



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

**EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS MAMÍFEROS
ENDÉMICOS DEL OCCIDENTE DE MÉXICO Y EL PAPEL DE LAS ÁREAS
NATURALES PROTEGIDAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

DANIELA PATRICIA GUTIÉRREZ ARELLANO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. CÉSAR ANTONIO RÍOS MUÑOZ

2014





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

HOJA DE DATOS DEL JUARADO

1. Datos del alumno

Gutiérrez

Arellano

Daniela Patricia

56 08 3315

Universidad Nacional Autónoma de
México

Facultad de Ciencias

Biología

30303621-2

2. Datos del asesor

Dr.

César Antonio

Ríos

Muñoz

3. Datos del sinodal 1

Dra.

Livia Socorro

León

Paniagua

4. Datos del sinodal 2

Dr.

Érick Alejandro

García

Trejo

5. Datos del sinodal 3

Dra.

Ángela Patricia

Cuervo

Robayo

6. Datos del sinodal 4

M. en C.

Lázaro

Guevara

López

7. Datos del trabajo escrito

Efecto del cambio climático sobre

los mamíferos endémicos del

occidente de México y el efecto

sobre las Áreas Naturales Protegidas

113 p

2014

CONTENIDO

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Antecedentes.....	7
Cambio climático.....	7
El occidente de México.....	9
Mamíferos del occidente de México.....	10
Modelos de Nicho Ecológico.....	11
Áreas Naturales Protegidas.....	13
Objetivo general.....	15
Objetivos particulares.....	15
Método.....	16
Área de estudio.....	16
Datos biológicos.....	18
Datos climáticos.....	18
Modelos de nicho ecológico.....	21
Áreas Naturales Protegidas.....	22
Efectos del cambio climático.....	22
Resultados.....	25
Discusión.....	45
Conclusiones.....	55
Literatura citada.....	56
Apéndice I.....	74

RESUMEN

El cambio climático tiene impacto sobre los ecosistemas y causa modificaciones en la distribución de la biodiversidad. Diferentes estudios para México indican un aumento de hasta 2°C en la temperatura promedio anual. Aunque se han hecho algunos estudios a nivel local, no existen trabajos que indiquen el efecto del cambio climático sobre la distribución de las especies en el occidente del país, especialmente en mamíferos, la cual cuenta con 91 de las 152 especies de mamíferos endémicos del país. En este trabajo se evaluó el comportamiento de la distribución de 39 especies de mamíferos endémicos del occidente de México, ante diferentes escenarios de cambio climático para el año 2030. Utilizando modelos de nicho ecológico, se cuantificó y comparó la posible pérdida y ganancia de área en la distribución de condiciones ambientales propicias para las especies. Del mismo modo se evaluó la efectividad de las áreas naturales protegidas que se encuentran en el área de estudio, tanto en el presente, como ante escenarios de cambio climático al año 2030. El patrón observado fue que la distribución de las especies ubicadas en zonas altas de la Sierra Madre Occidental y con preferencia de climas templados tienden a sufrir más pérdida que ganancias, en caso de haber ganancia se extiende a tierras más altas y se pierde parte de la distribución original. Aquellas distribuciones en climas cálidos y áridos tienden a extenderse a tierras altas y sufrir pérdidas en tierras bajas. La mayor pérdida en las distribuciones se observó en zonas bajas y con climas cálidos, principalmente en la Región del Balsas y la planicie costera del Pacífico en el estado de Nayarit, la costa de Guerrero y Chiapas. Por lo tanto la efectividad de las áreas naturales protegidas en esta zona también se mostró comprometida, implicando la pérdida de condiciones necesarias para la distribución de estas especies, por lo que a efectos de este estudio no garantizarían su protección ante estos escenarios de cambio climático en el occidente. Por lo tanto se sugiere que las áreas naturales protegidas existente y las que están por decretarse sean sometidas a una evaluación como la que se presenta en este estudio.

ABSTRACT

Climate change may have an impact on ecosystems and cause changes in the distribution of biodiversity. Different studies focused on Mexico indicate an increase up to 2°C in the mean annual temperature. Although some studies have been made locally, there are no studies assessing the effect of climate change on the species distribution in western Mexico, which is regarded as a high endemism center for several taxonomic groups. Mammals have the highest number of endemic species in this region, 91 of 152 for the country. The distribution area of 39 species of western endemic mammals facing the effects of climate change for 2030 were evaluated in this study, quantifying and comparing pixels of loss and gain of species distribution using ecological niche models. The effectiveness of protected areas found in the study area, both in the present as to future climatic changes was also evaluated. The resulting pattern showed that the distribution range of species at higher lands of the Sierra Madre Occidental and with temperate climates preferences, tend to suffer more loss than profit and gain should be extending to higher ground and lose some of the original distribution. Those distribution ranges in warm and arid climates tend to be extended to highlands, while lowlands range suffer loss. The greatest loss of distributional ranges was observed at lowlands with warm climates, mainly in the region of the Balsas Basin and the Pacific coastal plain, in the state of Nayarit, the coast of Guerrero and Chiapas. Therefore the effectiveness of protected areas in this region also will be compromised, implying the loss of necessary conditions for the distribution of these species, so for the purposes of this study, they would not guarantee protection in face of these climate change scenarios in Western Mexico. Therefore it is suggested that the decree of new protected areas will be subjected to an evaluation as the one presented in this study.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 100 años, el promedio de la temperatura global se ha incrementado aproximadamente 0.6 ° C (IPCC 2007) y de acuerdo con las predicciones estimadas se reporta que ésta seguirá elevándose (Houghton et al. 2001, Reilly et al. 2001). Modelos climáticos recientes (Seavy et al. 2008) calculan una elevación de la temperatura media global de 1°C a 3.5 °C para el 2100 (Watson et al. 1996, Schneider & Root 1998, Wigley & Raper 2001), ocasionando diversos efectos sobre la biodiversidad (Melillo et al. 1990, Schneider & Root 2002, Parra-Olea et al. 2005, Roberts & Hamman 2011).

Estas predicciones climáticas se generan a partir de modelos generales de circulación (MGC), modelos matemáticos que pretenden simular el clima global, evaluando hora por hora el cambio de la atmósfera bajo los principios climáticos que la definen (Stanley et al. 1990). Cada MGC propone diferentes escenarios de emisiones (Special Reports on Emission Scenarios, SRE), que son interpretaciones cuantitativas estandarizadas sobre lo que sucederá en el mundo en diferentes contextos, tanto ambientales (evaluación de los ciclos del carbono, metano y nitrógeno, aerosoles, dinámicas de la vegetación) como económicos y sociales (cambio de uso de suelo, incendios forestales, crecimiento económico, poblacional, desarrollo cultural, social y de nuevas tecnologías, IPCC 2013).

Sáenz-Romero et al. (2009) elaboraron modelos climáticos espaciales específicos para México a partir de los MGC de tres diferentes grupos de investigación, con sus respectivos escenarios: 1) Canadian Center of Climate Modelling and Analysis (CCC, <http://www.cccma.ec.gc.ca>), 2) Met Office, Hadley Centre (HAD, <http://www.metoffice.gov.uk>), y 3) Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL, <http://www.gfdl.noaa.gov>) (IPCC 2007, Seavy et al. 2008).

Estos modelos se generaron con datos climáticos de estaciones meteorológicas automáticas de México, lo que permite tener la información con menor grado de extrapolación y hacer de

ellos herramientas útiles y confiables para entender el comportamiento de las especies mexicanas, ya que la distribución de la biota puede extenderse, contraerse, mantenerse o incluso desaparecer (Schneider & Root 2002, Aráujo et al. 2004, Aráujo & New 2006, Loarie et al. 2009), ante un escenario climático diferente al actual.

En México se han hecho diversos estudios sobre el efecto del cambio climático en la biodiversidad (p. ej. Peterson et al. 2000, 2002, Gómez-Mendoza & Arriaga 2007, Luna-Vega et al. 2012), los cuales indican modificaciones drásticas en la distribución de las especies debido a un acelerado aumento en la temperatura. Estos resultados se han obtenido a partir de coberturas climáticas estimadas a nivel global (Hijmans et al. 2005) por lo que la escala puede ser un factor importante para la interpretación de los resultados ya que estos se basan en extrapolaciones y no en datos climáticos locales (Alagador et al. 2010).

A pesar de que muchas de las especies de flora y fauna presentan extraordinarias adaptaciones a las presiones climáticas (Olson et al., 2000), no existen estudios suficientes para saber de qué forma se verá afectada la distribución de los mamíferos mexicanos con una visión general de cambio climático. Estos representan uno de los grupos taxonómicos más importantes, ya que las 525 especies de mamíferos que se reportan, contribuyen al hecho de que México sea considerado un país megadiverso (12% del total de los mamíferos del mundo, Wilson & Reeder 2005) además de que 161 son reportadas como endémicas (Rodríguez et al. 2003, Ceballos & Oliva 2005).

La mayor riqueza de mamíferos se encuentra en el sur del país, la más alta concentración de especies endémicas está en la Faja Volcánica Transmexicana y la planicie costera del occidente (Ceballos 1999, Ceballos & Oliva 2005). Las selvas secas del Pacífico mexicano albergan el 30% de los mamíferos reportados para el país, en su mayoría endémicos a la región (Fa & Morales 1993; Ceballos et al. 1998).

El occidente de México es un área de gran importancia biológica, ya que posee diferentes tipos de hábitat (Martínez & Fernández 2004, Ceballos et al. 2010), gran biodiversidad y altas tasas de endemismos, no sólo de mamíferos (Fa & Morales 1993, Ceballos et al. 1998), sino también de aves, plantas e insectos (Peterson & Navarro-Sigüenza 2000; García-Trejo & Navarro 2004) lo cual la convierte en una región prioritaria de conservación (Ceballos et al 1999). Ésta se ve amenazada tanto por la actividad humana (Velázquez et al. 2002) como por las modificaciones a las que se enfrenta debido al cambio climático, como la variación en los patrones de precipitación y el aumento de temperatura (Villers & Trejo- Vázquez 1998, Peterson et al. 2002).

La variedad de hábitats necesarios para conservar la diversidad de mamíferos y el establecimiento de áreas protegidas requiere de métodos eficientes para su elección (Figueroa & Sánchez-Cordero 2008), por lo que entender la estabilidad climática de estas, debe ser un criterio a considerar para este propósito (Aráujo et al. 2011, Alagador et al. 2010).

Un análisis detallado indica que especies endémicas y en peligro de extinción de mamíferos mexicanos se encuentran subrepresentadas en el sistema de áreas naturales protegidas (ANP) del país, por lo que no cumplen con su función de proteger a las especies más vulnerables (Ceballos & Oliva 2005), ya que sus hábitats se han reducido drásticamente y presentan un alto grado de fragmentación (Trejo & Dirzo 2000, Ríos- Muñoz & Navarro-Zigüenza 2009).

Las áreas naturales protegidas establecidas para el occidente México, representan un 6% de territorio nacional, y no se ha considerado que podrían verse seriamente afectadas por las modificaciones climáticas a futuro (Hannah et al. 2007), provocando la pérdida total del hábitat que desea proteger (Villers & Trejo-Vázquez 1998). Por esta razón, es necesario diseñar métodos adecuados que señalen en qué zonas debe centrarse el esfuerzo de protección (Figueroa & Sánchez-Cordero 2008), en especial para las especies de mamíferos endémicos del occidente de México.

En este trabajo se propone un método para identificar zonas de pérdida y ganancia de las condiciones climáticas necesarias para la distribución de 39 especies endémicas del occidente de México, a consecuencia del cambio climático para el año 2030 y determinar el nivel de protección que proporcionan las áreas naturales protegidas en el futuro.

ANTECEDENTES

CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático se ha vuelto un tema relevante por su impacto sobre los ecosistemas y afectaciones a la biodiversidad. Se han realizado diversos trabajos que evalúan las implicaciones que tiene para México (Martínez & Fernández 2004, Conde 2007, Cárdenas 2010). Tejeda-Martínez y Castillo (2010) hacen un estudio para tres ciudades del país donde encuentran los mismos patrones de acuerdo con el cuarto reporte del IPCC (2007). Las frecuencias de días cálidos, noches cálidas y ondas de calor se han incrementado en los últimos 50 años, mientras que la tasa de calentamiento ha sido de $0.13\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$ por cada 10 años.

En cuanto al futuro Villers-Ruíz y Trejo-Vázquez (1998, 2000) proponen un aumento de $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la temperatura promedio y una disminución del 10% en la precipitación por década, basándose en la vulnerabilidad de los sistemas forestales. Benítez-Badillo et al. (2010) hacen una recopilación donde concluyen un panorama general para México y declaran que el clima para el país será más cálido, principalmente en el norte, en el centro disminuirá la precipitación, con una reducción de hasta el 15%, aumentarán las tormentas severas y los periodos de sequía, alterando el ciclo hidrológico y experimentando una disminución significativa en el escurrimiento, además de un aumento de entre 1 y $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la superficie del mar en el Caribe, el Golfo y el Pacífico de México para el año 2020.

Con respecto a la respuesta de las especies del país se han realizado diferentes trabajos, en los que se emplea a los modelos de nicho ecológico (MNE) como herramienta principal. Peterson et al. (2002) elaboraron un trabajo sobre la fauna de México (aves, mamíferos y mariposas) donde describen variaciones en los intervalos de distribución de las especies que sugieren perturbación ecológica. Peterson et al. (2001) realizaron un estudio ornitológico en el oeste de México donde afirman que los resultados son una muestra de la compleja respuesta

de las especies ante el cambio climático y proponen estudios individuales. Motivados por el declive de poblaciones de anfibios debido al cambio climático, Parra-Olea et al. (2005) realizaron un estudio sobre la distribución de dos especies de salamandras de tierras altas del Centro de México, en el cuál se predice una pérdida del hábitat de su área de distribución, y debido a la poca capacidad de movilidad de la especie se sugiere un riesgo de extinción. Ballesteros-Barrera (2007) evaluó el efecto del cambio de uso de suelo y el cambio climático de dos especies de lagartijas microendémicas del género *Uma* al norte de México. Para ambas se espera un severa reducción de su hábitat debido a los efectos antropogénicos y climáticos. Sinervo et al. (2010) analizan 47 especies de lagartijas para 200 localidades en México, previendo una extinción local del 40% de estas especies para el 2080.

En cuanto a la flora Gómez-Mendoza y Arriaga (2007) trabajaron con 34 especies de pinos y encinos de México, algunas de éstas más vulnerables que otras ante los efectos del calentamiento global. Ballesteros-Barrera (2008) elaboró una investigación sobre el cambio de distribución de dos especies de cactáceas del desierto Chihuahuense, donde afirma que ante el cambio climático, son capaces de colonizar hacia nuevas áreas con el óptimo de su nicho, mientras otras verán reducidas su distribución. Luna-Vega et. al (2012) con una especie de árbol (*Ternstroemia lineata*) que es característica del bosque mesófilo de montaña, predicen una reducción de hasta el 90% del hábitat.

Estos trabajos coinciden en que los resultados del comportamiento de la biota ante el cambio climático son complejos ya que dependen del método, el tipo de escenario a futuro y la especie con la que se trabaje, resultando en reducción, expansión e incluso extinción de la especie (Peterson et al. 2002). El occidente de México como entidad geográfica o biogeográfica no ha sido sometido a un estudio que indique el efecto del cambio climático sobre la biodiversidad en esta región.

Debido a las modificaciones que sufre la biota por el cambio climático y a las causas antropogénicas como el cambio de uso de suelo (Pimm 2008), es necesario encontrar herramientas adecuadas que permitan el mantenimiento de los ecosistemas. Una de estas herramientas son las áreas naturales protegidas, utilizadas como instrumento para la conservación (Hanna et al. 2007).

OCCIDENTE DE MÉXICO

La delimitación del occidente de México, generalmente comprende las llanuras costeras del Pacífico (desde el norte en Sonora, al sur en Chiapas), la vertiente pacífica de las Sierras Madre Occidental y del Sur y la depresión del Balsas (Fa & Morales 1991, Peterson & Navarro 2000, García-Trejo & Navarro 2004).

En esta región se encuentra un relieve heterogéneo, consecuencia de procesos geológicos, donde convergen llanuras costeras y cadenas montañosas (Lugo-Hubp 1990, Ferrari et al. 1999) dando origen a zonas áridas, cálidas y templadas. Esta diversidad de climas resulta en una amplia variedad de hábitats y tipos de vegetación (Ramamoorthy et al. 1993) como son el bosque tropical subcaducifolio, caducifolio y perenifolio, bosques espinoso, templado, mesófilo de montaña y matorral xerófito (Rzedowski 1990).

Ya que esta región es conformada por una compleja topografía y gran diversidad de ambientes, numerosos estudios han demostrado su importancia como centro de endemismo para diferentes grupos, como las aves (Peterson & Navarro 2000), reptiles y anfibios (Flores-Villela 1993), insectos como mariposas y abejas de México (Llorentes-Bousquets & Luis-Martínez 1993, Ayala et al. 1993), árboles del género *Bursera* (Espinosa-Organista et al. 2001, Trejo & Dirzo 2002) y los mamíferos (Fa & Morales 1993, Ceballos et al. 1998, Ceballos 1999).

