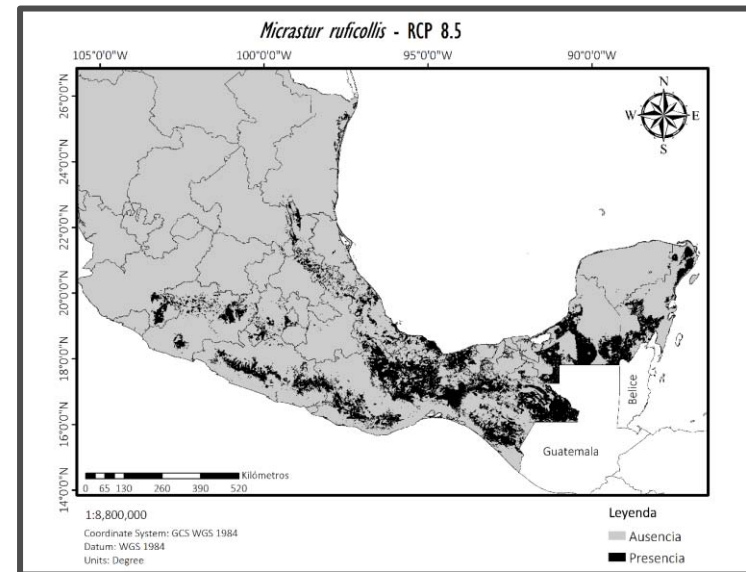
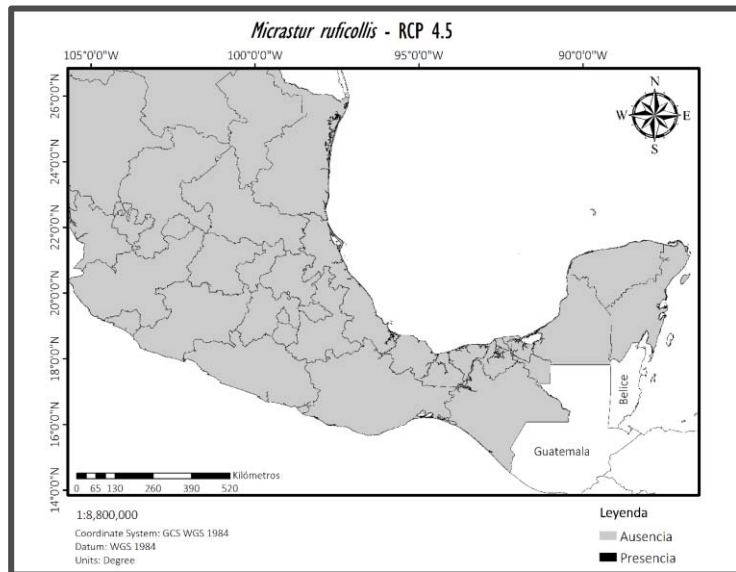
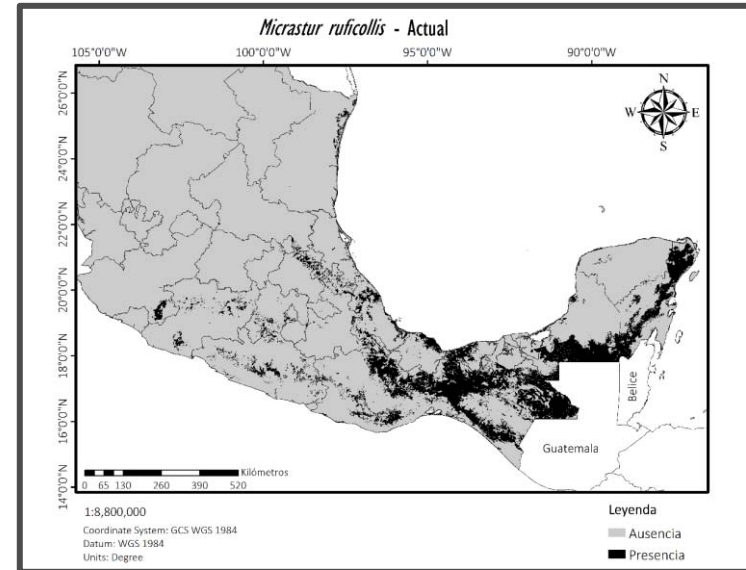
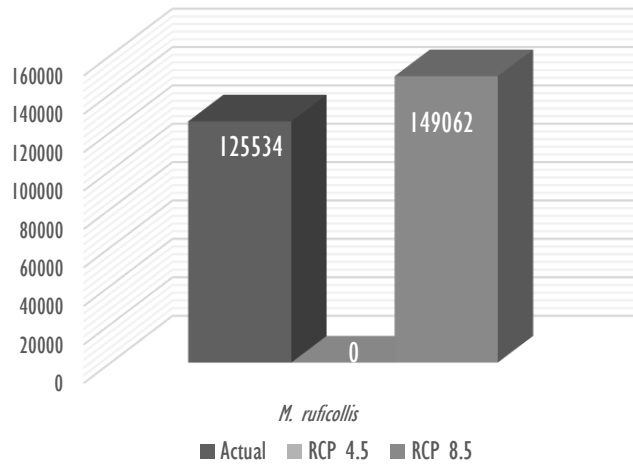


### Representatividad en México

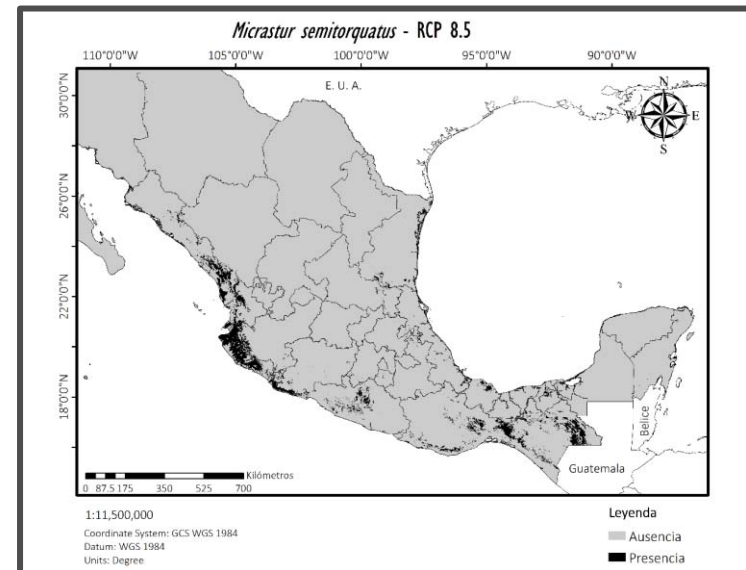
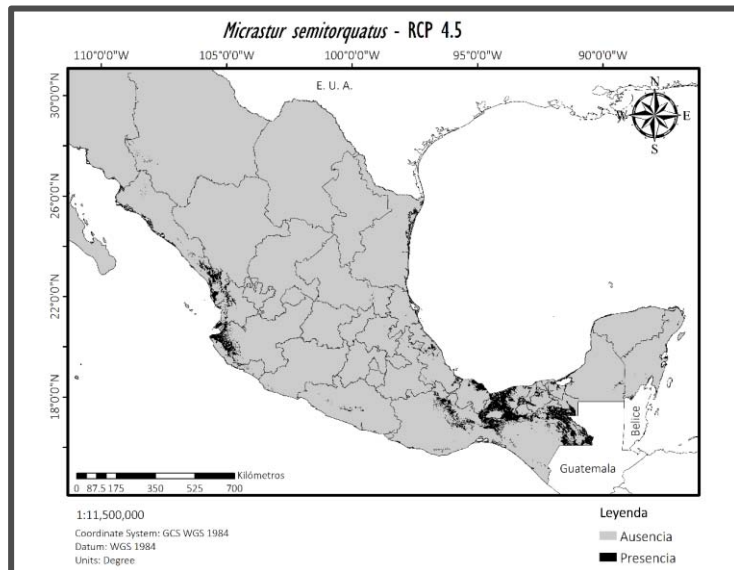
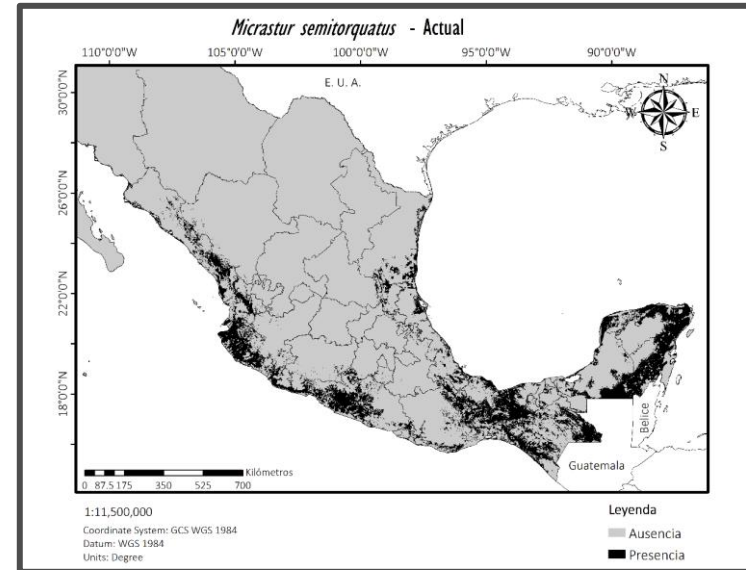
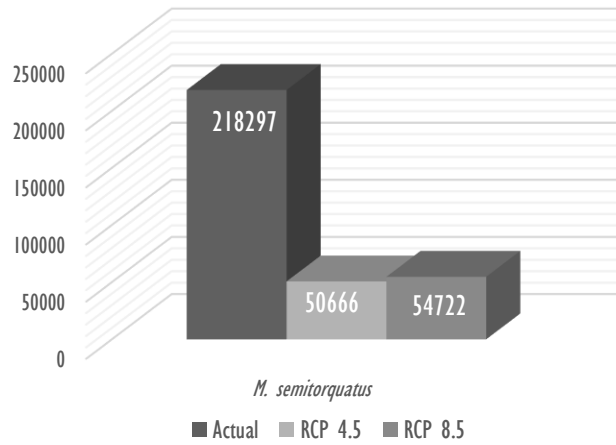




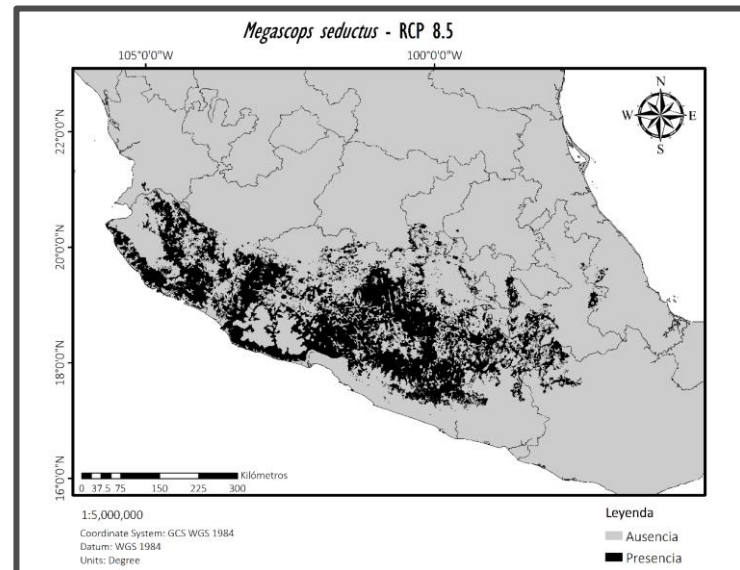
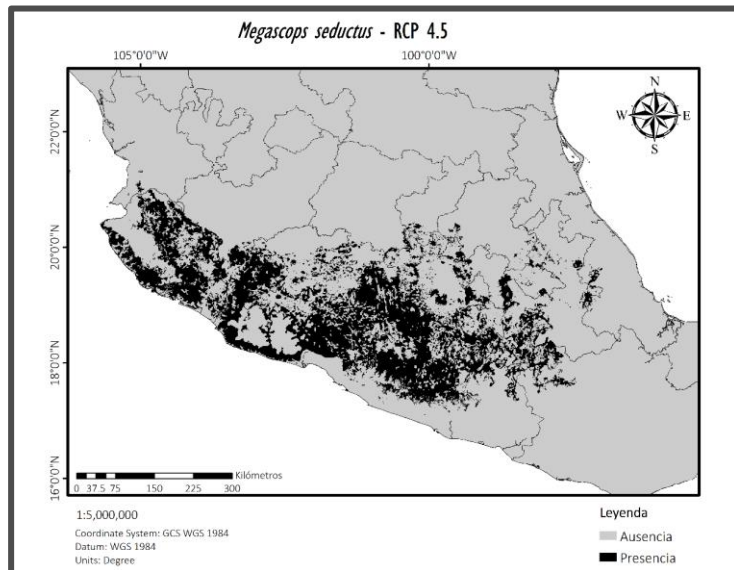
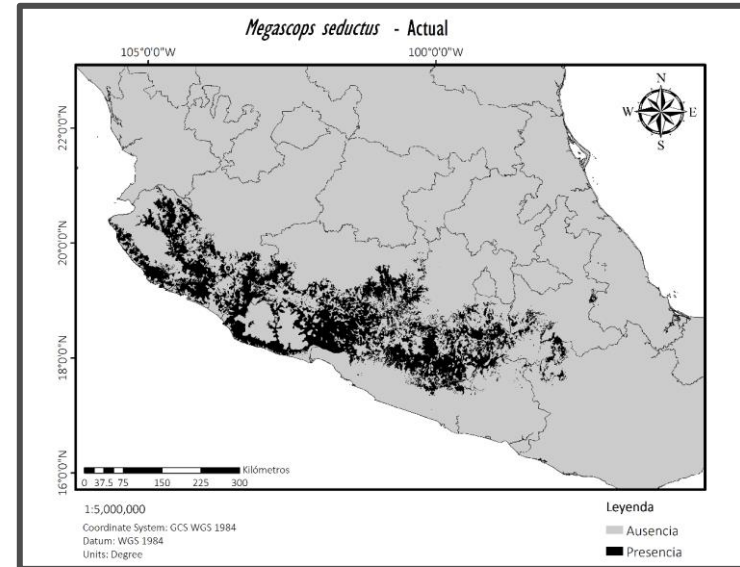
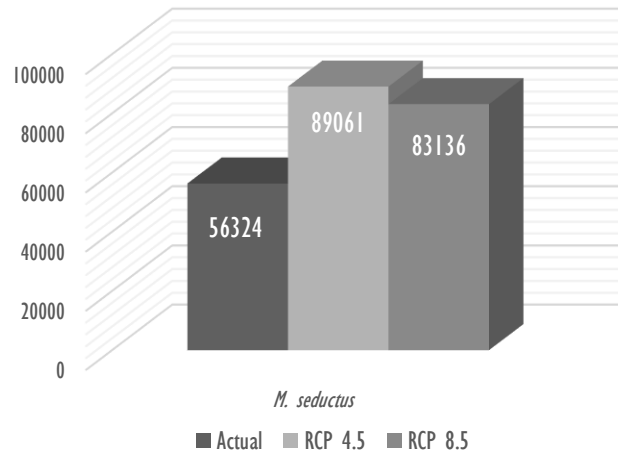
### Representatividad en México



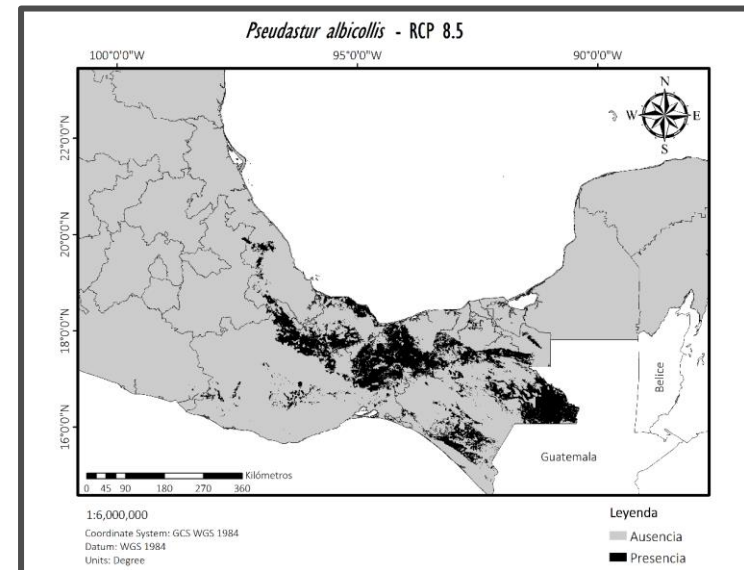
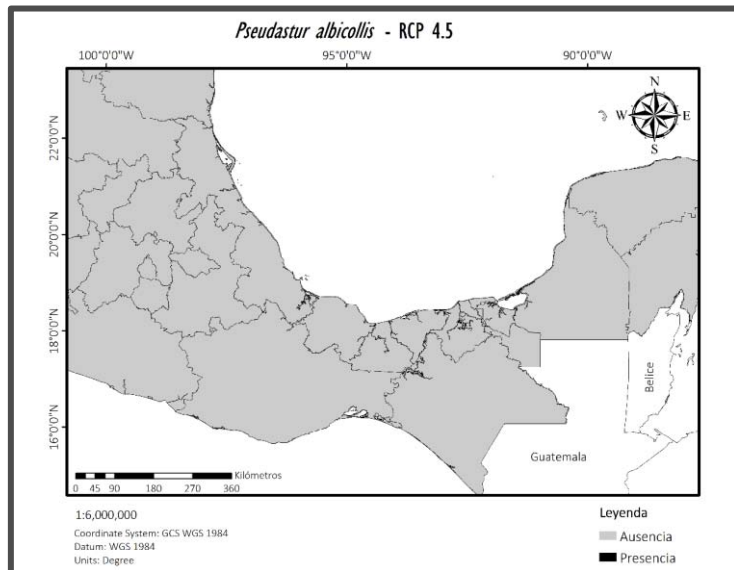
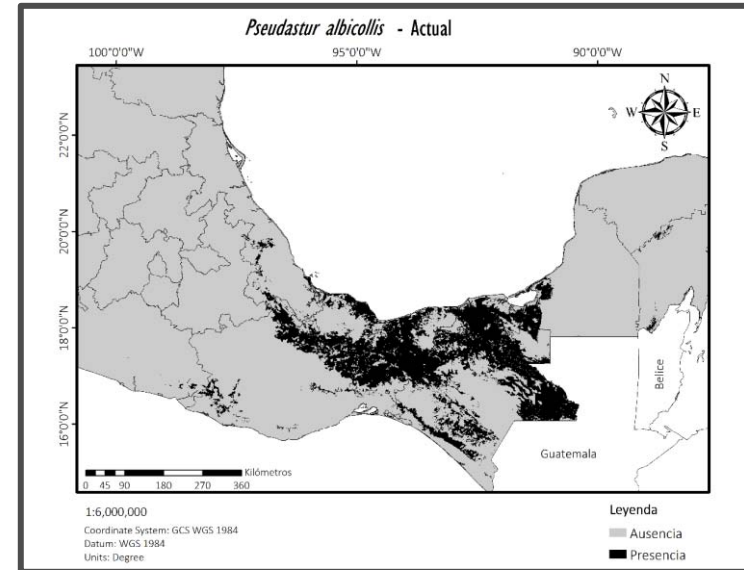
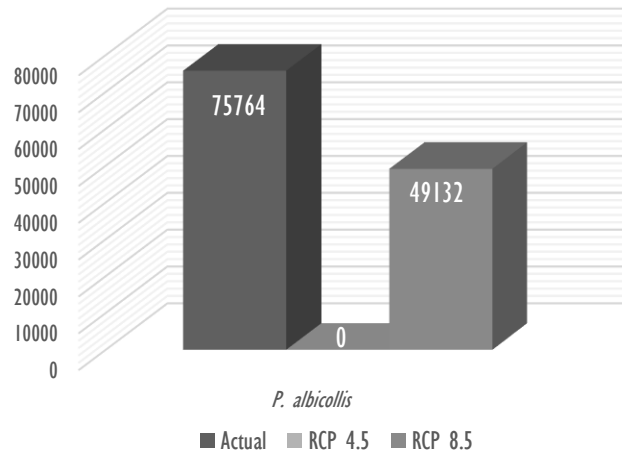
## Representatividad en México