MAMÍFEROS DEL OCCIDENTE

En la actualidad existe cuantiosa información con relación a la diversidad biológica de los mamíferos de México (Ramírez-Pulido 1999, Ceballos & Oliva 2005, Ceballos & Arroyo-Cabrales 2012), donde se aborda el entendimiento de sus patrones y procesos ecológicos, su distribución y conservación. Gracias a estos trabajos se ha identificado a los mamíferos del país como un grupo con alta riqueza específica y endemismos, con respecto al resto del mundo. (Fa & Morales 1993, Ceballos 1999, Ceballos et al. 1998, 2010).

El occidente de México (ver área de estudio Figura 2), comprende las regiones caracterizadas con el mayor número de endemismos de mamíferos: el bosque tropical seco del pacífico (34 especies, 23% de los endémicos mexicanos), parte del Eje Neovolcánico Transversal (35 especies, 23% de los endémicos mexicanos) y las Montañas de la Sierra Madre del Sur en Guerrero, Oaxaca y Chiapas (22 especies, 14% de los endémicos mexicanos, Ceballos, et al. 2002, Ceballos & Arroyo-Cabrales 2012), reiterando la importancia del estudio y conservación de la región dando origen a diferentes trabajos.

Fa & Morales (1993), muestran que la región occidente alberga la mayor riqueza de especies. Íñiguez-Dávalos & Santana (1993), describen los patrones de distribución y riqueza de las especies de tres estados, Sonora, Jalisco y Chiapas, donde destacan la importancia del occidente en cuanto a especies endémicas y como límite de distribución para especies con afinidad neotropical, indicando una zona de transición entre regiones zoogeográficas, y otros procesos biogeográficos que explican éste fenómeno. Téllez-Girón et al. (1997) hacen una recopilación de registros notables de mamíferos del oeste de México, igualmente destacan su importancia en cuanto a riqueza y endemismos.

Se han llevado a cabo numerosos estudios de mastofauna general (Ceballos et al. 2010), de especies y temas puntuales por estado. Entre los más recientes se destacan los trabajos de los estados de Oaxaca (Briones-Salas & Sánchez-Cordero 2004, Lavariega et al. 2012), Jalisco

(Íñiguez-Dávalos & Santana 2005, Ramos-Vizcaíno et al 2007), Chiapas (Retana & Lorenzo 2002, Cruz-Lara et al. 2004), Michoacán (Núñez-Garduño 2005) y los estados de la región del Golfo de California (Illoldi-Rangel et al. 2002). Estos reportan listas taxonómicas, patrones de distribución, riqueza e importancia de la conservación de las especies de la región. La principal herramienta utilizada para realizar estos estudios fue la elaboración de los modelos de nicho ecológicos.

MODELOS DE NICHOS ECOLÓGICOS

Los modelos de nicho ecológico (MNE) son herramientas que en su principio básico relacionan puntos de ocurrencia geográfica de una especie con la información ambiental a la que está asociada y permite generar una hipótesis de la dimensión del nicho en el espacio ecológico, que posteriormente pueden ser proyectadas al espacio geográfico (Peterson 2001, Peterson & Kluza 2005, Martínez-Meyer 2005).

Existen diversos algoritmos que generan MNE que se basan en parámetros diferentes (Ortega-Huerta & Peterson 2008), por ejemplo, los que requieren datos de ausencias y presencias reales como los modelos aditivos generalizados (GAM y GLM, Guisan & Zimmermann 2000), los que sólo necesitan datos de presencia (BIOCLIM, Nix, 1986), los que generan pseudoausencias (Genetic Algorithm for Rule Set Production, GARP; Stockwell & Peters, 1999) y puntos de background (Maximum Entropy, Maxent; Phillips et al. 2004).

Este es uno de los métodos más utilizados para generar MNE (Phillips & Dudík 2008, Contreras-Medina et al. 2010) ya que se basa en la probabilidad de encontrar una especie en un pixel de espacio geográfico, mediante el análisis de los datos de presencia conocida, bajo una función de máxima entropía (Elith et al. 2011). En este trabajo se utilizó Maxent (Phillips et al. 2004, 2006).

Si bien los MNE son herramientas cruciales para diversas aplicaciones en la ecología y conservación de las especies (Phillips & Dudík 2008, Soberón & Nakamura 2009) su utilidad depende de la adecuada interpretación de los resultados.

La distribución geográfica de una especie es el resultado de una combinación de factores, una forma apropiada de entenderla e interpretarla se ilustra en el diagrama conocido como modelo BAM (Figura 1, Soberón & Peterson 2005). Este modelo es una representación esquemática del espacio geográfico G , donde A se refiere a la región del espacio donde se encuentran las condiciones ambientales que permiten la sobrevivencia y reproducción de la especie (nicho fundamental, Grinnell 1917, Hutchinson 1957); B se refiere a la región que contiene el ambiente biótico adecuado para la especie sin competidores capaces de excluirla, depredadores o enfermedades capaces de extirpar todas las poblaciones, y donde si existen los mutualistas; M que representa el área accesible para la especie en el tiempo (históricamente) y en el espacio (geográficamente); G_i se refiere a una zona con las condiciones bióticas y abióticas necesarias para la existencia de la especie pero que no es accesible; G_o se refiere a una zona con las condiciones bióticas y abióticas necesarias para la existencia de la especie que si es accesible, una intersección entre las demás zonas (Soberón & Peterson 2005).

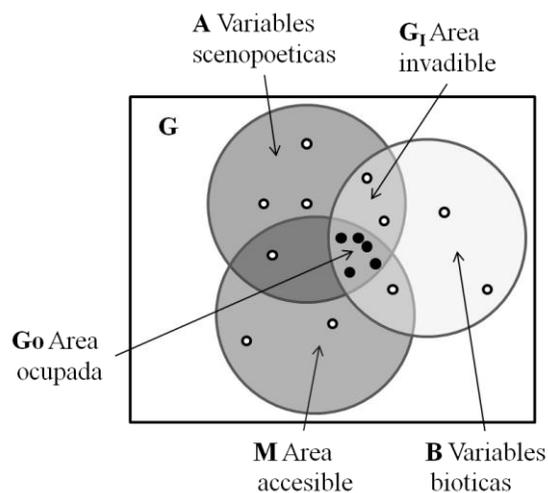


Figura 1. Modelo BAM (Soberón & Peterson 2005). Representación gráfica de los factores que intervienen en la distribución de una especie.

Los MNE permiten generar hipótesis de distribución en diferentes tiempos (predicciones a futuro o reconstrucciones al pasado, Martínez-Meyer 2004, 2005) por lo que han sido herramientas útiles para predecir el efecto que tendrá el cambio climático sobre la biodiversidad (Martínez-Meyer 2005). Este se ha vuelto un tema central de investigación en los últimos años por el efecto que puede tener sobre la biodiversidad (Schneider & Root 2002, Parra-Olea et al. 2005, Roberts 2011).

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Las áreas naturales protegidas (ANP) se definen como porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos (Márquez & Escobar 2000). En la actualidad se reconoce el valor de estas como sitios de atenuación y adaptación al cambio climático (Virkkala et al. 2013, Sout et al. 2013).

En general, los ecosistemas conservados ayudan a mitigar y reducir la vulnerabilidad al cambio climático por su capacidad de fijar y almacenar carbono y mantener el flujo de los servicios ecosistémicos, por lo que es necesario protegerlos. Las ANP ofrecen ventajas únicas comparadas con otros instrumentos de conservación de forma permanente, con frontera definida y claridad legal, brindando protección frente a los eventos meteorológicos extremos y manteniendo los ecosistemas (Arriaga et al. 2000, CONANP, 2010).

En México existen 176 áreas decretadas a nivel federal, clasificadas en 41 Reservas de la Biosfera, 66 Parques Nacionales, 38 Áreas de Protección de Flora y Fauna, 18 Santuarios, 8 de Protección de Recursos Naturales y 5 monumentos Naturales, además de las decretadas a nivel estatal, comunitarias y privadas 253,879.72 km², <http://www.conanp.gob.mx>).

Existen diferentes trabajos para México que evalúan el comportamiento de las ANP ante modificaciones ambientales y antropogénicas (Villers-Ruíz y Trejo-Vázquez 1998, 2000, CIT 2003, Ceballos 2010). Con respecto a los mamíferos Ceballos (1999) elaboró un estudio con

426 especies y 30 reservas, considerando a las especies como bien representados en las ANP y las reconoce como el mínimo esfuerzo que se debe realizar para la adecuada conservación de biodiversidad, contrario a lo que se demuestra en el presente trabajo y a lo que opinan Ceballos & Oliva (2005) quienes consideran subrepresentado dicho grupo taxonómico.

A pesar del reconocimiento de las ANP como instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación y los estudios que lo han demostrado, Toledo (2005) asegura que la creación y existencia de las ANP, a largo plazo, sin una adecuada planeación pueden ser de utilidad limitada e incluso inoperante.

Las ANP son porciones terrestres o acuáticas cuyo fin es conservar la biodiversidad representativa de los distintos ecosistemas para asegurar el equilibrio y la continuidad de los procesos evolutivos y ecológicos, cuyas características no han sido esencialmente modificadas (Márquez & Escobar 2000). Sin embargo la existencia de una limitación geográfica e inconexa con otras áreas con el mismo propósito puede limitar su función, principalmente ante efectos del cambio climático (Toledo 2005).

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar los posibles efectos del cambio climático sobre la distribución de los mamíferos endémicos del occidente de México y la implicación en su conservación en las ANP.

Objetivos Particulares

- Elaborar la base de datos para los registros disponibles de especies de mamíferos endémicos del occidente de México.
- Derivar las coberturas de siete escenarios de cambio climático disponibles para México en el año 2030.
- Identificar los sitios geográficos que representan condiciones disímiles al presente, que son vulnerables a problemas de extrapolación.
- Elaborar modelos de nicho ecológico de las especies de mamíferos en el presente y distinguir las zonas geográficas óptimas para su distribución.
- Identificar zonas de pérdida y ganancia de distribución para cada especie, a consecuencia del cambio climático.
- Determinar el nivel de protección que proporcionan las áreas naturales protegidas actuales en el futuro.

MÉTODO

ÁREA DE ESTUDIO

La delimitación del occidente de México para este estudio se hizo de acuerdo al mapa de cuencas hidrológicas propuesto por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, <http://www.siga.conagua.gob.mx>), seleccionando 62 cuencas exorreicas al océano Pacífico (Fig. 2). La cuenca hidrológica se considera una unidad morfoespacial que funciona como un sistema complejo, dinámico y abierto (Feoli-Boraschi 2009). Aunque esta unidad no refiere la idea de homogeneidad, en estos espacios geográficos se integran tanto los componentes biofísicos como bióticos y antropocéntricos, por lo que resulta una unidad lógica de planificación y gestión con fines de conservación (Ramakrishna 1997).

El occidente de México en este caso, incluye las tierras bajas del Pacífico (desde el norte en Sonora, al sur en Chiapas), la cuenca del Balsas y la vertiente pacífica de las Sierras Madre Occidental y del Sur, representando el 32.65% del territorio continental nacional (<http://mapserver.inegi.org.mx/geografia> 2010). Aunque la Cuenca del Balsas se ubica en el centro del país es una región hidrológica exorreica al Pacífico y con su mayor proporción en el occidente.

Esta zona es una región con diferentes tipos de hábitat, clima y topografía (incluyendo todos los tipos de vegetación para México, Rzedowski 1978) gran biodiversidad y altas tasas de endemismos de diferentes grupos (Fa & Morales 1993, Ceballos et al. 1998, Peterson & Navarro 2000, García-Trejo & Navarro 2004). Esta variedad biofísica y biótica la convierte en una región prioritaria de conservación (Ceballos et al 1999), que se ve amenazada tanto por la actividad humana (Velázquez et al. 2002) como por las modificaciones a las que se enfrenta debido al cambio climático global (Villers & Trejo- Vazquez 1998; Peterson et al. 2002). De acuerdo a los objetivos del estudio es necesario tener presente tres tipos de áreas de respuesta (la ocupada, la potencial y la invadible), y cómo se están interpretando.

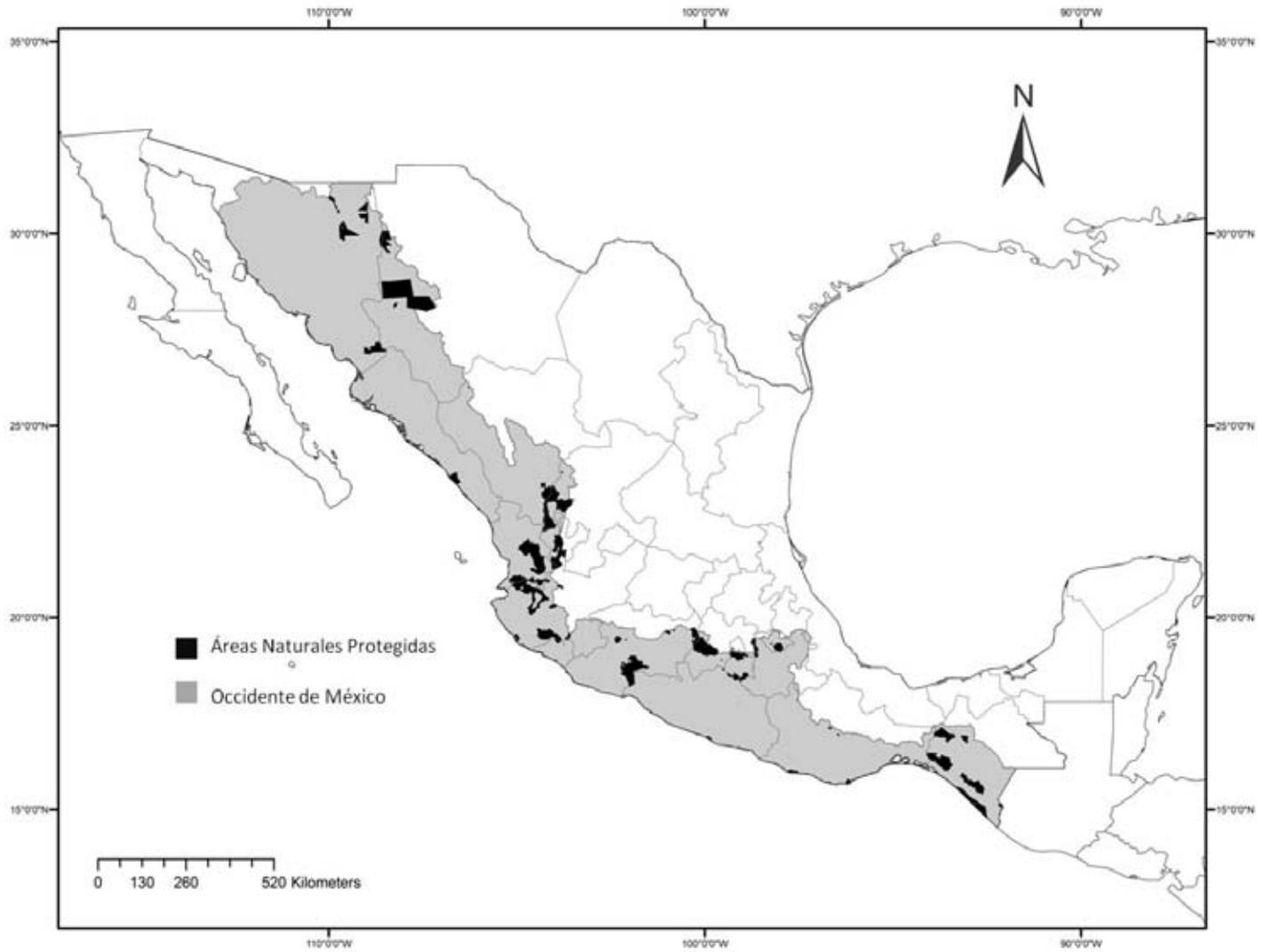


Figura 2. Área de estudio. Occidente de México delimitado por 62 cuencas hidrológicas exorreicas al Pacífico y las 60 Áreas Naturales Protegidas consideradas dentro del área de estudio.

DATOS BIOLÓGICOS

La información puntual de las especies se obtuvo de diferentes bases de datos biológicos albergados en diferentes instituciones obtenidos a través de GBIF (Global Biodiversity Information Facility, <http://data.gbif.org>). Los criterios para la selección de las especies fueron: primero, que estuvieran identificadas como endémicas al occidente de México (Hall 1981, Ceballos & Oliva 2005); y segundo, que tuvieran al menos 10 registros espacialmente únicos en la región después de ser depurados. Los registros omitidos fueron aquellos que se encontraron fuera del área de estudio o que no coinciden con la distribución geográfica reportada para la especie (Ceballos & Oliva 2005).

Se identificó en qué categoría de riesgo se encuentra cada especie de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010, www.semarnat.gob.mx).

DATOS CLIMÁTICOS

Las coberturas climáticas para el presente y el futuro se derivaron a partir de los coeficientes elaborados por Sáenz-Romero et al. (2009, <http://forest.moscowfsl.wsu.edu/climate>) en el programa ANUCLIM 5.1. Los datos puntuales de origen para derivar los coeficientes fueron: temperatura máxima mensual, temperatura mínima mensual, temperatura promedio mensual y precipitación mensual (Xu & Hutchinson 2011). Se derivaron con un modelo digital de elevación de Worldclim (www.worldclim.com), con una resolución de 0.5 min x 0.5 min (1km² aproximadamente).

Se utilizaron los siete escenarios de cambio climático disponibles (Cuadro 1), ya que es importante evaluar el comportamiento de las predicciones ante las diferentes condiciones climáticas propuestas para México y basadas en diferentes métodos de construcción de estos modelos (Seavy et al. 2008) tomando en cuenta la variación en emisiones de gases invernadero, condiciones sociales, tecnológicas y económicas.

Los escenarios contemplados para este trabajo son los presentados por Nakicenovic & Stewart (2000) en su clasificación de escenarios por familias (IPCC 2007). Los escenarios A describen un futuro en el que la población y la economía cambian pero no existe un esfuerzo por mejorar el ambiente , el escenario A1 describe un rápido crecimiento económico, bajo crecimiento poblacional y convergencia económica entre las regiones del mundo, por el contrario el A2 describe un crecimiento poblacional rápido y una distribución heterogénea de los recursos.

Los escenarios del grupo B describen un futuro en el que existe un mayor desarrollo económico, social y sustentabilidad ambiental, el escenario B1 describe esfuerzos globales por reducir las emisiones de gases invernadero y aumentar la sustentabilidad, mientras que el B2 describe un desarrollo económico y sustentable local. El A1B es intermedio entre las familia A y B (Seavy et al. 2008).

Cuadro 1. Escenarios utilizados de tres Modelos Generales de Circulación (MGC)

MGC	A2	A1B	B1	B2
CCC (CMGCM3)	CA2	CA1B		
GFDL (MC2.1)	GA2		GB1	
HAD (HadMC3)	HA2			HB2

CCC: Canadian Center of Climate Modeling Analysis; GFDL: Geophysical Fluid Dynamics Laboratory; HAD: Met Office Hadley Centre. La descripción de los escenarios se encuentra en el texto.

Las coberturas se conformaron por 19 variables bioclimáticas (Hijmans et al. 2005), las cuales fueron sometidas a un análisis de correlación de Pearson ($r \geq 0.9$, Townend 2002) para el occidente de México y evitar la redundancia en las variables, si están altamente correlacionadas. Se decidió trabajar con las diez variables con menor correlación (Cuadro 2).

Estas coberturas originalmente elaboradas para todo el país, fueron limitadas geográficamente al occidente de México (área G, Fig.2). Posteriormente fueron sometidas a un análisis de Movilidad de pariedad orientada MOP, por sus siglas en inglés. (Mobility-Oriented Parity; Saupe et al. 2012). Este análisis estima, mediante distancias euclidianas, la disimilitud ambiental de cada punto en el borde de un área dada (en el espacio ecológico) y la proporción de puntos más cercanos de otra en otro tiempo o espacio (Owens et al. 2013), identificando zonas de extrapolación, es decir, las zonas en la que los escenarios estiman más allá del intervalo de los datos originales, restando precisión a la predicción.

Cuadro 2. Variables bioclimáticas

Bio1	Temperatura media anual
Bio2	Rango diurno promedio
Bio3	Isotermalidad
Bio4	Estacionalidad de la temperatura
Bio5	*Temperatura máxima del mes más cálido
Bio6	Temperatura mínima del mes más frío
Bio7	*Rango de temperatura anual
Bio8	Temperatura media del trimestre más húmedo
Bio9	*Temperatura media del trimestre más seco
Bio10	Temperatura media del mes más cálido
Bio11	*Temperatura media del mes más frío
Bio12	*Precipitación anual
Bio13	Precipitación del mes más húmedo
Bio14	*Precipitación del mes más seco
Bio15	*Estacionalidad de la precipitación
Bio16	Precipitación del trimestre más húmedo
Bio17	*Precipitación del trimestre más seco
Bio18	*Precipitación del trimestre más cálido
Bio19	*Precipitación del trimestre más frío

*Resaltadas las diez variables consideradas en el análisis

El análisis MOP se realizó con una muestra de puntos extraídos al azar en toda el área de estudio, para el presente y los siete escenarios a futuro, en un muestreo con 100 replicas para cada escenario. Una vez obtenidos los puntos a comparar el análisis MOP se hizo en el software R (Ihaka & Gentleman 1996) mediante el script propuesto por Owens et al. (2013). Cada mapa se evaluó en una escala del 0 al 1, siendo los valores más cercanos al 0 los pixeles más parecidos a las condiciones climáticas con respecto al presente, y al 1 los más disímiles.

Los valores donde la información está sujeta a extrapolación se identificaron como fuera de rango.

MODELOS DE NICHOS ECOLÓGICOS

Los modelos de nicho ecológico para cada especie se elaboraron en el programa Maxent 3.3.3k. Este programa calcula la probabilidad de que una especie se encuentre en un área definida, encontrando la distribución de probabilidades de máxima entropía, limitada por los promedios de las variables climáticas de acuerdo con los puntos de presencias reales (Philips et al. 2004, 2006). Esta capacidad de limitarse por los promedios evita la sobre-predicción en la distribución geográfica de las especies, característica útil para este estudio, ya que se modelaron especies con distribuciones limitadas.

Se generaron diez réplicas por modelo, con un submuestreo al azar por reemplazamiento, se utilizó el 80% de los registros para elaborar los modelos y el 20% para probarlos, utilizando los valores por default, un multiplicador de regularización de 1 y un background de 10000 puntos y no se hizo *clamping*.

Se eligió el mejor de los diez modelos y sus proyecciones a los siete escenarios para cada especie, evaluando el área bajo la curva (AUC, *area under the curve* por sus siglas en inglés) mediante el análisis de la ROC parcial (*Receiver Operating Characteristic Partial Curve* por sus siglas en inglés; Jiang et al. 1996, Dodd and Pepe 2003). La ROC parcial representa sólo una parte del espectro total del área de predicción, evaluando su desempeño con respecto al azar modificando la proporción de error (umbral de omisión 5%, Peterson et al. 2008, Peterson et al. 2012). Elegido el mejor modelo, se convirtió de un modelo de probabilidades a un mapa binario de ausencia y presencia, con una probabilidad de ausencia del 5%, por lo que el umbral es diferente para cada especie.

Posteriormente se determinó el área accesible (M , Figura 1) para cada especie (Peterson et al. 2011) con base en los registros puntuales y lo reportado para su distribución, ya que el modelo muestra el área donde podría distribuirse (G), y no es necesariamente el total del área de estudio (Contreras-Medina et al. 2010, Soberón 2010), lo que permite limitar la predicción a un contexto biológico e histórico más preciso (Jiménez-Valverde et al. 2008, Peterson et al. 2011). A partir del número de celdas que integran los MNE se obtuvo el porcentaje del área que ocupa cada especie en el área de estudio por cada escenario (Aráujo et al. 2011; Virkkala et al. 2013).

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

La elección de ANP se basó en aquellas que se encontraron dentro del área del occidente de México, reportadas por la CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2007, <http://conanp.gob.mx>) con decreto a nivel federal, pues se encuentra información específica para cada una y no serán sujetas a cambios gubernamentales estatales.

El análisis se realizó en un sistema de información geográfica (SIG, ArcGis10 ESRI). Se identificaron las especies que se encontraron en las ANP, primero con los registros reales y luego con lo proyectado para el presente en los modelos, esto con el fin de representar gráficamente si las ANP funcionan o no como sitios útiles para la conservación.

Posteriormente se evaluó por el número de celdas que componen el modelo para cada especie, qué porcentaje de su área de distribución se encuentra protegida. A partir del número de celdas que integran los MNE se obtuvo el porcentaje del área que se encuentra protegida para cada especie (Alagador et al. 2010, Virkkala et al. 2013).

EFFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El efecto del cambio climático sobre la distribución de las especies de mamíferos en el occidente de México y la parte de su distribución en las áreas naturales protegidas, se estimó

también mediante los porcentajes del número de celdas en sus respectivos modelos (Aráujo et al. 2011, Trejo et al. 2011). El porcentaje se obtuvo comparando cada una de las celdas del modelo del presente con su respectiva celda en el futuro mediante el SIG asignando un valor a cada celda (Figura 3a). Así se identificó si la distribución de la especie en esa celda se mantuvo (0), se perdió (-1) o se ganó (1). Una vez obtenidos los valores se crearon nuevos mapas de pérdida y ganancia (Figura 3a).

Para tener una visión general del efecto del cambio climático, se sumaron los siete mapas de pérdida y ganancia de cada distribución por especie (álgebra de mapas) obteniendo un mapa consenso (Figura 3b). Así las zonas con valores iguales a menos siete (-7) representan coincidencias en pérdida para los siete modelos y las zonas con valores iguales a siete (7), representan coincidencias en ganancia. Por último se obtuvo un mapa final para cada especie donde se identificó: 1) las zonas donde los siete modelos coinciden en que nunca se ha distribuido (-999), 2) zonas donde la distribución no ha sufrido cambios (0, ceros reales), 3) zonas donde existen predicciones opuestas (0, ceros resultado del álgebra), y 4) las coincidencias para los modelos en cuanto pérdida y ganancia. De igual forma se estimó pérdida y ganancia de la distribución en las ANP por especie y así evaluar su eficacia en conservación.

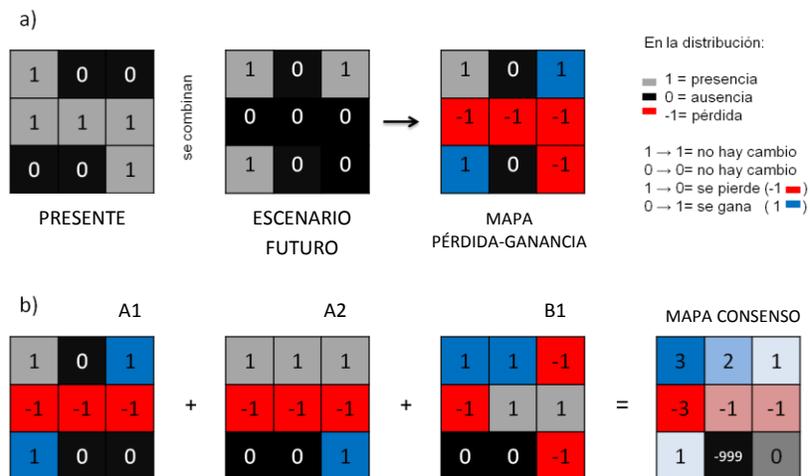


Figura 3. Evaluación del efecto del cambio climático. a) Método para la evaluación de pérdida y ganancia por especie para cada uno de los siete escenarios. b) Obtención de mapa consenso de los siete escenarios por especie.

Finalmente con estos resultados y la información sobre la biología y distribución de las especies se determinó si existe un patrón general de comportamiento ante el cambio climático para los mamíferos endémicos del occidente de México (Fa & Morales 1993, Ceballos et al 1998).

RESULTADOS

DATOS BIOLÓGICOS

En total se obtuvieron datos para 39 especies de mamíferos endémicos al occidente de México, pertenecientes a cinco órdenes con por lo menos 10 registros únicos (Cuadro 3). Trece de las 39 especies se encuentran consideradas bajo alguna categoría de riesgo.

Cuadro 3. Mamíferos endémicos del occidente de México

	Especie	Abreviación	NOM-059	Registros	Registros únicos
Orden Eulipotyphla					
Familia Soricidae	<i>Cryptotis goldmani</i>	C_g	Pr	122	31
	<i>Megasorex gigas</i>	M_g	A	32	25
Orden Chiroptera					
Familia Phyllostomidae	<i>Artibeus hirsutus</i>	A_h		114	68
	<i>Glossophaga morenoi</i>	G_m		179	82
	<i>Musonycteris harrisoni</i>	M_h	P	34	19
Familia Vespertilionidae	<i>Myotis carteri</i>	M_c	Pr	23	19
	<i>Rhogeessa alleni</i>	R_a		21	11
	<i>Rhogeessa parvula</i>	R_p		156	113
Orden Carnivora					
Familia Mephitidae	<i>Spilogale pygmaea</i>	S_p	A	32	29
Orden Rodentia					
Familia Sciuridae	<i>Sciurus colliaei</i>	S_coll		229	83
	<i>Sciurus nayaritensis</i>	S_n		221	92
	<i>Spermophilus adocetus</i>	S_ado		203	60
	<i>Spermophilus annulatus</i>	S_ann		60	23
	<i>Spermophilus madrensis</i>	S_mad	Pr	78	27
	<i>Tamias bulleri</i>	T_b		68	19
	<i>Tamias durangae</i>	T_d		190	51
Familia Muridae	<i>Hodomys alleni</i>	H_a		109	52
	<i>Megadontomys thomasi</i>	N_n	Pr	25	20
	<i>Nelsonia neotomodon</i>	M_t	Pr	351	40
	<i>Neotoma phenax</i>	N_p	Pr	70	37
	<i>Osgoodomys banderanus</i>	O_b		432	156
	<i>Peromyscus megalops</i>	P_m		751	77
	<i>Peromyscus perfulvus</i>	P_p		75	31
	<i>Peromyscus simulus</i>	P_s		68	28
	<i>Peromyscus spicilegus</i>	P_sp		621	137
	<i>Peromyscus zarhyncus</i>	P_z	Pr	121	18
	<i>Reithrodontomys zacatecae</i>	R_z		164	49
	<i>Sigmodon alleni</i>	S_a		98	62
	<i>Sigmodon mascotensis</i>	S_m		760	98
Familia Geomyidae	<i>Orthogeomys grandis</i>	O_g		107	54
	<i>Pappogeomys bulleri</i>	P_b	Pr	59	33
	<i>Zygozemys trichopus</i>	Z_t	P	77	16
Familia Heteromyidae	<i>Chaetodipus artus</i>	C_a		120	36
	<i>Chaetodipus permix</i>	C_p		221	79
	<i>Chaetodipus goldmani</i>	Ch_g		100	36
	<i>Liomys pictus</i>	L_p		2137	534
Orden Lagomorpha					
Familia Leporidae	<i>Lepus alleni</i>	L_a		77	48
	<i>Lepus flavigularis</i>	L_f	P	68	13
	<i>Sylvilagus cunicularius</i>	S_cun		262	120

P= peligro de extinción; Pr=sujeto a protección especial; A= amenazada

El porcentaje de área de distribución estimada por los modelos de nicho ecológico, que ocupa en el presente cada especie en el área de estudio, se muestra en la figura 4. Las especies con una mayor área de distribución en el occidente son los murciélagos *Artibeus hirsutus* (A_h, 72%) y *Rhogeessa parvula* (R_h, 91%); y el roedor *Liomys pictus* (L_p, 100%). Las especies con el área más restringida son dos roedores: *Peromyscus zarhyncus* (P_z, 4%), sujeto a protección especial y *Zygozomys thricopus* (Z_t, 4%) que está catalogado como especie en peligro de extinción. Otra especie con una distribución restringida es la liebre *Lepus flavigularis* (L_p, 3%), bajo protección especial. La distribución del roedor *Zygozomys thricopus* y la liebre *Lepus flavigularis* se limita al sur del Occidente de México en el área del Istmo de Tehuantepec, mientras que la del roedor *Peromyscus zarhyncus* se restringe al centro del occidente (ver el Apéndice I).

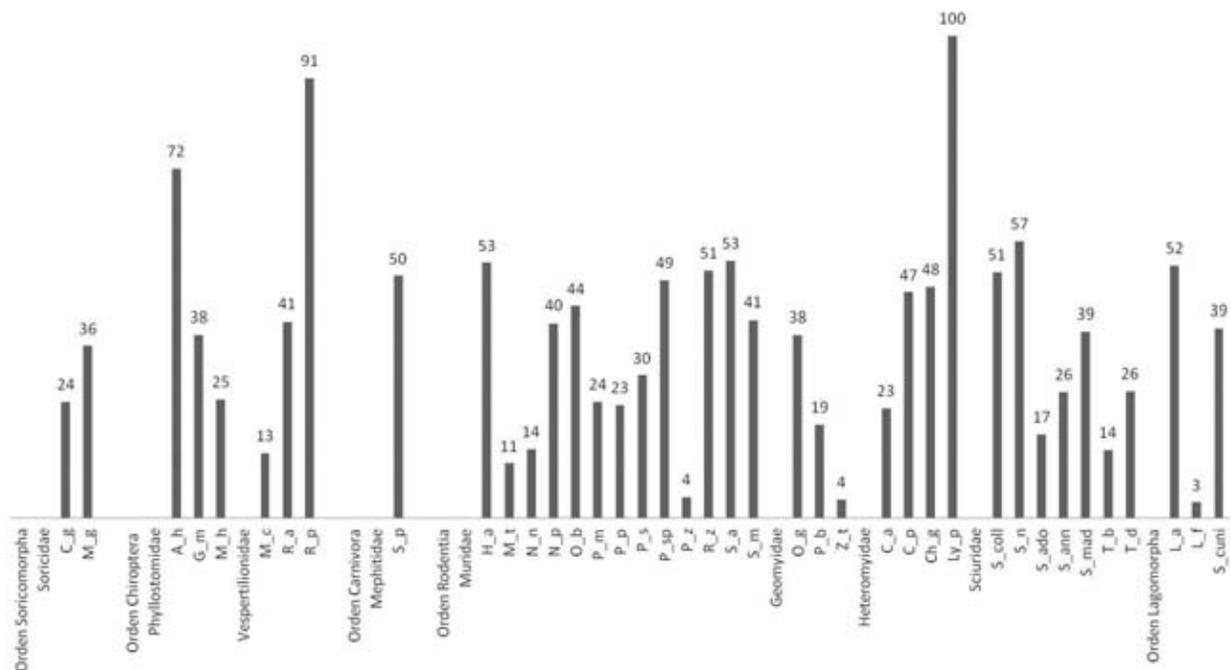


Figura 4. Porcentaje de área de las especies en el Occidente de México. Porcentaje de área que ocupa la distribución de las 39 especies de mamíferos endémicos en el área de estudio. Abreviaturas en Cuadro 3.