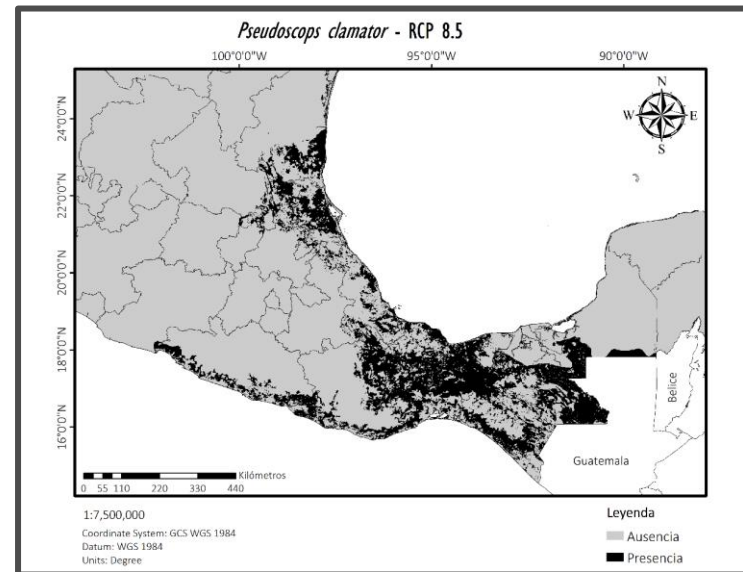
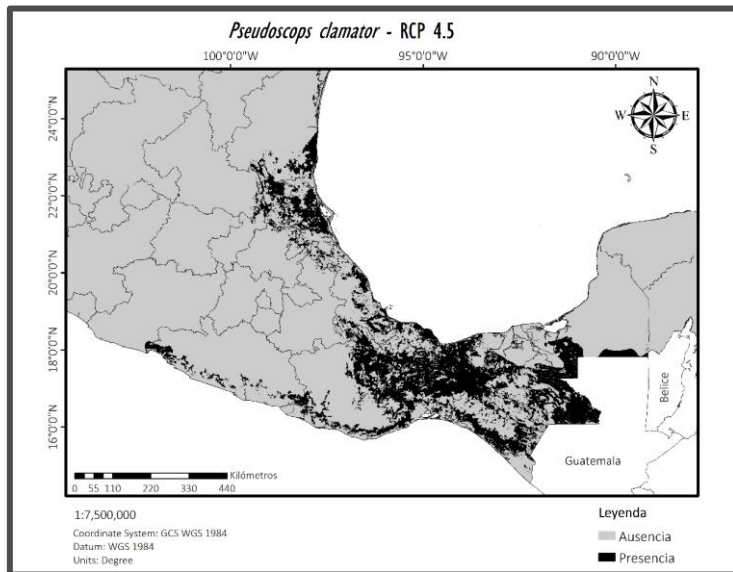
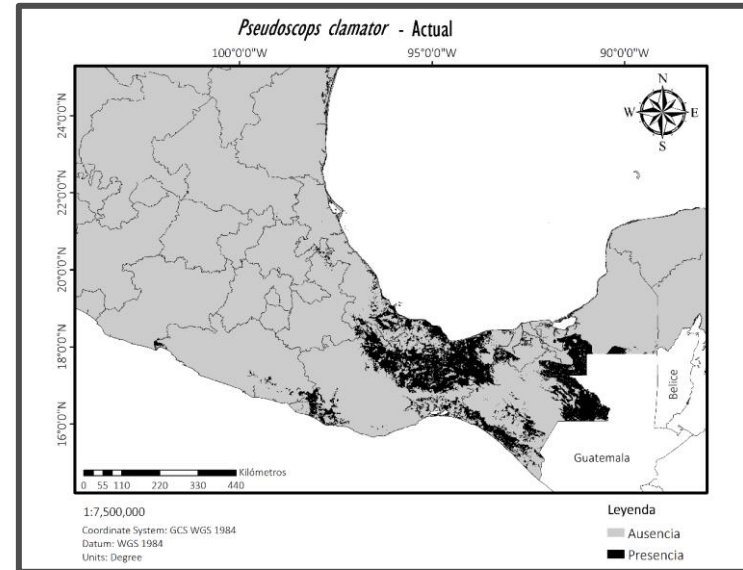
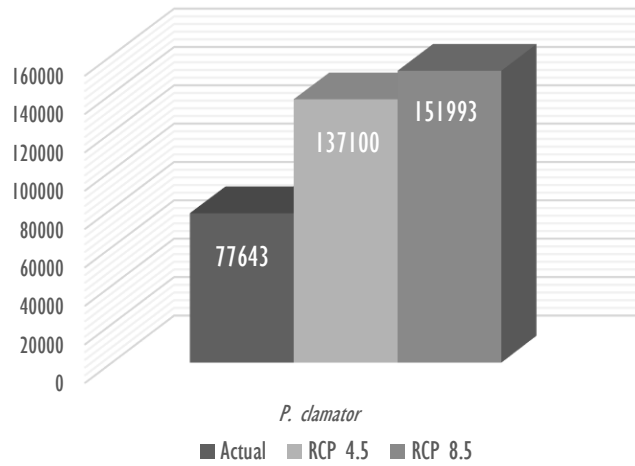
## Representatividad en México



## Representatividad en México

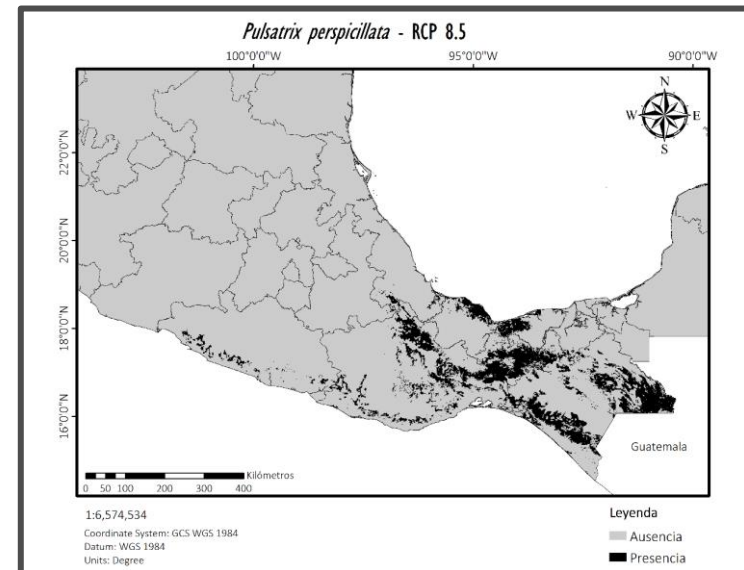
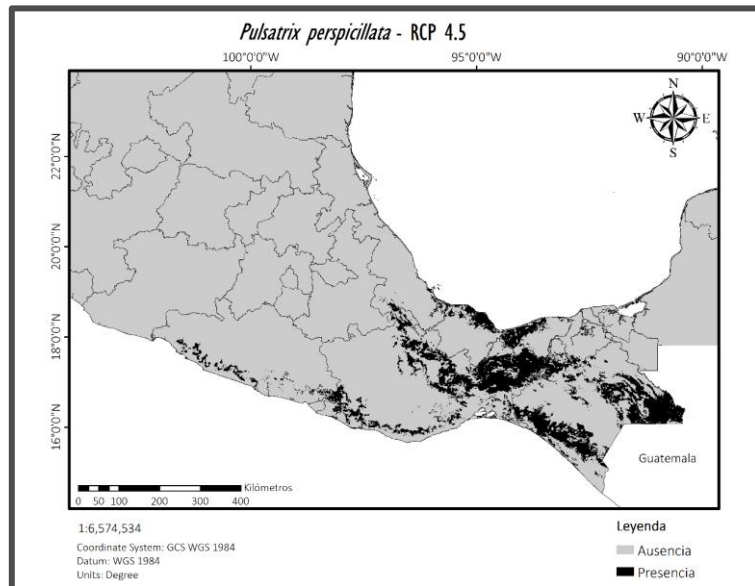
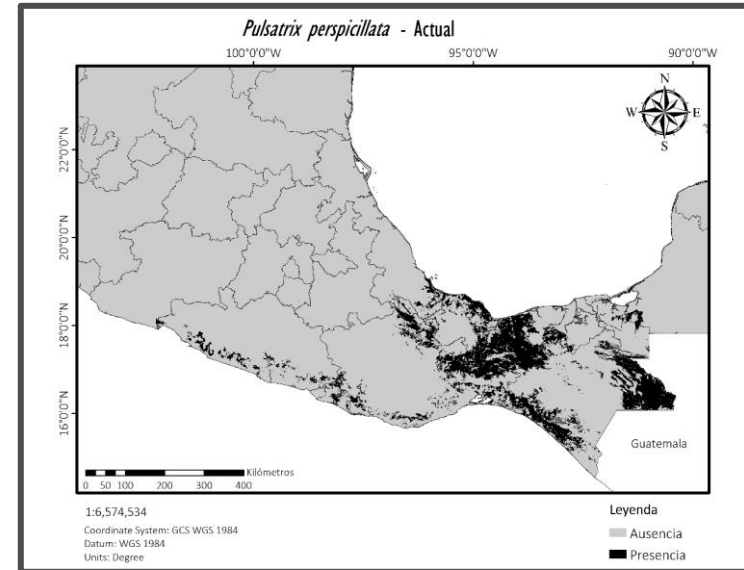
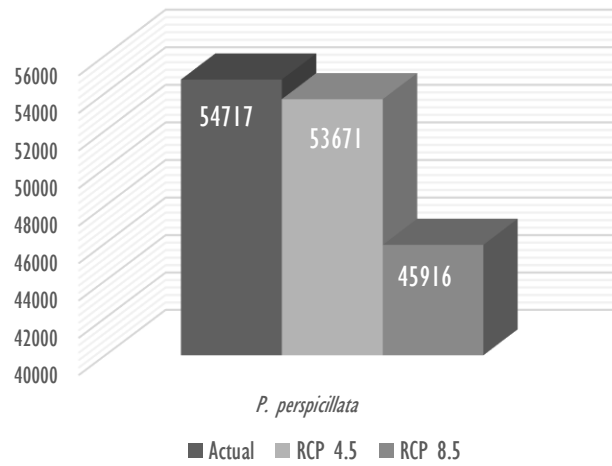


### Representatividad en México

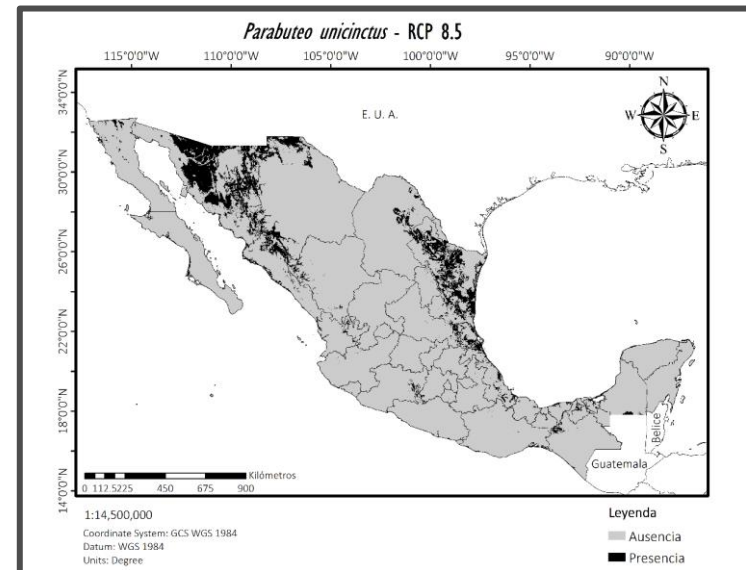
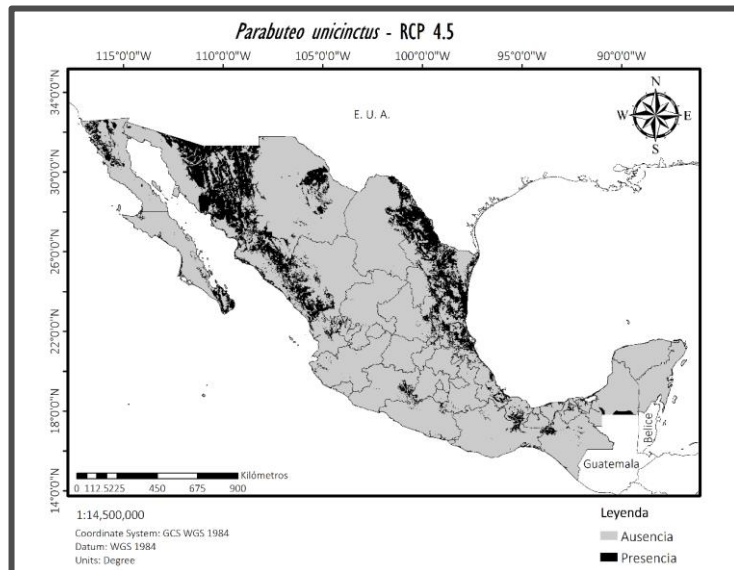
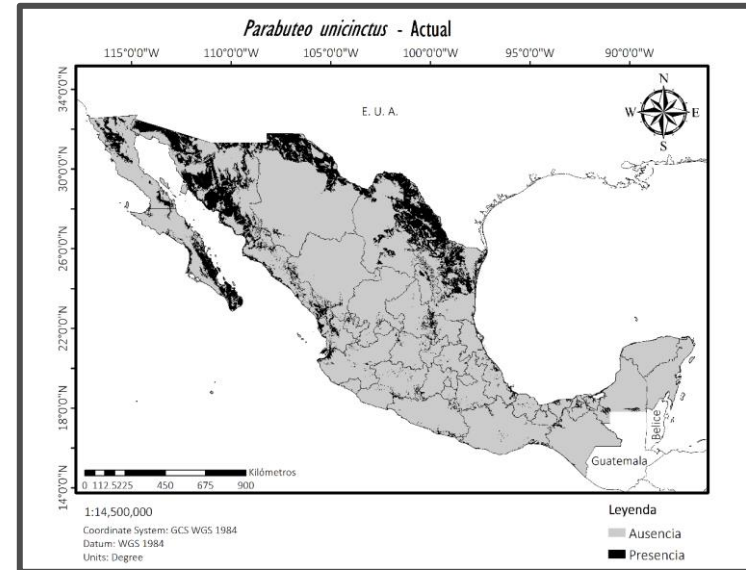
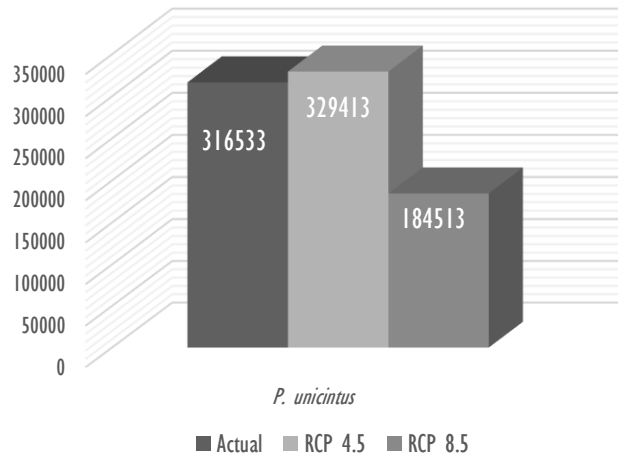