DATOS CLIMÁTICOS

Para identificar los sitios geográficos donde las proyecciones de los modelos pueden estar extrapolando la información climática, cada uno de los siete escenarios a futuro fue sometido a un análisis MOP. Los valores fuera de rango para cada mapa corresponden al 0% de los puntos para el escenario CA1B, 0.06% para el escenario CA2, 0.04% para el CB1, 0.03% para el GA2, 0.02% para el GB1, 0.08 % para el HA2 y 0.07% para el HB2.

Los escenarios HAD son los que presentan el mayor porcentaje de pixeles con extrapolación para los datos climáticos, pero en ninguno de los escenarios llega a representar más del 0.1%. Estas zonas se restringen al norte del país (Figura 5), con excepción del HA2 que muestra una zona fuera de rango en el sur en la región del Istmo de Tehuantepec.

El porcentaje de puntos de valores iguales a 0 es del 90% para los siete escenarios con este valor, lo que indica que los siete escenarios son igualmente moderados en cuanto a la extrapolación de los datos climáticos y son confiables para ser usados en predicciones futuras.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Dentro del área de estudio se encontraron 60 áreas naturales protegidas pertenecientes a 6 categorías de manejo (Figura 6), las cuales representan el 6.06% del área de estudio.

La Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 del estado de Nayarit es el ANP cuenta con la mayor extensión con un 2.73% del territorio protegido, ésta es considerada como Área de Protección de los Recursos Naturales. Las ANP con menor extensión son los Santuarios, en su mayoría playas del Pacífico mexicano (Cuadro 4).

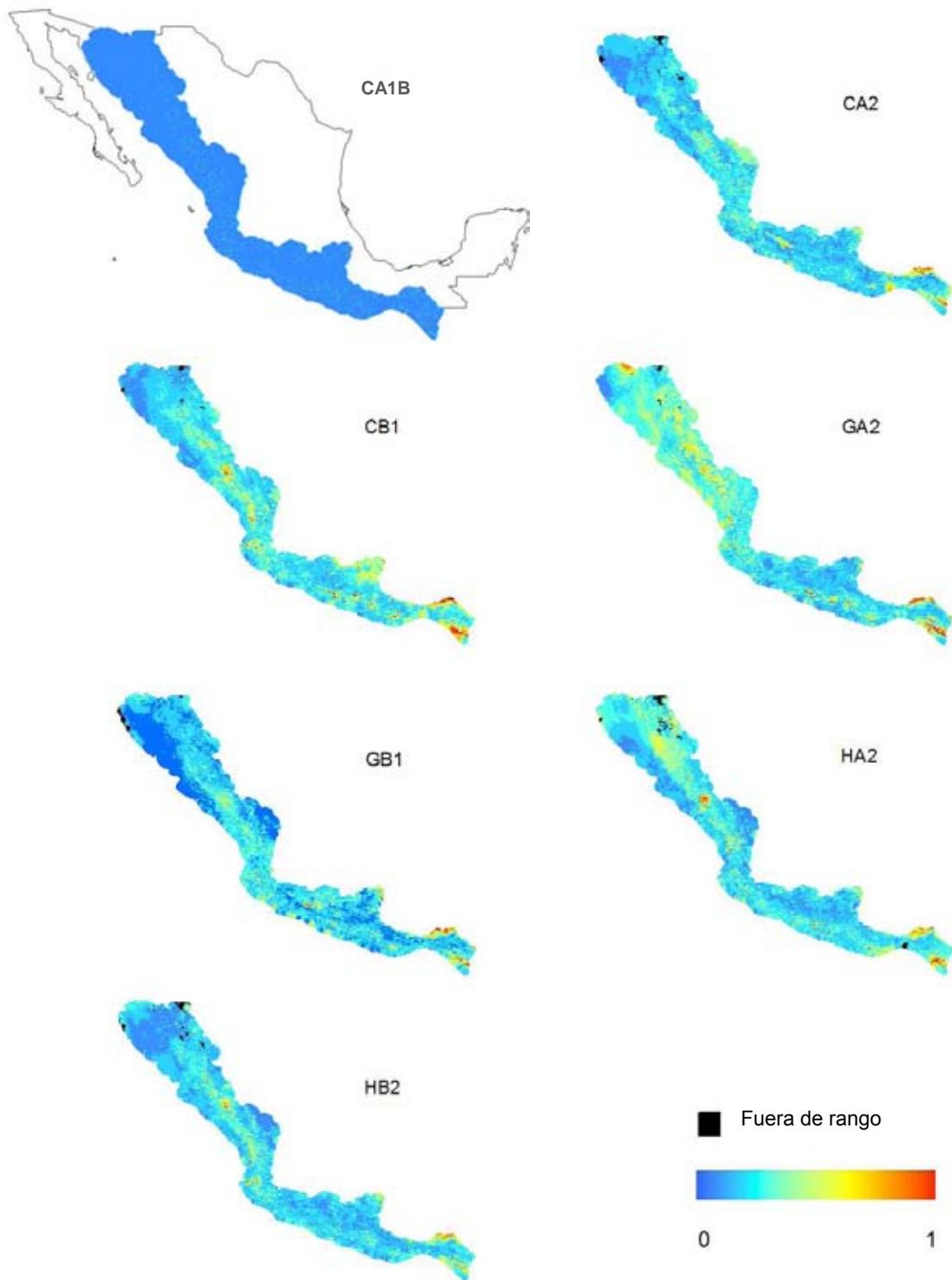


Figura 5. Análisis MOP. En la escala del análisis las regiones negras se interpretan como zonas donde las condiciones se encuentran fuera del rango para cada uno de los siete escenarios (CA1B, CA2, CB1, GA2, GB1, HA2 y HB2). Las áreas azules muestran las zonas climáticamente similares y las zonas rojas las climáticamente disímiles dentro del rango de los valores originales.

Cuadro 4. Áreas Naturales Protegidas del occidente de México

ID	NOMBRE	ESTADOS	% en AP	% en AT	CAT
1	BARRANCA DEL CUPATITZIO	Michoacán	0.01	0.001	PN
2	BENITO JUAREZ	Oaxaca	0.08	0.006	PN
3	BOSENCHEVE	Edo. México y Michoacán	0.35	0.026	PN
4	CAÑÓN DEL SUMIDERO	Chiapas	0.53	0.039	PN
5	CAMPO VERDE	Chihuahua y Sonora	2.60	0.190	APF y F
6	CASCADA DE BASSASEACHIC	Chihuahua	0.14	0.010	PN
7	CERRO DE GARNICA	Michoacán	0.02	0.002	PN
8	CHAMELA-CUIXMALA	Jalisco	0.32	0.023	RB
9	COBIO CHICHINAUTZIN	D.F., Morelos y Edo. México	0.90	0.065	APF y F
10	CUENCA ALIMENTADORA DEL DISTRITO DE RIEGO 043	Aguascalientes, Durango, Jalisco, Nayarit y Zacatecas	37.3	2.732	APRN
11	CUENCAS DE LOS RÍOS VALLE DE BRAVO, MALACATEPEC, TILOSTOC y TEMASCALTEPEC	Edo. México y Michoacán	4.15	0.304	APRN
12	CUMBRES DEL AJUSCO	Distrito Federal	0.01	0.001	PN
13	DESIERTO DEL CARMEN O DE NIXCONGO	Estado De México	0.01	0.001	PN
14	EL JABALÍ	Colima	0.12	0.009	APF y F
15	EL TEPOZTECO	Morelos y D. F.	0.56	0.041	PN
16	EL TRIUNFO	Chiapas	2.87	0.209	RB
17	EL VELADERO	Guerrero	0.09	0.006	PN
18	GENERAL JUAN ALVAREZ	Guerrero	0.01	0.001	PN
19	GRUTAS DE CACAHUAMILPA	Guerrero	0.04	0.003	PN
20	HUATULCO	Oaxaca	0.16	0.012	PN
21	INSURG. JOSE MARIA MORELOS	Michoacán	0.18	0.013	PN
22	IZTACCIHUATL-POPOCATEPETL	Edo. México, Puebla y Morelos	0.98	0.071	PN
23	LA ENCRUCIJADA	Chiapas	2.78	0.203	RB
24	LA MICHILIA	Durango	0.23	0.016	RB
25	LA SEPULTURA	Chiapas y Oaxaca	4.02	0.294	RB
26	LAGUNAS DE CHACAHUA	Oaxaca	0.36	0.026	PN
27	LAGUNAS DE ZEMPOALA	Edo. México y Morelos	0.11	0.008	PN
28	LAS HUERTAS	Colima	0.004	0.001	APRN
29	MALINCHE O MATLALCUEYATL	Tlaxcala y Puebla	1.09	0.080	PN
30	MARIPOSA MONARCA	Edo. México y Michoacán	1.35	0.099	RB
31	MESETA DE CACAXTLA	Sinaloa	1.22	0.089	APF y F
32	NEVADO DE COLIMA	Jalisco y Colima	0.16	0.011	PN
33	NEVADO DE TOLUCA	Estado De México	1.30	0.095	PN

AT: Área Total, AP; Área Protegida; CAT: Categoría de manejo

APF y F: Área de Protección de Flora y Fauna; APRN: Área de Protección de Recursos Naturales; PN: Parque Nacional; RB: Reserva de la Biosfera; Sant: Santuario.

Continuación Cuadro 4. Áreas Naturales Protegidas del occidente de México

ID	NOMBRE	ESTADOS	% en AP	% en AT	CAT
34	PAPIGOCHIC	Chihuahua	5.86	0.428	APF y F
35	PICO DE TANCITARO	Michoacán	0.56	0.0412	PN
36	PLAYA CEUTA	Sinaloa	0.002	0.0001	Sant
37	PLAYA CUITZMALA	Jalisco	0.0002	0.0001	Sant
38	PLAYA DE ESCOBILLA	Oaxaca	0.0007	0.00002	Sant
39	PLAYA DE LA BAHIA DE CHACAHUA	Oaxaca	0.0007	0.00005	Sant
40	PLAYA DE MARUATA y COLOLA	Michoacán	0.0008	0.00005	Sant
41	PLAYA DE MISMALOYA	Jalisco	0.0040	0.00005	Sant
42	PLAYA DE PUERTO ARISTA	Chiapas	0.0015	0.0003	Sant
43	PLAYA DE TIERRA COLORADA	Guerrero	0.0013	0.0001	Sant
44	PLAYA EL TECUAN	Jalisco	0.0004	0.0001	Sant
45	PLAYA EL VERDE CAMACHO	Sinaloa	0.0015	0.00003	Sant
46	PLAYA MEXIQUILLO	Michoacán	0.0006	0.0001	Sant
47	PLAYA PIEDRA DE TLACOYUNQUE	Guerrero	0.0007	0.00004	Sant
48	PLAYA TEOPA	Jalisco	0.0003	0.00005	Sant
49	SELVA EL OCOTE	Chiapas	2.44	0.178	RB
50	SIERRA DE AJOS/BAVISPE	Sonora	4.33	0.317	APF y F
51	SIERRA DE ALAMOS-RÍO CUCHUJAQUI	Chihuahua y Sonora	2.23	0.163	APF y F
52	SIERRA DE HUAUTLA	Morelos y Puebla	1.42	0.104	RB
53	SIERRA DE MANANTLAN	Jalisco y Colima	3.36	0.245	RB
54	SIERRA DE ORGANOS	Zacatecas	0.03	0.002	PN
55	SIERRA DE QUILA	Jalisco	0.34	0.025	APF y F
56	TUTUACA	Chihuahua y Sonora	8.74	0.6395	APF y F
57	VOLCAN TACANA	Chiapas	0.15	0.011	RB
58	XICOTENCATL	Tlaxcala	0.02	0.001	PN
59	YAGUL	Oaxaca	0.03	0.002	MN
60	ZICUIRAN-INFIERNILLO	Michoacán	6.37	0.466	RB

AT: porcentaje de área protegida con respecto al territorio nacional, AP; porcentaje de área con respecto al área protegida; CAT: Categoría de manejo. APF y F: Área de Protección de Flora y Fauna; APRN: Área de Protección de Recursos Naturales; PN: Parque Nacional; RB: Reserva de la Biosfera; Sant: Santuario.

En cuanto a la representación de las especies en las ANP (Cuadro 4), el número de los registros reportados no equivale a los estimado por los modelos. (Figura 6). En 36 de las 60 ANP, no se encontraron registros puntuales de las especies estudiadas. De acuerdo a los MNE existe la posibilidad de que cada una de las 39 especies se distribuya en al menos un ANP.

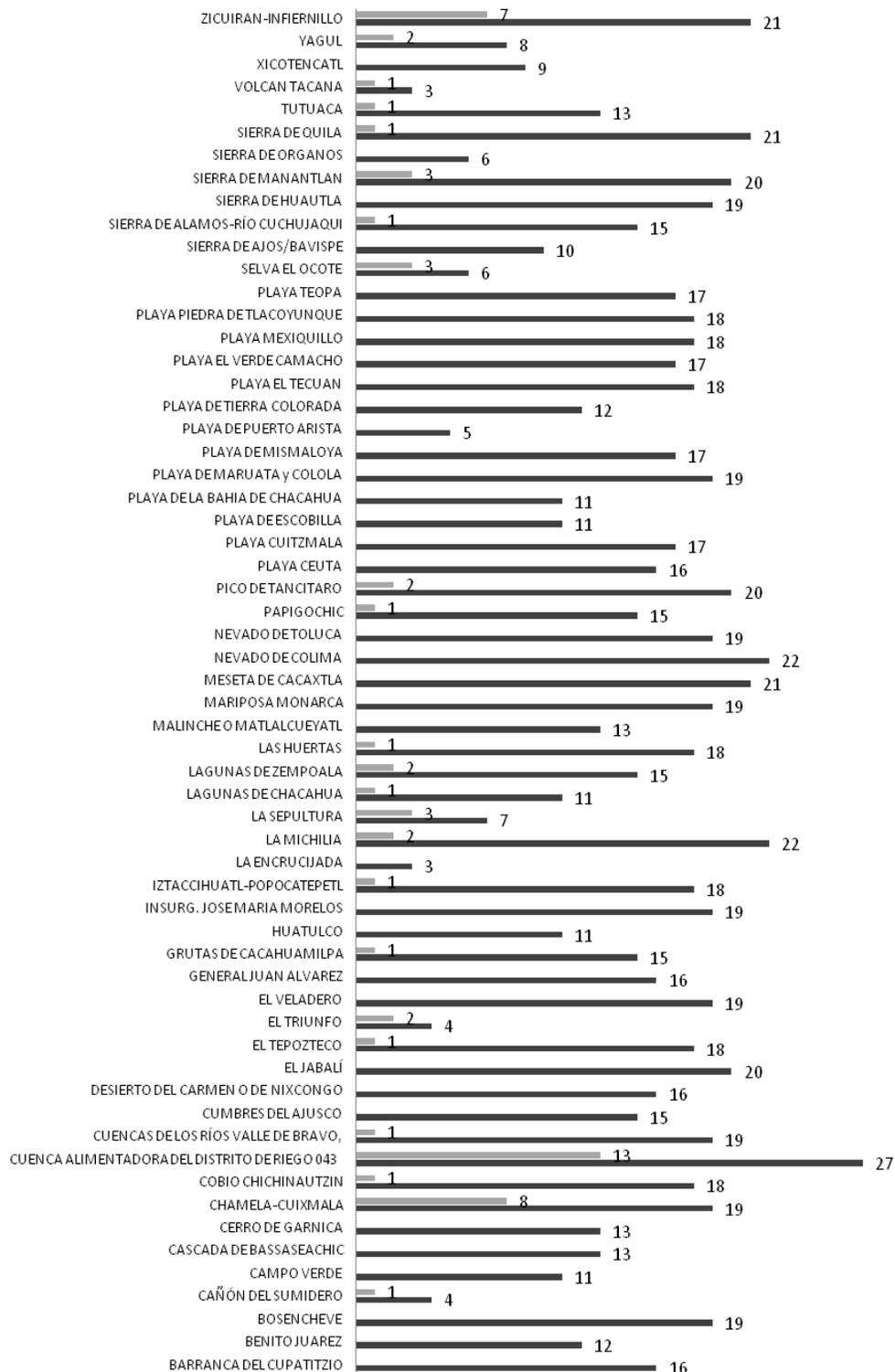


Figura 6. Especies en las ANP. Las barras grises indican el número de especies con registros puntuales en el ANP, las barras negras indican el número de especies potenciales por los modelos de nicho ecológico.

Ninguna especie cuenta con más del 13% de su área de distribución como protegida en el presente. La especie con la mayor parte de su distribución protegida (12.8%) es el murciélago *Myotis carteri* (M_c, Figura 7) considerada como especie en peligro de extinción. La especie con la menor parte de su distribución protegida es el roedor *Chaetodipus artus* (C_a) con un 1.2% de su distribución protegida y no se encuentra sujeta a ninguna categoría de riesgo.