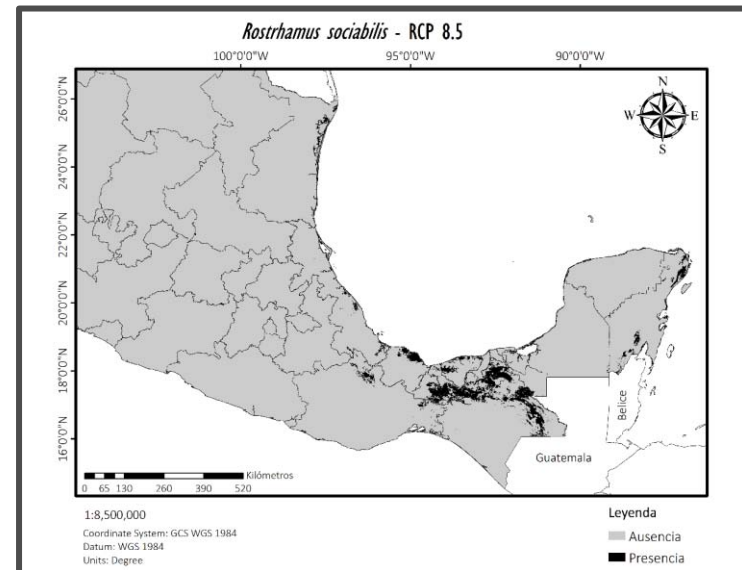
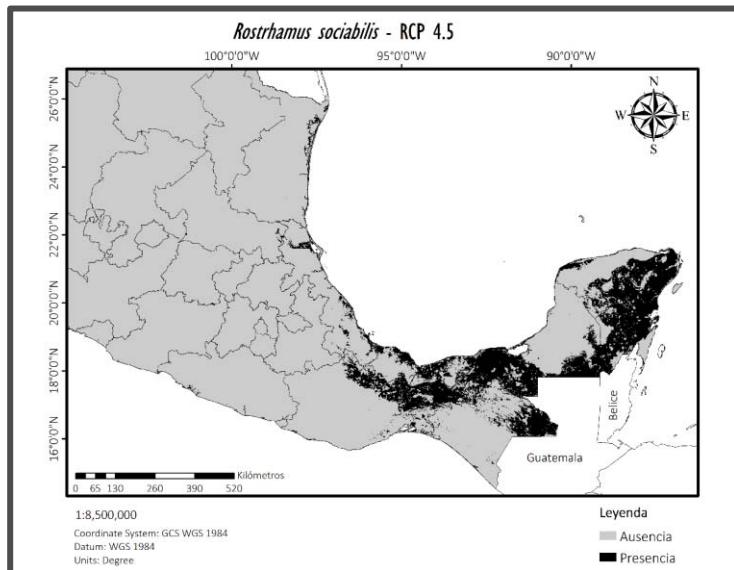
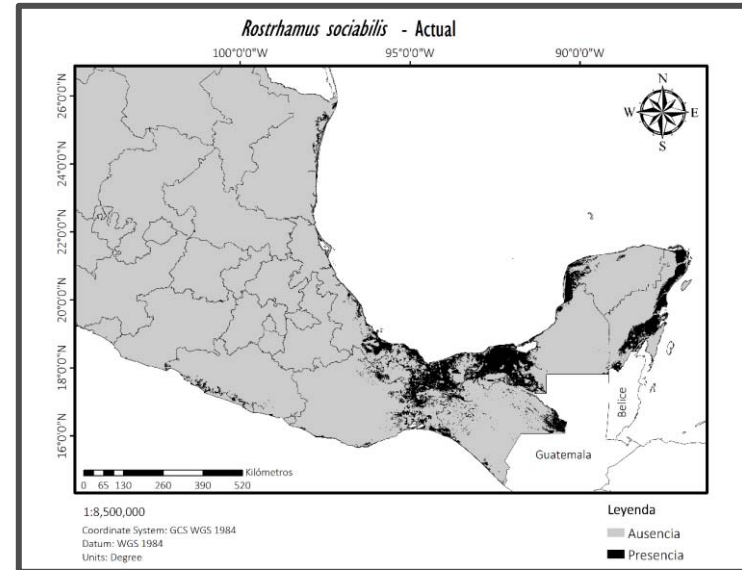
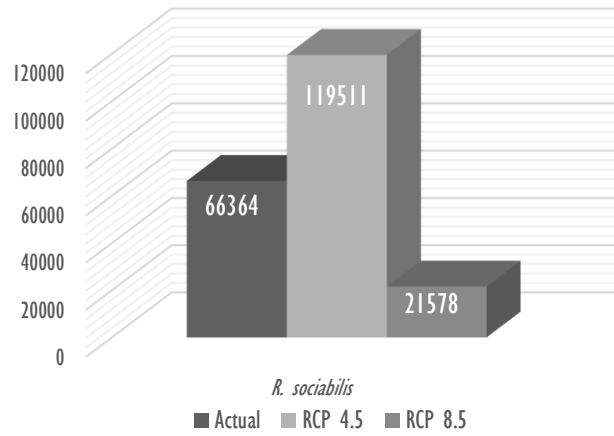
## Representatividad en México



## Representatividad en México

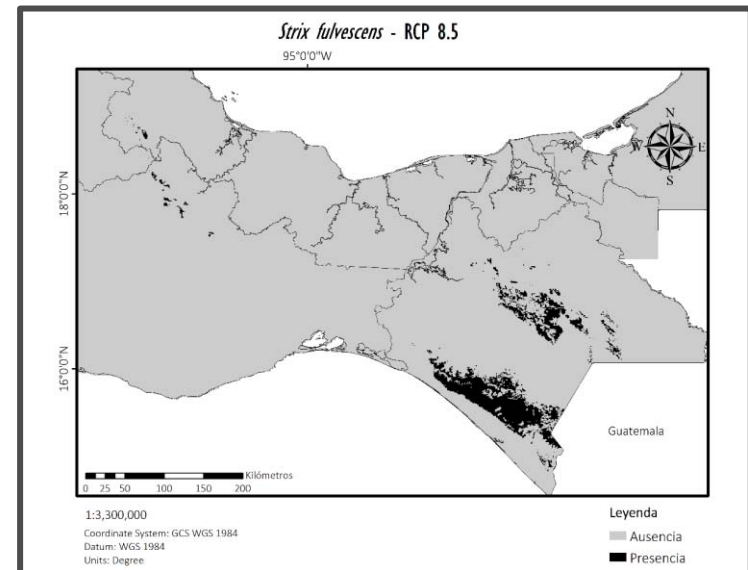
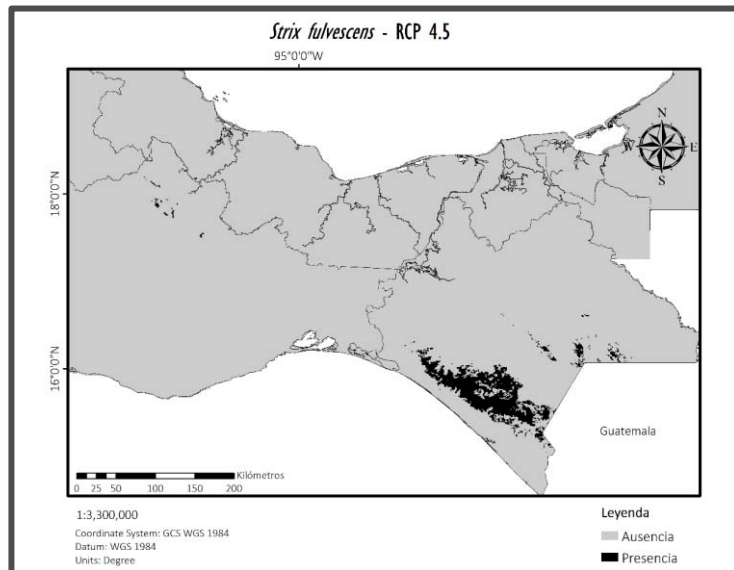
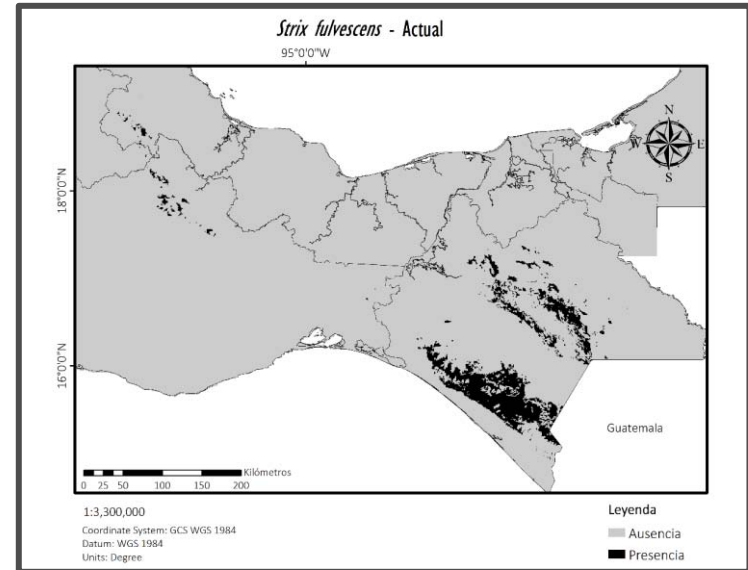
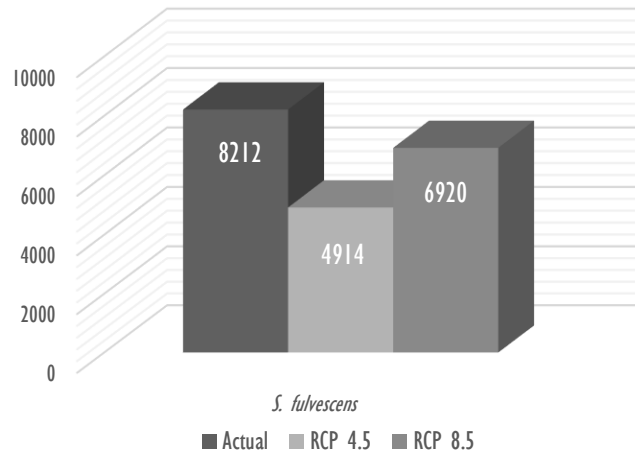


## Representatividad en México

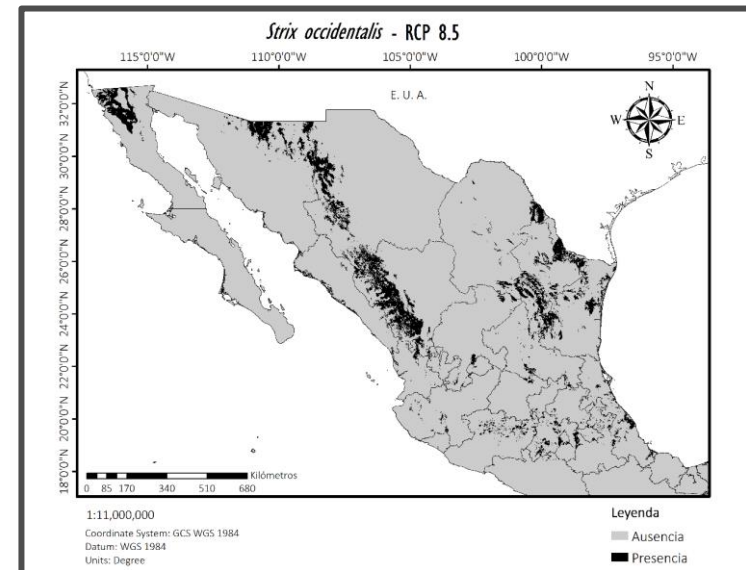
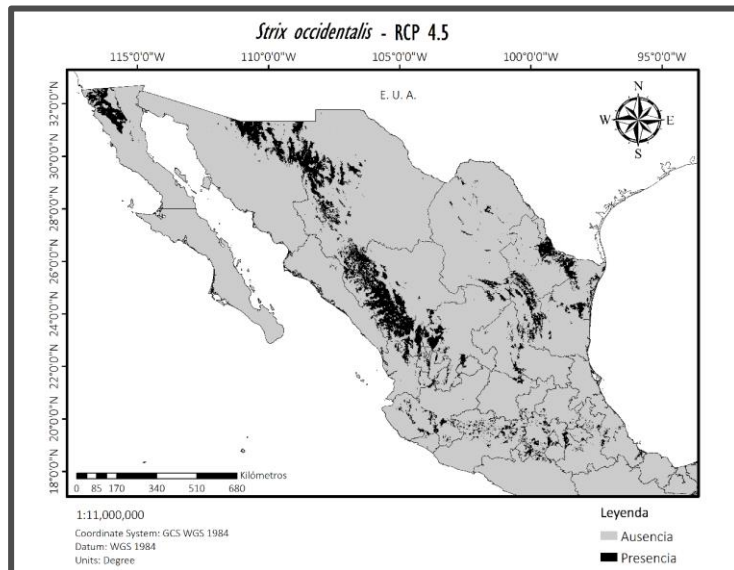
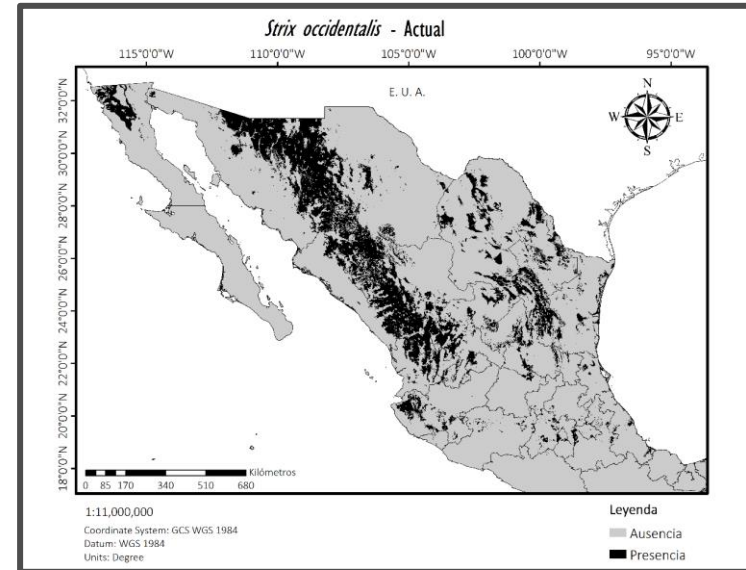
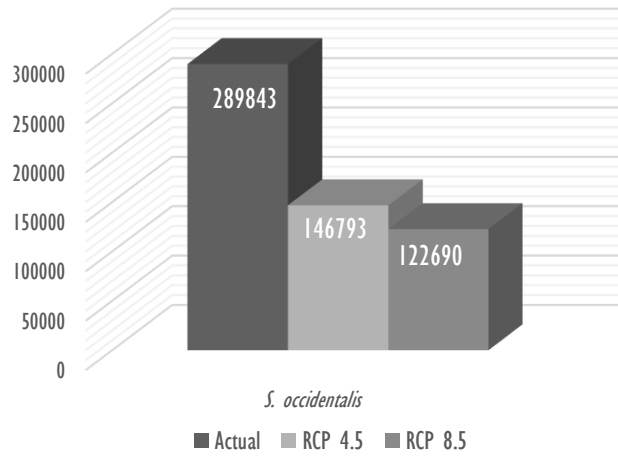




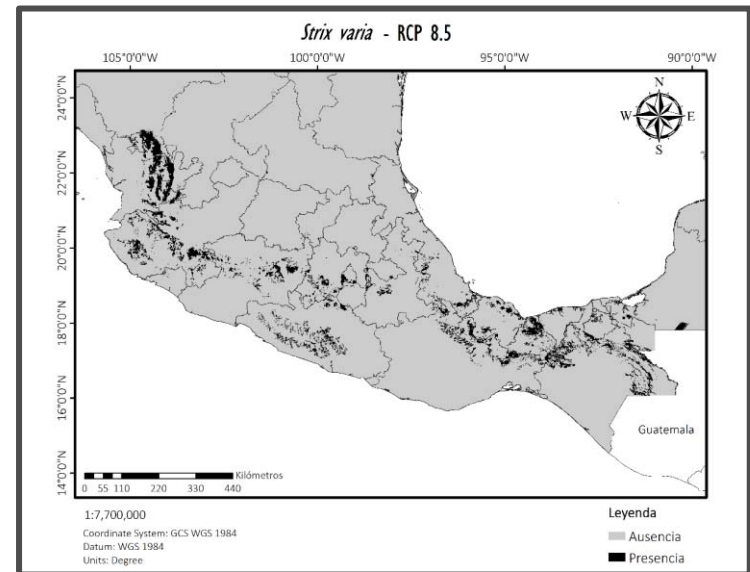
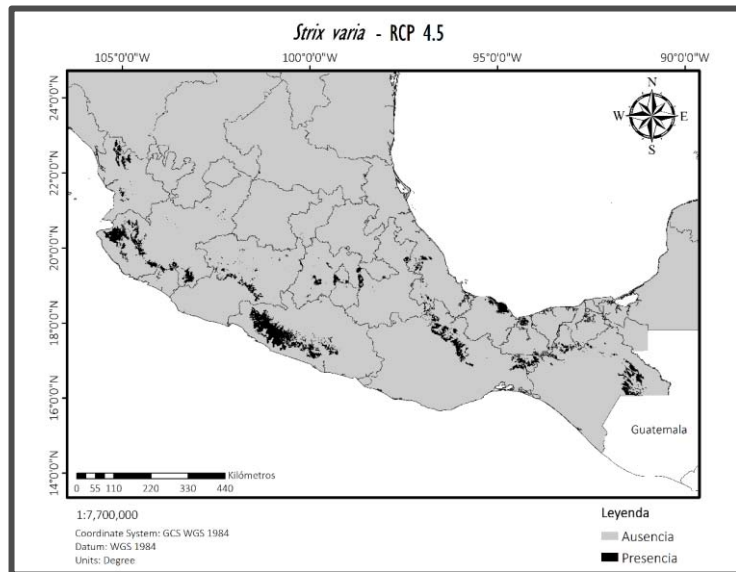
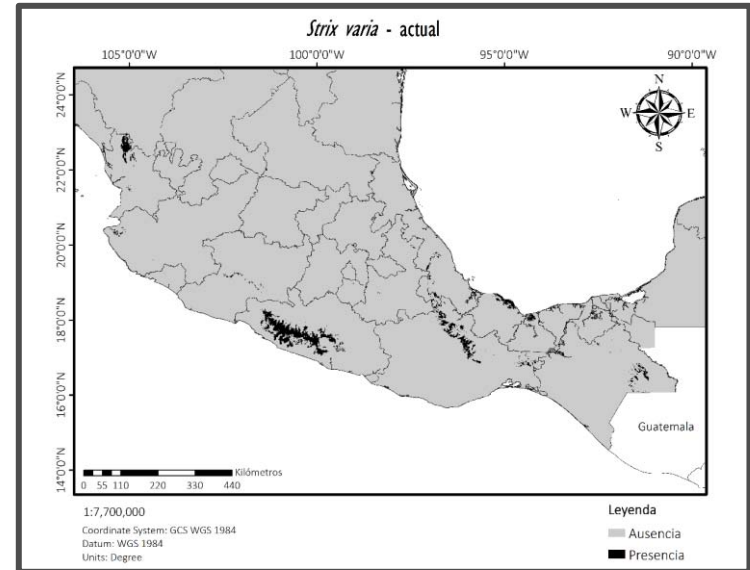
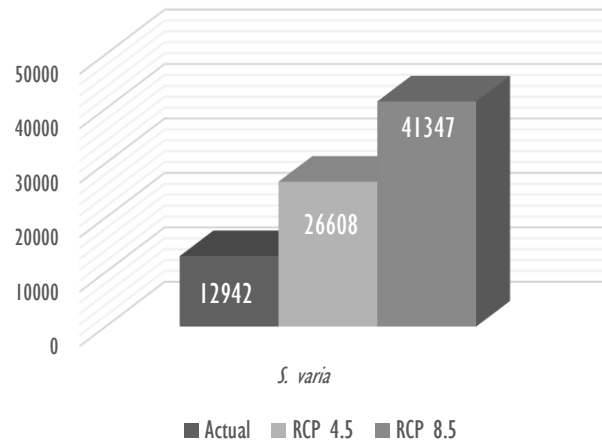
## Representatividad en México