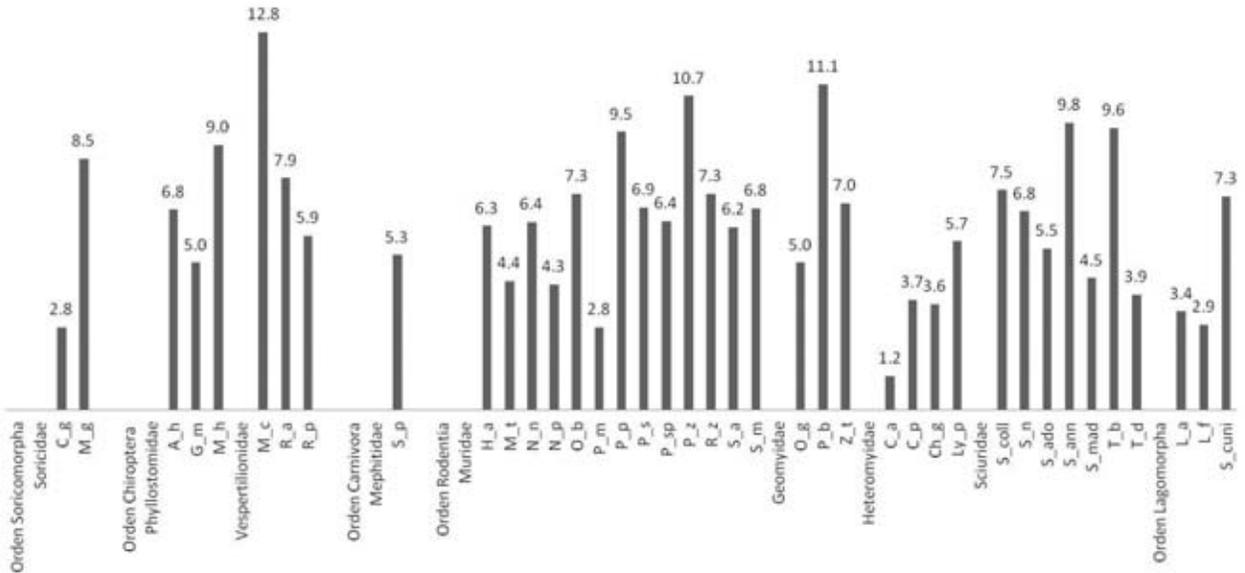


Figura 7. Porcentaje de distribución de la especie en área protegida. Porcentaje de área protegida con respecto a la distribución de la especie.

MODELOS DE NICHOS ECOLÓGICO Y EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Finalmente se cuantificaron los píxeles de los MNE para todas las especies y sus escenarios, esto se tradujo en porcentaje de pérdida y ganancia de área y se representó descriptivamente en gráficas, tanto para el área total como para las ANP (Figura 8). El escenario en el que se presenta un cambio mínimo en la distribución de las especies (tanto en pérdida como en ganancia) para el área total y protegida es el CA1B, con excepción de dos especies de roedores *Peromyscus perfulvus* y *Peromyscus megalops*. Mientras que el escenario con mayor

cambio es el HA2, en donde el porcentaje de pérdida y ganancia es mayor comparado con otros escenarios. Los escenarios pertenecientes a la familia B son los que presentan la menor pérdida de las ADD para todas las especies. El comportamiento por distribución de especie está descrito en el Apéndice I.

En el Cuadro 5 se resume el comportamiento general para todos los escenarios a partir de los mapas consenso, por cada especie, su relación con el clima y tipo de vegetación en la que se distribuye (ver Apéndice I).

En general las zonas más afectadas son las tierras bajas del centro del occidente de México (en los estados de Michoacán y Morelos) y sur del occidente (Guerrero y Chiapas). Según estos datos, el 78% de las especies consideradas con parte de su distribución en la Región del Balsas, presentan pérdida en esta zona y el 52% consideradas con parte de su distribución en el estado de Nayarit, presentan pérdida. Con respecto a la ganancia de distribución, el 56% especies no muestran marcadas áreas de extensión en los mapas consenso.

En cuanto a las ANP, las áreas de distribución de las especies que se encuentran en las playas de la costa de Guerrero a Chiapas, las que se encuentran en las tierras bajas de la Región del Balsas, y el estado de Nayarit se verán igualmente afectada con una pérdida considerable.

Cuadro 5. Coincidencias en pérdida y ganancia por especie en los mapas consenso para los siete escenarios.

	ESPECIE	PÉRDIDA	GANANCIA	CLIMA*
Orden Soricomorpha				
	Familia Soricidae			
	<i>Cryptotis goldmani</i>	Zonas altas (templadas) en toda su distribución	Ninguna	Templado (>1500msnm)
	<i>Megasorex gigas</i>	Cuenca del Balsas y Nayarit	Ninguna	Tropical y templado (0-1700 msnm)
Orden Chiroptera				
	Familia Phyllostomidae			
	<i>Artibeus hirsutus</i>	Sinaloa, costa de Nayarit y Cuenca del Balsas	Tierras altas en el noreste de su distribución y costa de Michoacán y Guerrero	Cálido, tropical (0-2575 msnm)
	<i>Glossophaga morenoi</i>	Cuenca del Balsas y costa de Chiapas	Tierras altas del Eje Neovolcánico Transversal	Cálido, árido (0-1500 msnm)
	<i>Musonycteris harrisoni</i>	Cuenca del Balsas	Zonas templadas del estado de Michoacán	Cálido, tropical (0-500 msnm)
	Familia Vespertilionidae			
	<i>Myotis carteri</i>	Sur de Nayarit y n los extremos de su distribución	Tierras altas del Eje Neovolcánico Transversal	Cálido, tropical (0-1500 msnm)
	<i>Rhogeessa alleni</i>	Cuenca del Balsas y Nayarit	Ninguna	Cálido, tropical, templado (125-1990 msnm)
	<i>Rhogeessa parvula</i>	Cuenca del Balsas, costas de Nayarit, Guerrero y Oaxaca	Tierras altas de Sierra Madre Occidental	Cálido, árido (0-1480 msnm)

* El clima y los intervalos de altitud para el presente se obtuvieron de Ceballos & Oliva 2005.

Continuación Cuadro 5. Coincidencias en pérdida y ganancia por especie en los mapas consenso para los siete escenarios.

	ESPECIE	PÉRDIDA	GANANCIA	CLIMA*
Orden Carnivora				
	Familia Mephitidae			
	<i>Spilogale pygmaea</i>	Nayarit y norte de su distribución	Ninguna	Cálido, árido (0-350 msnm)
Orden Rodentia				
	Familia Muridae			
	<i>Hodomys alleni</i>	Cuenca del Balsas y Nayarit	Tierras más altas a las de su distribución	Cálido, tropical (0-1800 msnm)
	<i>Megadontomys thomasi</i>	Tierras bajas de su distribución	Ninguna	Templado (3000-3500 msnm)
	<i>Nelsonia neotomodon</i>	Se pierden zonas medias, restringiéndola a zonas altas	Ninguna	Templado húmedo (2225-2895 msnm)
	<i>Neotoma phenax</i>	Ninguna	Ninguna	Cálido (0-150 msnm)
	<i>Osgoodomys banderanus</i>	Nayarit, Cuenca del Balsas y zona centro	Ninguna	Tropical (0-1400 msnm)
	<i>Peromyscus megalops</i>	Tierras bajas de la Sierra Madre del Sur	Tierras altas del la Sierra Madre del Sur	Templado (1500-3000 msnm)
	<i>Peromyscus perfulvus</i>	Cuenca del Balsas y Nayarit	Tierras altas del la Sierra Madre Occidental	Tropical, húmedo (0-1300 msnm)
	<i>Peromyscus simulus</i>	Nayarit y tierras altas de la Sierra Madre Occidental	Costa norte de Sinaloa	Cálido, tropical (0-244 msnm)
	<i>Peromyscus spicilegus</i>	Parte de su distribución en Nayarit	Zonas más altas de la Sierra Madre Occidental	Templado (260-2160 msnm)
	<i>Peromyscus zarhyncus</i>	Tierras altas de la Sierra Madre del Sur	Ninguna	Templado (1400-2900 msnm)

* El clima y los intervalos de altitud para el presente se obtuvieron de Ceballos & Oliva 2005.

Continuación Cuadro 5. Coincidencias en pérdida y ganancia por especie en los mapas consenso para los siete escenarios.

ESPECIE	PÉRDIDA	GANANCIA	CLIMA*
<i>Reithrodontomys zacatecae</i>	Tierras bajas de la Sierra Madre Occidental	Tierras más altas de la Sierra Madre Occidental	Templado (1828-2590 msnm)
<i>Sigmodon alleni</i>	Cuenca del Balsas y Nayarit, costa sur de Michoacán hasta Chiapas	Ninguna	Templado, tropical (0-3050 msnm)
<i>Sigmodon mascotensis</i>	Cuenca del Balsas, Nayarit y parte de la costa de Chiapas y Guerrero	Ninguna	Templado, tropical (0-2550 msnm)
Familia Geomyidae			
<i>Orthogeomys grandis</i>	Cuenca del Balsas, Nayarit y costa de Chiapas	Ninguna	Cálido, tropical, templado (0-1700 msnm)
<i>Pappogeomys bulleri</i>	Nayarit	Ninguna	Tropical, templado (0-3125 msnm)
<i>Zygozemys trichopus</i>	Zonas altas de su distribución	Zonas bajas de su distribución	Templado (2200 msnm)
Familia Heteromyidae			
<i>Chaetodipus artus</i>	Sur de Sinaloa y norte de Nayarit	Se extiende a zonas más altas	Árido, cálido, tropical (0-1900 msnm)
<i>Chaetodipus pernix</i>	Sur de Sinaloa	Se extiende más al norte de su distribución	Árido, cálido (0-90 msnm)
<i>Chaetodipus goldmani</i>	Sur de Sinaloa	Se extiende más al norte de su distribución	Árido, cálido (0-120 msnm)
<i>Liomys pictus</i>	Cuenca del Balsas y Nayarit, norte de Sinaloa, costa de Chiapas	Tierras altas de la SMS y norte de su distribución	Árido cálido y templado (0-2045 msnm)

* El clima y los intervalos de altitud para el presente se obtuvieron de Ceballos & Oliva 2005.

Continuación Cuadro 5. Coincidencias en pérdida y ganancia por especie en los mapas consenso para los siete escenarios.

	ESPECIE	PÉRDIDA	GANANCIA	CLIMA*
Familia Sciuridae				
	<i>Sciurus colliaei</i>	Costa de Sonora a Nayarit	Zonas altas de la SMO en su distribución más norteña	Tropical, subtropical, templado (0-2134 msnm)
	<i>Sciurus nayaritensis</i>	Se ve poco afectada su distribución	Ninguna	Templado (900-2700 msnm)
	<i>Spermophilus adocetus</i>	Cuenca del Balsas (se pierde toda su distribución)	Ninguna	Cálido (200-1200 msnm)
	<i>Spermophilus annulatus</i>	Nayarit	Ninguna	Cálido, tropical (0-1200 msnm)
	<i>Spermophilus madrensis</i>	Se pierde gran parte de su distribución en tierras bajas de la Sierra Madre Occidental	Ninguna	Templado (2700-3750 msnm)
	<i>Tamias bulleri</i>	Pequeña porción en las zonas altas de la Sierra	Ninguna	Templado (2240-2610msnm)
	<i>Tamias durangae</i>	Pérdida en tierras altas	-	Templado (2590-2900 msnm)
Orden Lagomorpha				
Familia Leporidae				
	<i>Lepus alleni</i>	Costa	Zonas altas	Árido (123-500 msnm)
	<i>Lepus flavigularis</i>	Costa	-	Cálido (0-50 msnm)
	<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Cuenca del Balsas y Nayarit, costa de Oaxaca	Zonas altas	Cálido y templado (0-4300 msnm)

* El clima y los intervalos de altitud para el presente se obtuvieron de Ceballos & Oliva 2005.

CA1B

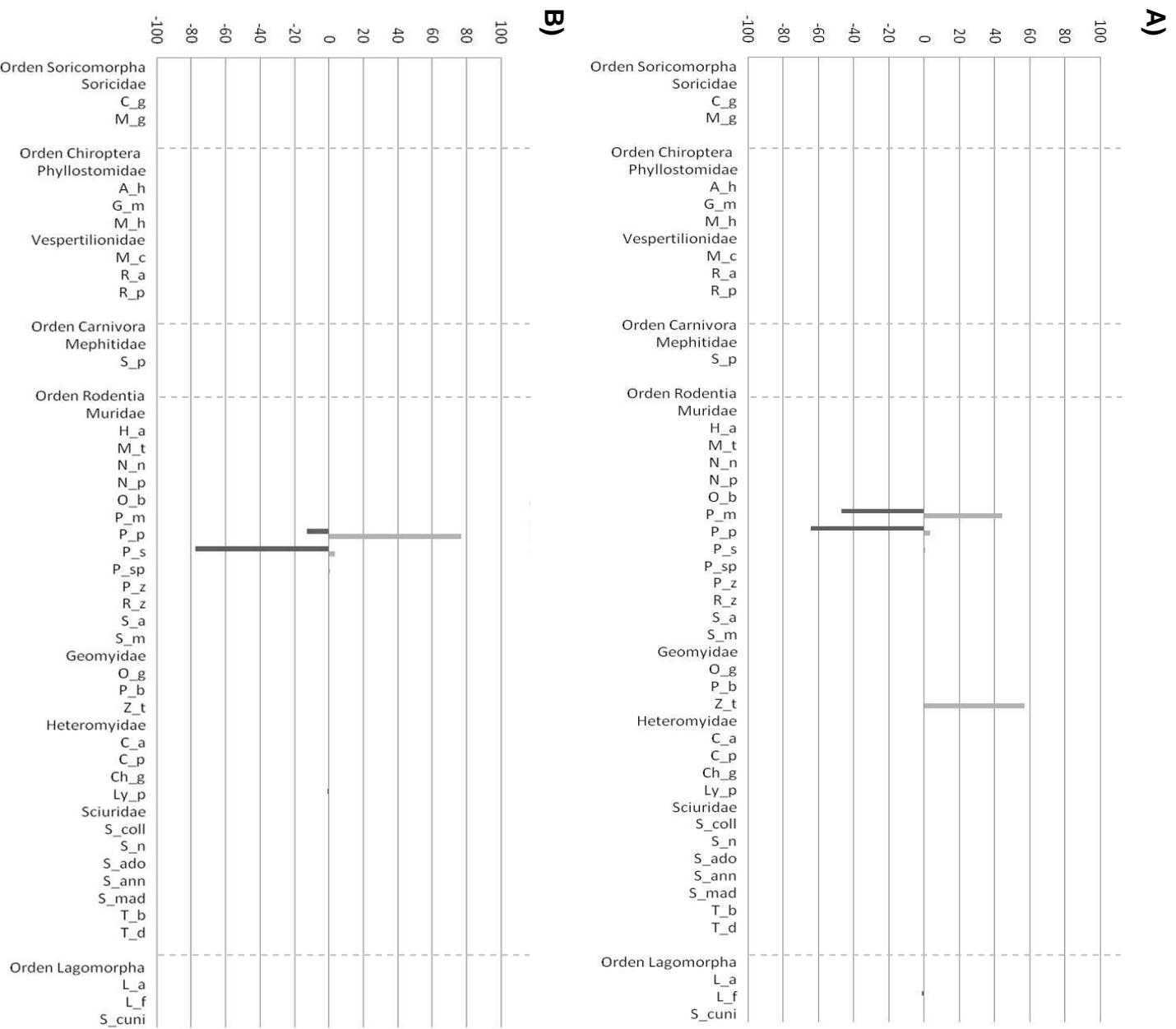
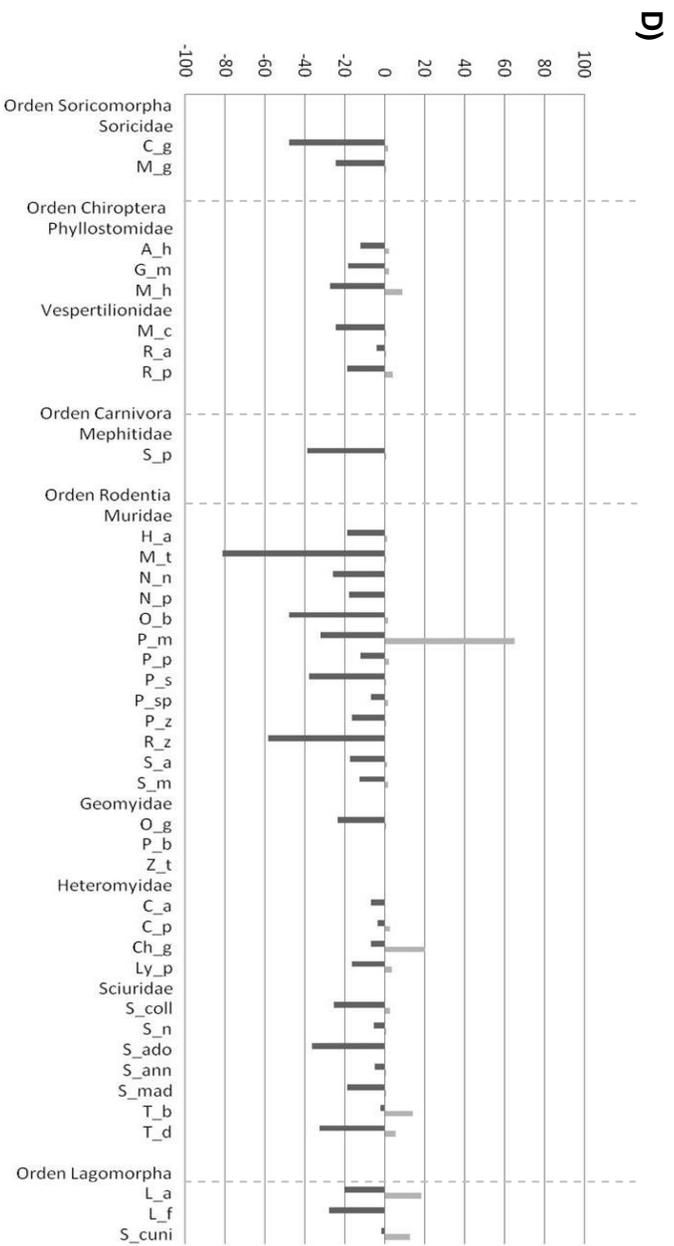
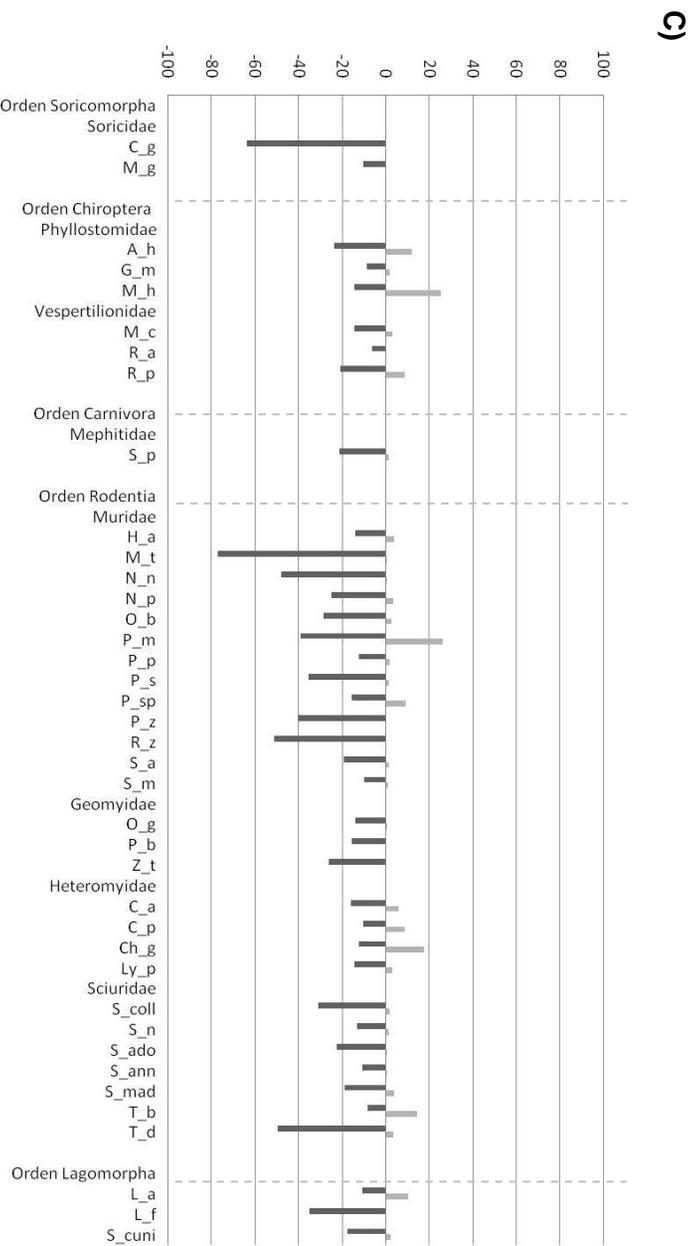