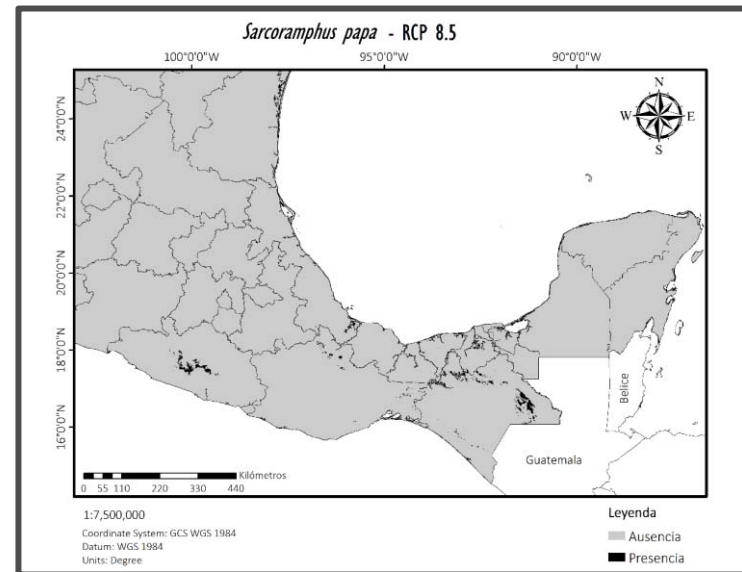
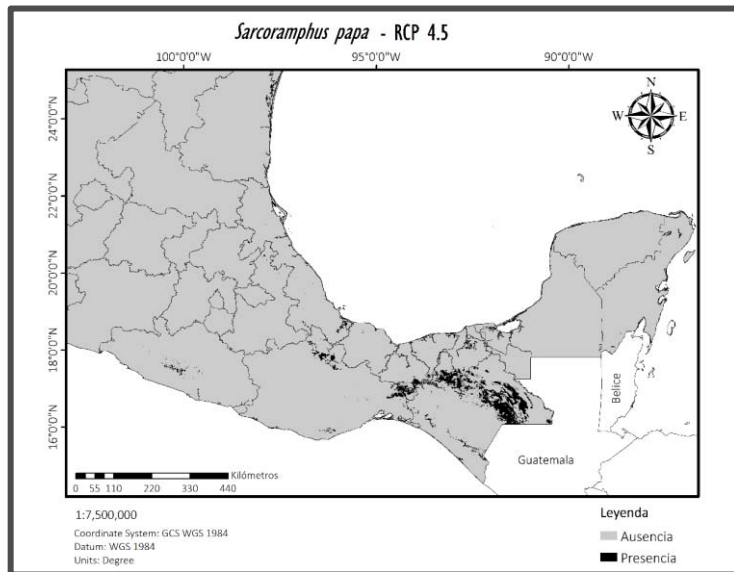
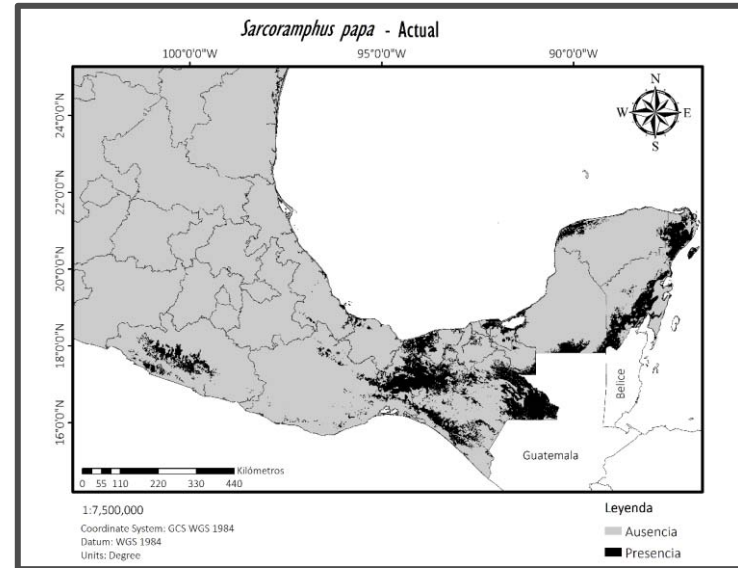
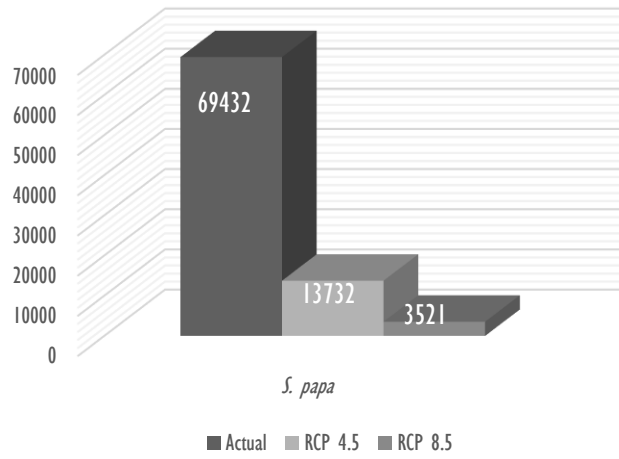
## Representatividad en México