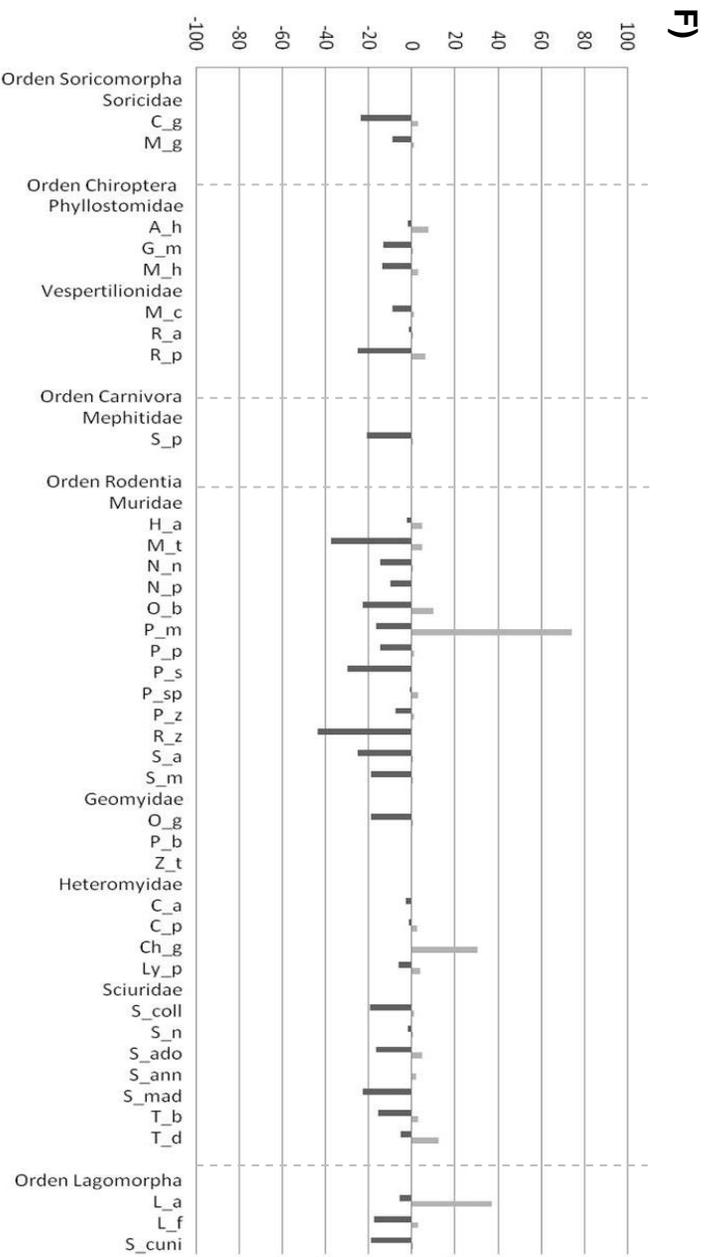
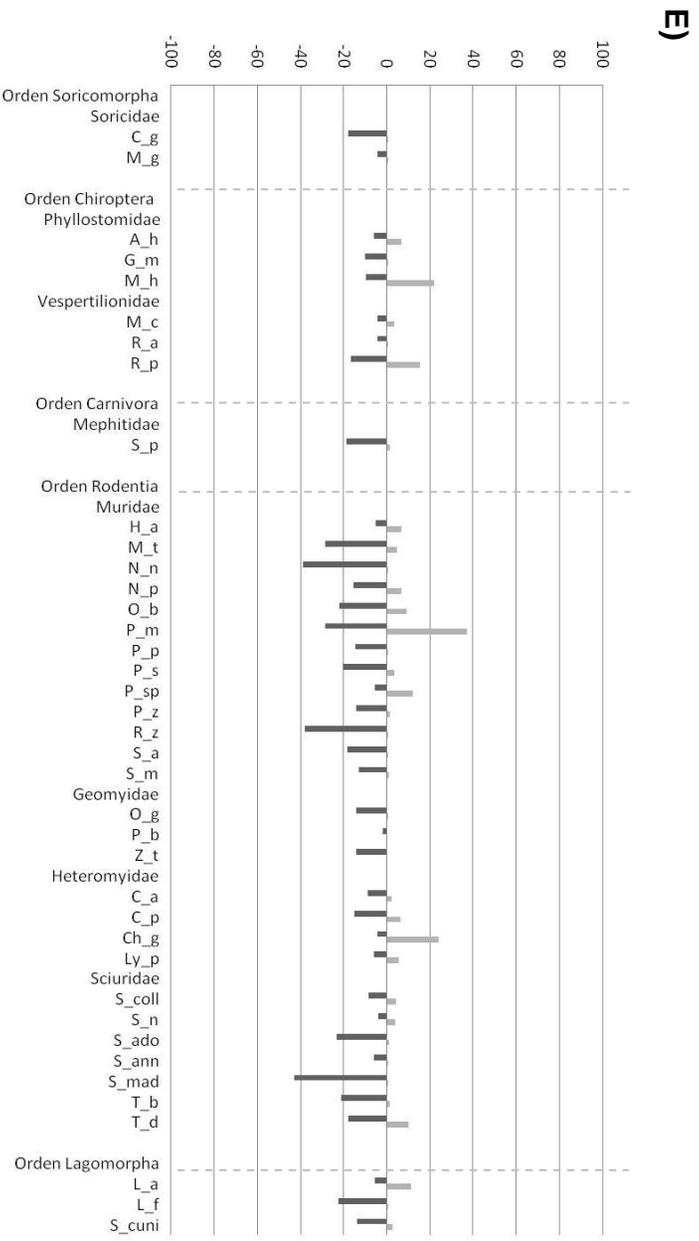
Figura 8. A) Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en el área total de la distribución de la especie del escenario CA1B. **B)** Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en áreas naturales protegidas del escenario CA1B.

CA2



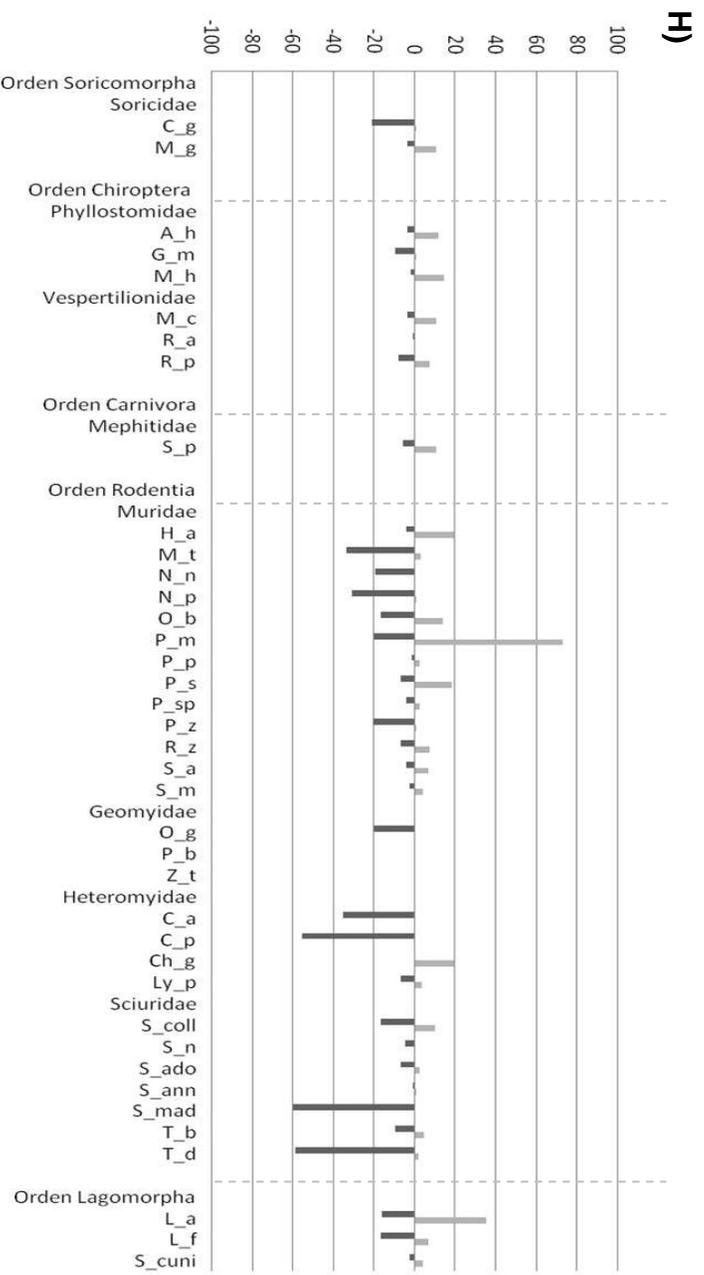
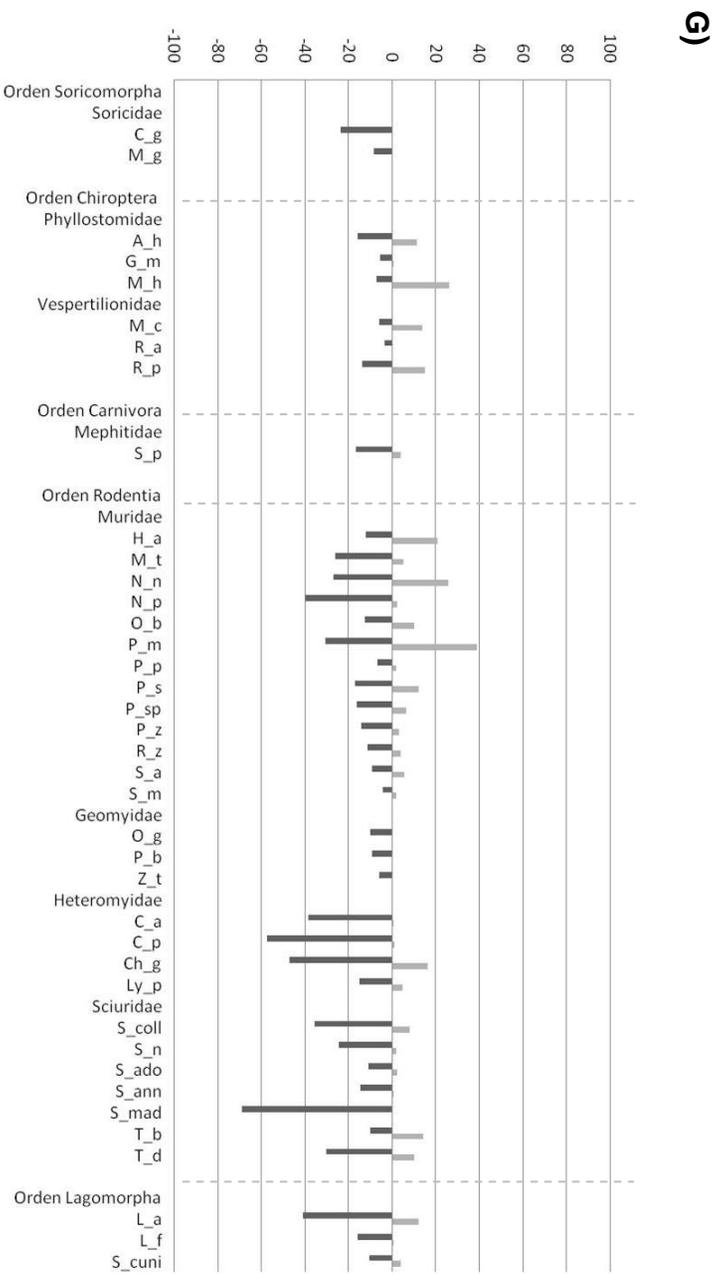
Continuación Figura 8. C) Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en el área total de la distribución de la especie del escenario CA2. **D)** Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en áreas naturales protegidas del escenario CA2.

CB1



Continuación Figura 8. E) Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en el área total de la distribución de la especie del escenario CB1. **F)** Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en áreas naturales protegidas del escenario CB1.