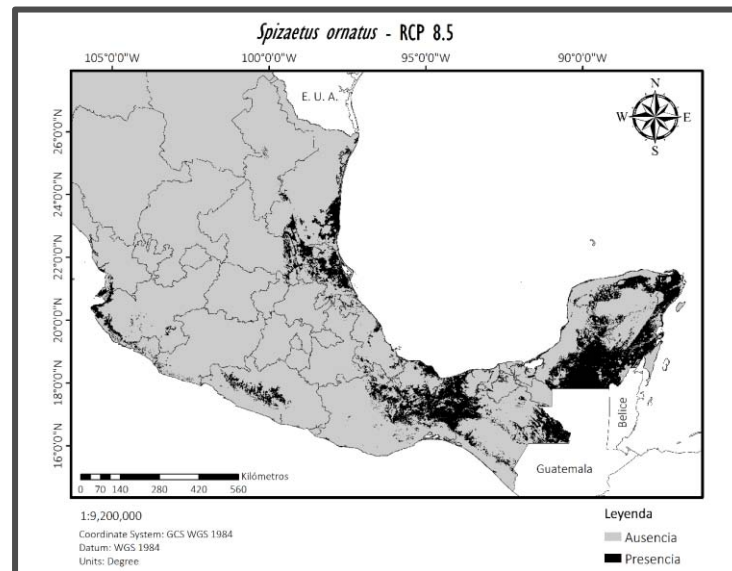
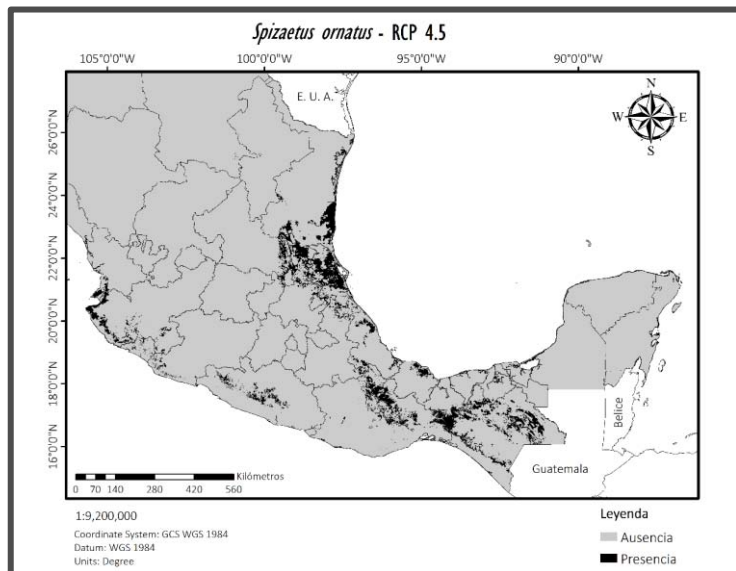
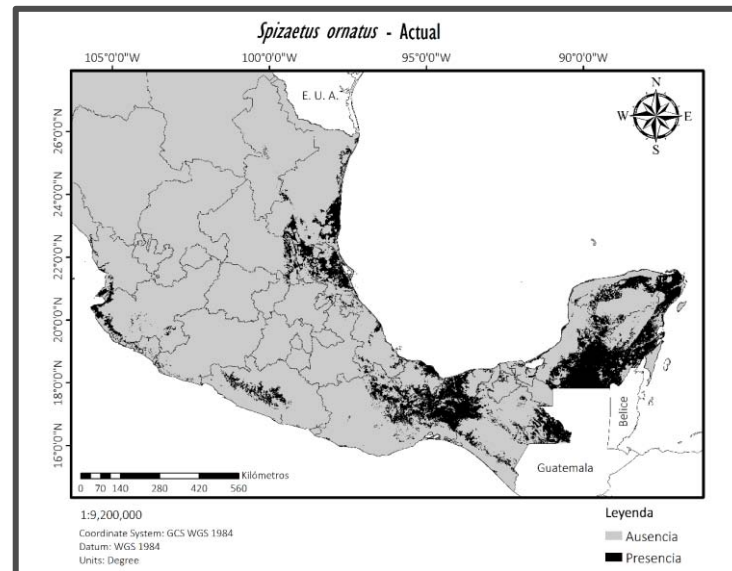
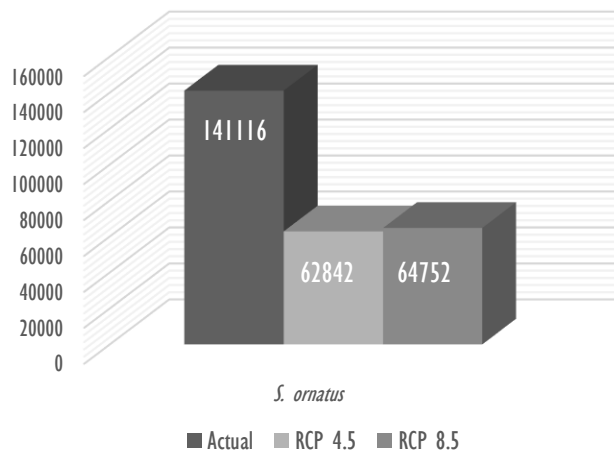
## Representatividad en México



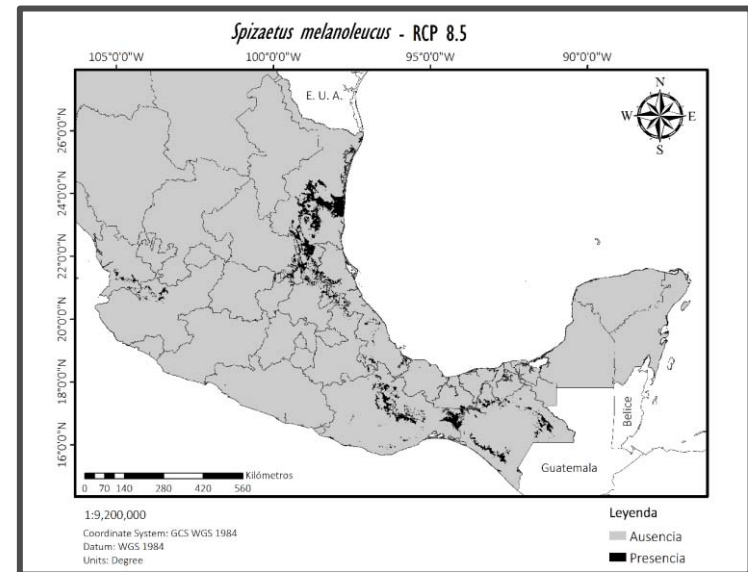
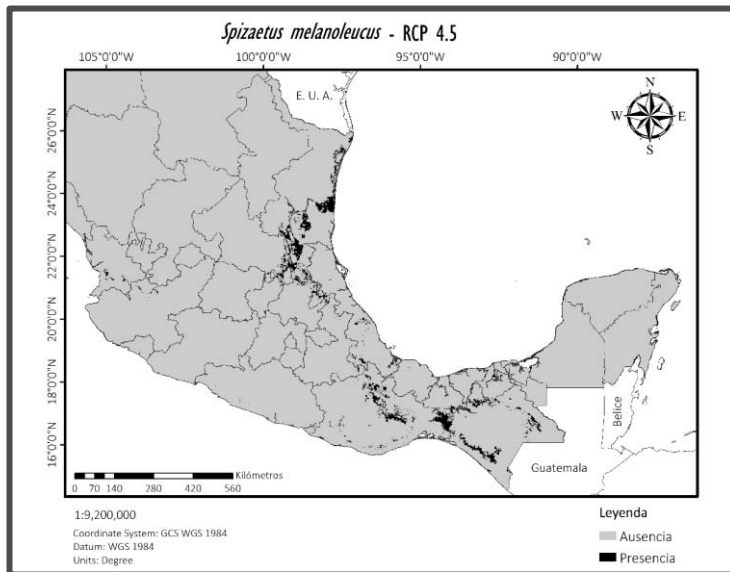
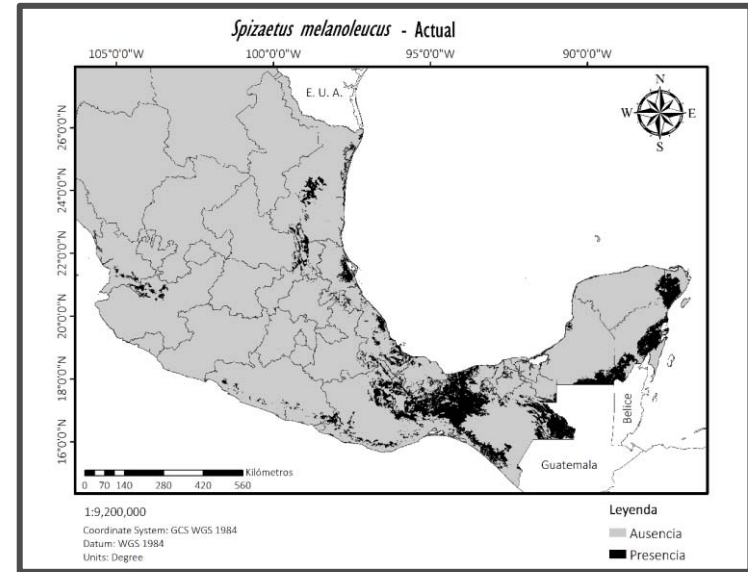
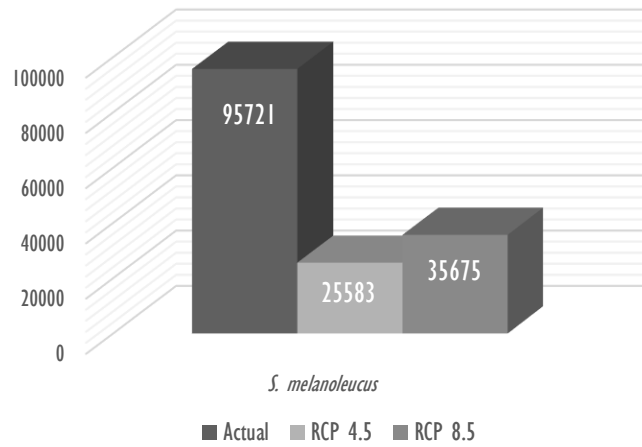
## Representatividad en México



## Representatividad en México



## Representatividad en México





## Representatividad en México