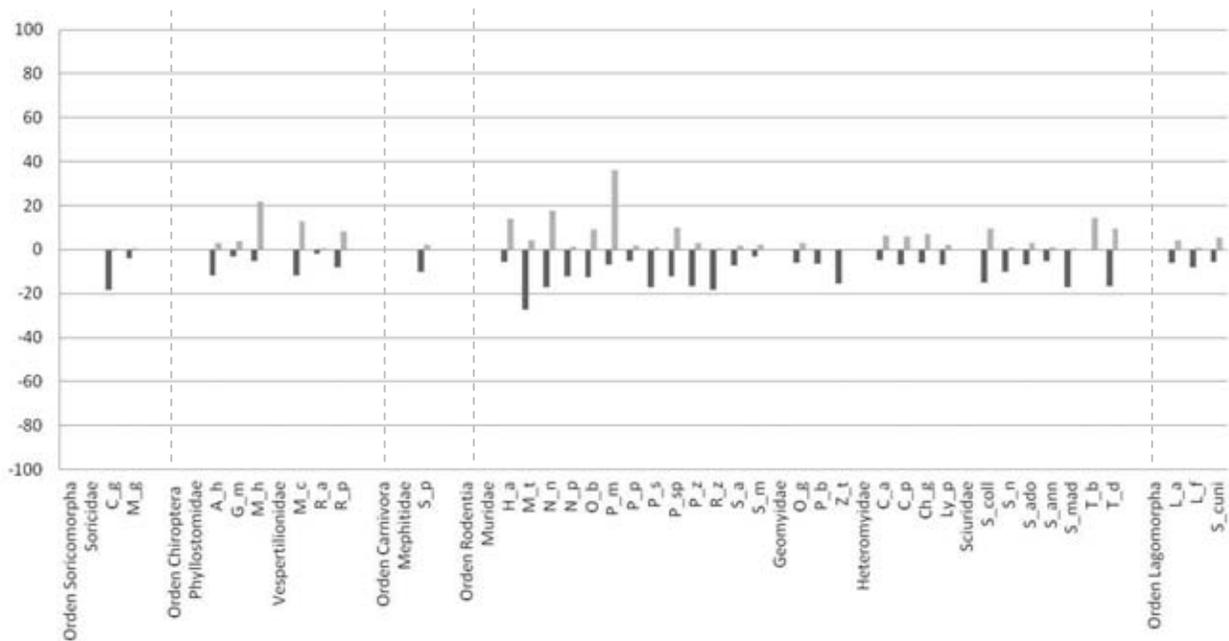
G A2



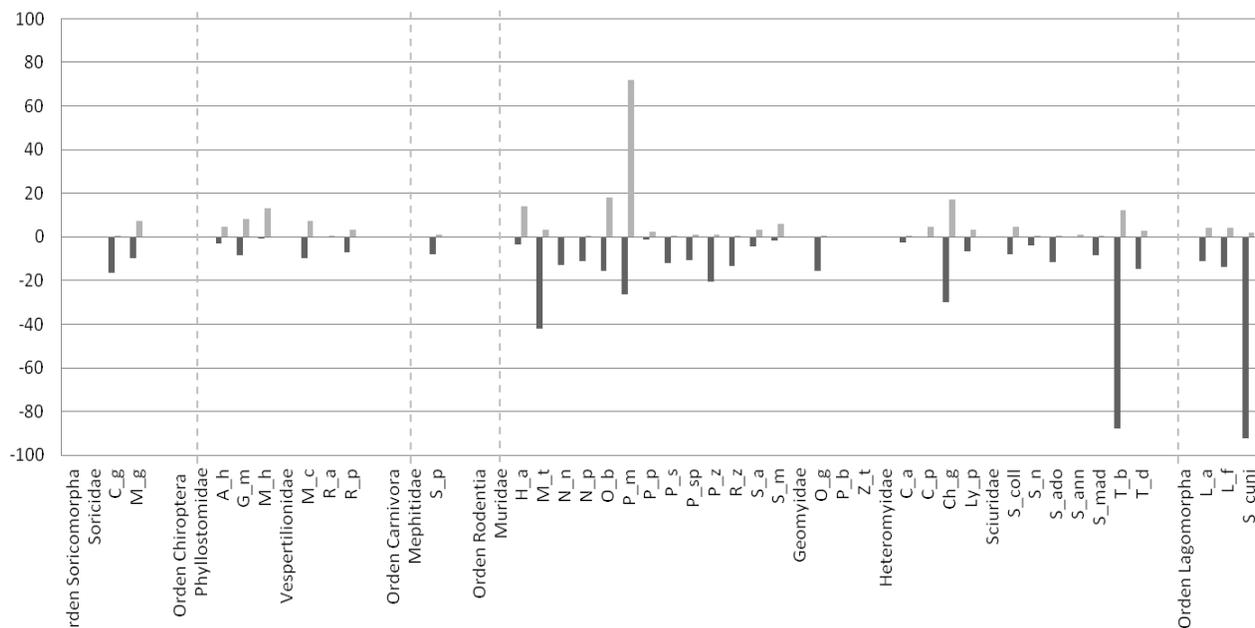
Continuación Figura 8. G) Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en el área total de la distribución de la especie del escenario GAZ2. **H)** Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en áreas naturales protegidas del escenario GAZ2.

GB1

I)

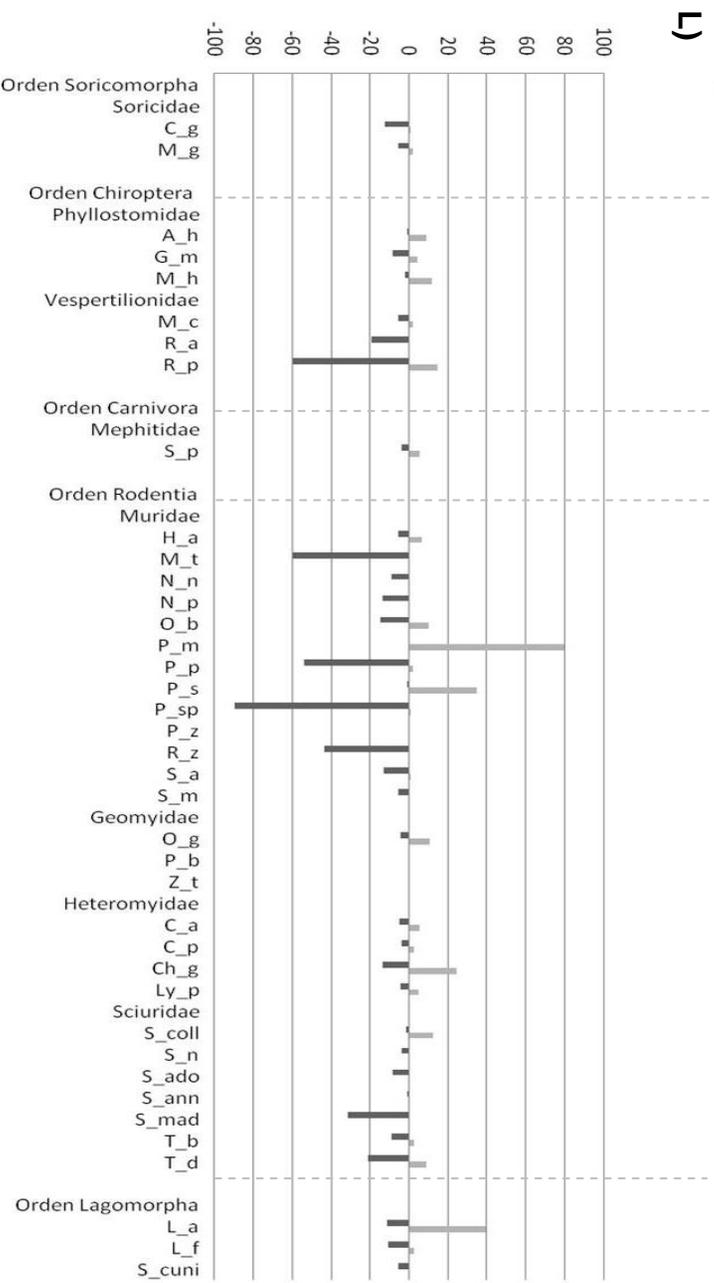
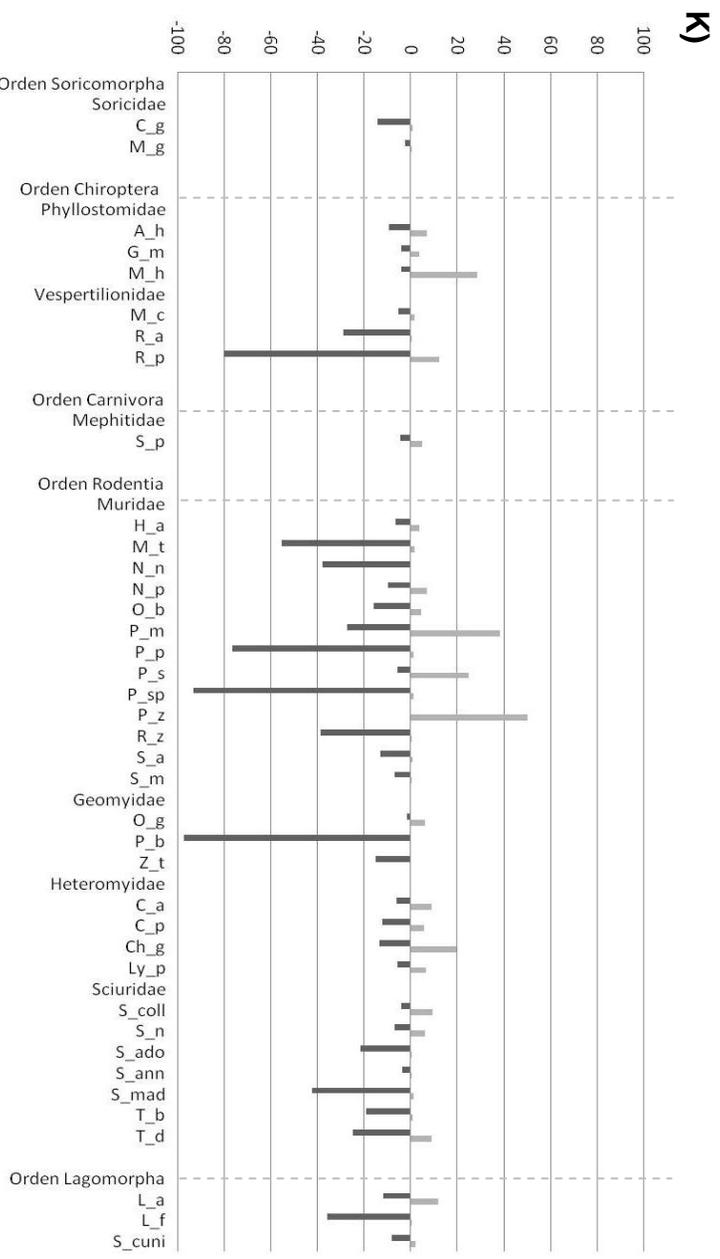


J)



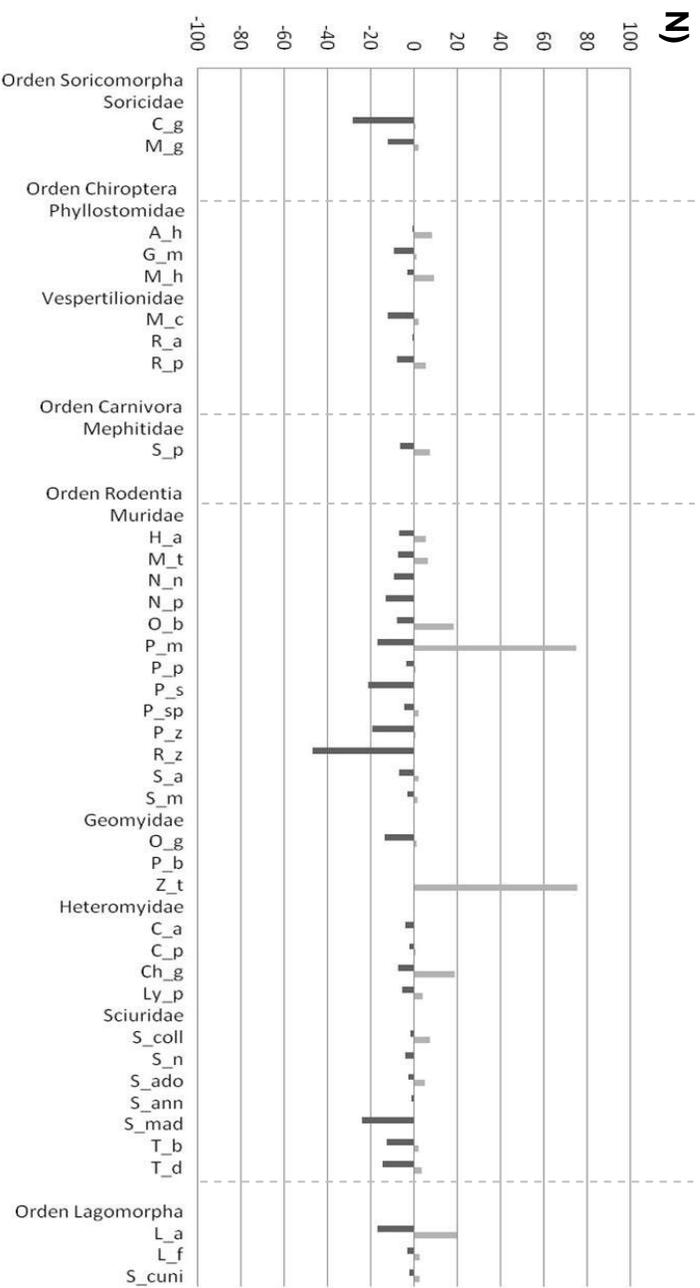
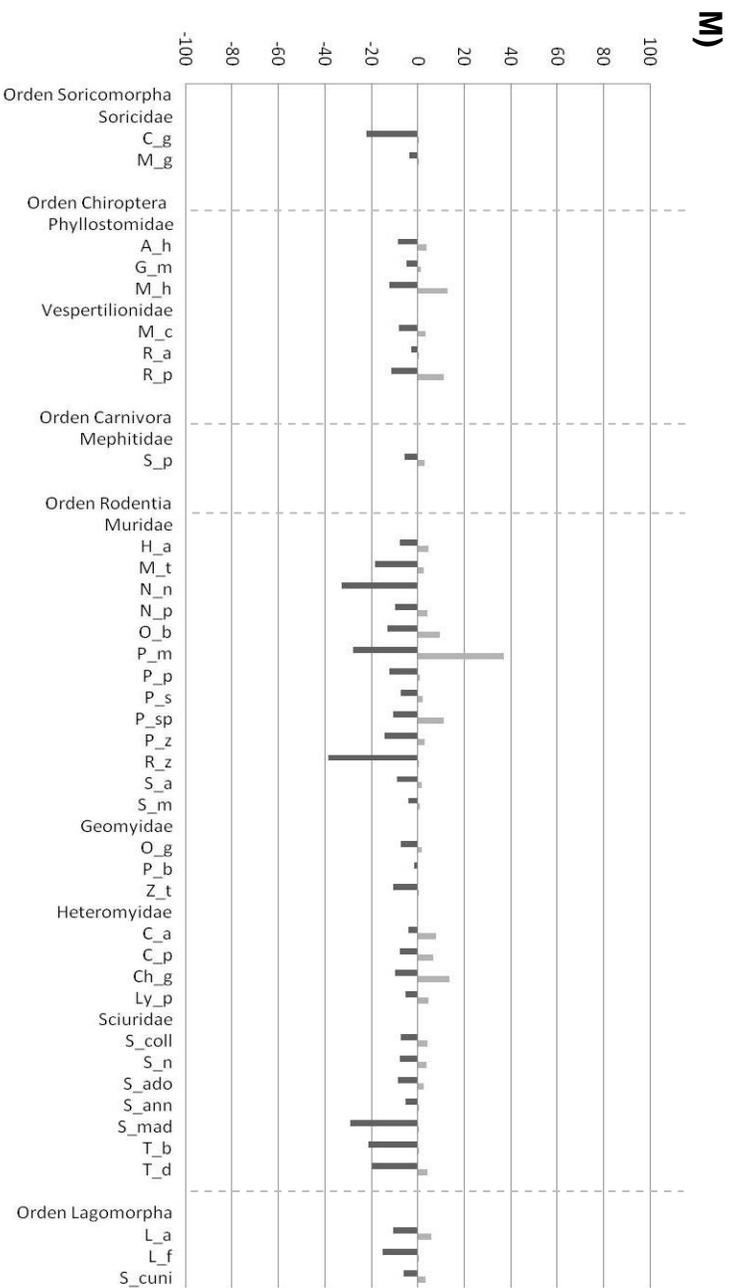
Continuación Figura 8. I) Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en el área total de la distribución de la especie del escenario GB1. **J)** Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en áreas naturales protegidas del escenario GB1.

HA2



Continuación Figura 8. K) Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en el área total de la distribución de la especie del escenario HA2. **L)** Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en áreas naturales protegidas del escenario HA2.

HB2



Continuación Figura 8. (K) Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en el área total de la distribución de la especie del escenario HB2. (L) Porcentaje de pérdida y ganancia de la distribución de las especies en áreas naturales protegidas del escenario HB2.

DISCUSIÓN

Efecto del cambio climático sobre la distribución de las especies

El IPCC (2007) sustenta que el calentamiento global es indudable y es necesario analizar sus consecuencias sobre la distribución de la biodiversidad (Peterson et al. 2002, Conde & Gay 2008). De acuerdo con los análisis realizados, se advierten posibles modificaciones en las áreas adecuadas para la distribución (AAD) de las especies de mamíferos endémicos del occidente de México, siendo la pérdida de área la tendencia dominante.

Las zonas de pérdida en este trabajo coinciden con las áreas donde se ha reportado un aumento de temperatura y aridez para México a causa del cambio climático para las siguientes tres décadas (Villers-Ruiz & Trejo Vázquez 1998, Sáenz-Romero et al 2009). La mayor pérdida en las AAD para los mamíferos endémicos del occidente se observó en zonas de baja altitud y con climas cálidos, principalmente en la Región del Balsas y la planicie costera del Pacífico en el estado de Nayarit, la costa de Guerrero y Chiapas. Este grado de vulnerabilidad en zonas bajas se ha estudiado a partir de la frecuencia registrada de fenómenos extraordinarios como sequías y huracanes, los cuales se explican por los cambios en los patrones globales de precipitación debido al aumento de temperatura (Urbina-Soria & Martínez 2006, Ávila -García 2008).

Además de los factores climáticos, la deforestación y la extracción de agua de las cuencas para aprovechamiento humano también contribuyen al aumento de las condiciones de sequía en la región (Maderrey & Jiménez 2000), por lo que la pérdida de ADD en las zonas previamente mencionadas, puede observarse también en otros grupos taxonómicos como plantas, otros vertebrados como aves y reptiles e invertebrados como insectos (Benítez-Badillo et al. 2010, Sáenz-Romero et al 2012, Friggens et al. 2012).

Se han reconocido dos tipos de patrones de desplazamiento en las distribuciones de las especies ante las modificaciones climáticas. Estos movimientos pueden ser latitudinales (norte-sur) y altitudinales (tierras altas-bajas) (Walther et al. 2002, Parmesan 2006), y se han observado en diferentes estudios en mamíferos pequeños como resultado del cambio climático actual (Myers et al. 2009, Moritz et al. 2008).

Myers et al. (2009) observan un patrón de latitudinal en la región de los Grandes Lagos en Michigan, donde distribuciones sureñas del estado se desplazan al centro del estado, en busca de climas templados. Moritz et al. (2008) realizan un estudio a nivel local en el Parque Nacional de Yosemite, California, encontrando movimientos altitudinales de mamíferos pequeños, el mismo patrón expuesto en este trabajo.

Se observó una tendencia a la reducción de AAD de las especies con preferencia de climas templados. Esto se puede explicar por la relación lineal negativa entre temperatura y altitud (a mayor altitud menor temperatura; Grytnesn & McCain 2007), haciendo que las condiciones ideales se trasladen a zonas más altas.

Las AAD de especies con preferencias de climas cálidos, áridos y tropicales, podrían desplazarse a tierras más altas con respecto a su distribución original, tal como se observa para 11 de las 22 especies con esta afinidad. En este caso, el movimiento latitudinal sobre el territorio no es notable (p. ej. *Chaetodipus goldmani*, *Chaetodipus pernix* y *Lepus alleni*) esto puede deberse a que su desplazamiento es limitado histórica y ecológicamente.

Ante el cambio climático las AAD de las especies pueden ampliarse, contraerse o desaparecer (Schneider & Root 2002, Aráujo et al. 2004). En este caso, se puede decir que las especies con preferencia de climas cálidos y áridos serán las menos afectadas a corto plazo, pues aunque existen pérdidas, tienen la posibilidad de ampliar su AAD a zonas que actualmente son consideradas como templadas. Peterson et al. (2001) proponen un método

que evalúa la posibilidad de extensión para los crácidos de México en los que consideran la capacidad de dispersión para cada especie y la contigüidad en las áreas consideradas como invadibles (Barve et al. 2011). Evaluar esta posibilidad de extensión debe hacerse de forma reservada a pesar de lo propuesto por los modelos, una forma de hacerlo, como en el presente estudio, es delimitar el área accesible (M, Soberón & Peterson 2005).

Aunque los modelos de nicho ecológico no consideran explícitamente las características bióticas, las modificaciones en los patrones de precipitación y aumento de temperatura también afectarán a las especies en sus patrones de alimentación.

La plasticidad fenotípica y genética de los mamíferos ha permitido que se adapten a las modificaciones climáticas (Boutin & Larsen 1993, Réale et al. 2003). Sin embargo, la mayoría de los mamíferos endémicos de este estudio dependen en algún grado de la disponibilidad de presas ectotérmicas (insectos), cuya actividad y abundancia están fuertemente influenciadas por fluctuaciones en la temperatura y precipitación (Sherwin et al. 2012). Un ejemplo de lo anterior es lo observado por Frick et al. (2010), donde algunas poblaciones de murciélagos vespertilionidos (insectívoros) se han visto afectadas negativamente por patrones de sequía asociados al cambio climático. Aquellos que tienen una dieta herbívora y omnívora (por ejemplo *Chaetodipus goldmani*, *Spilogale pygmaea* y *Lepus sp.*) dependen de la productividad primaria cuyo mayor factor limitante es la disponibilidad de humedad en el ambiente (Melillo et al. 1993).

Debido a la ausencia de datos es imposible inferir, mediante éste método, lo que puede suceder con aquellas especies endémicas que no fueron consideradas en el estudio. Sin embargo, es claro que el aumento de temperatura modificará las ADD, en su entorno biótico y abiótico (Levinsky et al 2007).

Efecto del cambio climático sobre ANP

Las ANP son consideradas como herramientas para la mitigación de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad (Arriaga et al. 2000, CONANP 2010). De acuerdo a lo obtenido en este trabajo, la existencia de las ANP, no garantizaría la protección de las AAD en el área de estudio ante el panorama de cambio climático que fue evaluado, ya que la mayoría de las especies presentan mayor porcentaje de pérdida que de ganancia dentro de las ANP.

Lo anterior se ejemplifica con dos casos en este estudio. La Reserva de la Biósfera Zicuirán-Infiernillo se ubica en las tierras bajas de la Cuenca del Balsas, región que podría verse afectada por el aumento de temperatura y el periodo de sequías (Benítez-Badillo et al. 2010). Esta ANP recientemente propuesta en el año 2006 y decretada en el año 2007 (CONANP 2006, SEMARNAT 2007), podría no contar con AAD de 15 de estas 39 especies endémicas de mamíferos para el año 2030 de acuerdo con lo obtenido en este estudio. Un caso similar es la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043, la ANP más extensa en el occidente del país, recategorizada en el 2002 como APRN (Vargas-Márquez & Escobar 2000). Una porción de ésta ANP se encuentra en las tierras bajas cercanas a la costa del estado de Nayarit donde los resultados indican que podría no contar con AAD de 19 de estas 39 especies endémicas de mamíferos para el año 2030.

Lo anterior indica la relevancia de considerar herramientas que evalúen el cambio climático como criterio para la planeación y decreto de las ANP para el occidente de México y el resto del país, ya que en la actualidad sólo se considera la diversidad biológica y rareza del ecosistema.

Además de la conservación biológica, otro punto a considerar sobre la correcta planeación y decreto de las ANP a largo plazo, son los costos económicos y sociales. En estudios donde se evalúan dichos costos se destaca la importancia de considerar el cambio climático como criterio para su selección de nuevas áreas protegidas y evaluación de las ya existentes (Busch et al. 2012, Shaw et al. 2012, Wise et al. 2012). Por lo tanto, se sugiere someter a análisis como el

llevado a cabo en este trabajo la planeación de las nuevas áreas a proteger. De este modo se podrían identificar las zonas adecuadas para la conservación de los ecosistemas de forma efectiva y rentable.

Para complementar este estudio se propone realizar análisis similares sobre el comportamiento de las AAD de las especies de mamíferos no endémicos y de otros grupos taxonómicos en las ANP para tener una visión general de la afectación en los ecosistemas que se desea proteger en el occidente de México y el resto del país ante el cambio climático, ya que se considera sólo la viabilidad social mas no las modificaciones climáticas a futuro.

ANP y categorías de riesgo

En la actualidad las ANP se consideran una efectiva estrategia de planeación territorial para la conservación de los ecosistemas. Alagador et al. (2010) y Virkkala et al. (2013) argumentan que al evaluar su utilidad con modelos de presencia y ausencias por celdas, y al no tomar en cuenta la preferencia de hábitat para las especies dentro de las ANP se corre el riesgo de hacer suposiciones erróneas sobre la efectividad y viabilidad del hábitat protegido, por lo que proponen asignar una clasificación o umbral de probabilidad a cada celda por especie. Sin embargo, diferentes estudios han demostrado que el uso de celdas es de utilidad para estimar la efectividad de las áreas protegidas si se hace a una escala regional donde existe mucha variabilidad de hábitats, como es el occidente de México (Villers-Ruiz & Trejo Vázquez 1998, Ceballos & Oliva 2005).

De acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente en México el decreto y delimitación de las ANP se basa en diferentes criterios entre los que destacan la riqueza de especies, presencia de endemismos, presencia de especies de distribución restringida y en riesgo. Sin embargo, aunque las especies estudiadas en este trabajo tienen

estas características, no cuentan cuentan con un porcentaje mayor al 13% de su distribución ocupada protegida.

Debido a los criterios de delimitación de ANP, las especies con una distribución restringida (*Lepus flavigularis*, *Tamias bulleri* y *Zygogemys trichopus*) se encuentran bajo una categoría de riesgo, y tienen un porcentaje mayor de protección. Sin embargo, el hecho de que tengan una distribución más amplia no implica que no sea necesaria su clasificación bajo una categoría de protección (p. ej. especies norteñas, *Chaetodipus artus*, *Chaetodipus pernix* y *Tamias durangae*). Según el Anexo Informativo II de la NOM-059 (SEMARNAT, 2010), la elección de categoría de riesgo de las especies se basa, primero, en el índice de rareza de acuerdo con su distribución geográfica, características del hábitat y vulnerabilidad biológica intrínseca; y segundo, el índice de impacto antropogénico de acuerdo con la actividad humana y la viabilidad de las poblaciones. Ésta clasificación se modifica a un menor grado de protección si no se tiene información sobre la biología y distribución de la especie (por ejemplo, *Hodomys alleni*, *Peromyscus simulus*, *Peromyscus spicilegus*, *Reithrodontomys zacatecae*). La ausencia de información de las especies y la falta de consideración del efecto del cambio climático sobre su distribución, representan un sesgo para establecer una categoría de riesgo que cubra sus necesidades de protección.

Por último, se puede observar que los esfuerzos de protección mediante ANP no se encuentran distribuidos heterogéneamente en el área de estudio. La zona norte del occidente de México cuenta con menos áreas protegidas y es la región que muestra menos pérdidas de AAD para los mamíferos endémicos para el año 2030, mientras que la zona centro y sur podría ser la más afectada y es donde se ubica la mayor proporción de territorio protegido.

Precisiones y consideraciones del método

En el área de la bioinformática es de gran utilidad que exista información biológica y de libre acceso (Graves 2000, Peterson et al. 2003); sin embargo, esta es aún insuficiente. Debido a la ausencia de datos las especies consideradas para este estudio representan sólo el 40% de las reportadas como endémicas en el área de estudio (Ceballos, et al. 2002, Ceballos & Arroyo 2012), dejando fuera a especies que por su rareza pueden encontrarse en peligro ante las modificaciones climáticas futuras y no es posible hacer uso de estas herramientas para evaluarlo (Araujo & Guisan 2006)

Al hacer la interpretación de los datos es necesario resaltar que el tamaño de la muestra y el sesgo de muestreo (Syfert et al. 2013), pueden afectar la precisión de los modelos y son fuente de errores que hay que considerar durante la construcción e interpretación de los resultados (Araújo & Pearson, 2005). Por lo anterior, en este trabajo se presenta la información del número de registros con los que elaboraron los modelos y fueron tomados en cuenta para su interpretación.

Una aplicación común de los MNE es transferir la hipótesis de distribución del nicho a otro tiempo o espacio (Peterson et al. 2002, Waltari & Guralnick 2009), por lo tanto, asumir la conservación de nicho ecológico es un supuesto necesario para dichas transferencias (Guisan & Thullier 2005). Si bien los modelos son una herramienta útil, es necesario tomar en cuenta que existen, interacciones bióticas, dinámica de poblaciones, procesos de adaptación y barreras a la libre dispersión que generan respuestas diferentes a lo propuesto por un modelo (Václavík & Meentemeyer 2012). Por lo tanto, es necesario resaltar la historia natural y biogeográfica de las especies al interpretar los resultados (Peterson et al. 2001).

Su habilidad de predecir correctamente las áreas climáticamente adecuadas depende también de las condiciones de extrapolación (Elith et al. 2010, Hill et al. 2011). Es necesario

identificar *a priori*, las condiciones ambientales o áreas que son inapropiadas para transferir y que los modelos las consideran como probables para su distribución. El hacer un análisis MOP (Owens et al. 2013), como el realizado en este trabajo, permite eliminar estas condiciones de extrapolación de la interpretación, aumentando la precisión de las predicciones (Pearson et al. 2006).

La delimitación adecuada del área para la proyección del modelo también es un componente que debe ser considerado, ya que la distribución de una especie es el resultado de una combinación de factores, como el área accesible (M), las condiciones ambientales adecuadas (A) y las condiciones bióticas necesarias (B, modelo; BAM, Soberón & Peterson 2005). Al reducir la proyección al occidente de México y limitar el área accesible por especie, de acuerdo con su historia natural reduce la incertidumbre del modelo (M, Barve et al. 2011).

Si bien tomar en consideración todo lo mencionado anteriormente permite aumentar la precisión de las predicciones, no garantiza su fiabilidad, ya que algunos resultados se explican por una lógica del algoritmo, más no tienen un sentido biológico. Luna-Vega et al. (2012) se refieren a estos resultados como inconsistencias del método y proponen que pueden deberse a la transferencia de las condiciones presentes a los escenarios futuros. Un ejemplo de lo anterior es el caso de las especies *Peromyscus megalops*, y *Zygogeomys trichopus*, que en los modelos del presente muestran una distribución más amplia a la reportada, y a futuro en el escenario CA1B, muestran mayor incremento, siendo el escenario más conservador. Estas especies tienen preferencia por zonas altas y climas templados, los cuáles se podrían ver afectados y reducidos por el cambio climático. Por lo tanto no se puede asumir que el resultado de los modelos siempre es acertado.

La elección de escenarios y el tiempo para las proyecciones también son un factor determinante en el resultado del estudio. Éstos están clasificados de moderados (B1) a catastróficos (A2) (Nakicenovic & Stewart 2000) por lo tanto los resultados responden a estas

tendencias. A pesar de que las tendencias observadas en este trabajo son similares entre los escenarios (disminución de zonas templadas), son los A2 los que predicen mayor porcentaje de pérdida de las condiciones adecuadas para la distribución de las especies y los B1 menos drásticas.

El aumento en tiempo de proyección incrementa la incertidumbre del modelo (Rehfeldt et al. 2009). Trejo et al. (2011) reportaron el efecto del cambio climático para el año 2050 con escenarios HAD y GDFL, sobre 61 especies de mamíferos, siete de ellas coinciden con el presente estudio (*A. hirsutus*, *S. pygmaea*, *L. flavigularis*, *O. grandis*, *M. thomasi*, *M. gigas* y *S. cunicularius*). Para el año 2050 se indica una pérdida hasta del 80% de pérdida de en su distribución. En este trabajo la pérdida reportada no es tan alta (<30%) para estas especies. Si bien se puede asumir que la pérdida de condiciones adecuadas para su distribución es mayor por el tiempo de exposición a las modificaciones climáticas, no se puede obviar que a mayor tiempo de proyección, existe mayor incertidumbre (Sáenz-Romero et al. 2009) y es necesario tomar estas predicciones con cautela. Por lo tanto, cuando se hacen modelos de nicho ecológico es importante distinguir qué resultado es producto de la respuesta biológica y qué resultado es producto en términos de probabilidad y artificios del modelo, siempre reduciendo el grado de imprecisión mediante el procesamiento adecuado de los datos climáticos y biológicos.

En diferentes estudios de biodiversidad se ha reconocido mayor riqueza específica en altitudes y precipitaciones intermedias (McCain 2004), lo cual puede deberse al solapamiento de las comunidades bióticas con diferentes preferencias climáticas (tanto cálidas como templadas, Grytnes & McCain 2007). Este patrón de riqueza y el desplazamiento de las AAD para las especies de mamíferos endémicos del occidente de México ante el cambio climático, de tierras a bajas a zonas más altas de su distribución original, hace de las zonas de altitud intermedia y alta, áreas prioritarias de la conservación. Por lo tanto, se plantea dedicar los esfuerzo de protección en estas franjas, que pueden fungir como corredores biológicos

hacia tierras altas o como áreas de establecimiento de nuevas poblaciones (Rosenberg et al. 1997).

Finalmente, éste trabajo propone replantear el decreto de áreas naturales protegidas tomando como criterio adicional el efecto del cambio climático sobre las especies y los ecosistemas que se desea proteger .

CONCLUSIONES

Las zonas de mayor pérdida de áreas adecuadas para la distribución de las especies endémicas del occidente de México son, la Cuenca del Balsas y la planicie costera del Pacífico en los estados de Nayarit, Guerrero y Chiapas, debido a los cambios en los patrones de precipitación por el aumento de temperatura estimados para México.

Existe un patrón de desplazamiento altitudinal, las especies con preferencia de climas templados se extienden a tierras más altas y se pierde parte de la distribución original. Aquellas distribuciones en climas cálidos y áridos tienden a extenderse también a tierras altas y sufrir pérdidas en tierras bajas.

La clasificación de las especies bajo una categoría de riesgo sin considerar los efectos del cambio climático sobre su distribución representan un sesgo para su protección y conservación.

Aunque las ANP son consideradas como herramientas para la mitigación de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad, no serán efectivas antes los efectos potenciales del cambio, y no cumplirán su función de protección del ecosistema bajo los escenarios propuestos en el área de estudio, por lo tanto el nuevo decreto de nuevas ANP debería considerar el efecto de cambio climático como criterio para su delimitación.

Los modelos de nicho ecológico son una herramienta útil para evaluar el efecto del cambio climático sobre la biodiversidad, sin embargo es necesario un apropiado manejo de los datos biológicos y climáticos previos al análisis y su adecuada interpretación biológica para tener un resultado con mayor precisión.

LITERATURA CITADA

- ALAGADOR, D., MARTINS, M.J., CERDEIRA, J.O., CABEZA, M., ARAÚJO, M.B. 2010. A probability-based approach to match species with reserves when data are at different resolutions. *Biological conservation* 144: 1-10.
- ARAÚJO, M.B., CABEZAS M., THUILLER, W., HANNAH, L., WILLIAMS, P.H. 2004. Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* 10:1618-1626.
- ARAÚJO, M.B. & PEARSON, R.G. 2005. Equilibrium of species' distributions with climate. *Ecography* 28: 693-695.
- ARAÚJO, M.B. & NEW, M. 2006. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution* 21:42-47.
- ARAÚJO, M.B. & GUISAN, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33, 1677-1688.
- ARAÚJO, M.B., ALAGADOR, D., CABEZA, M., NOGUÉS-BRAVO, D., THUILLER, W. 2011. Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters* 14: 484–492.
- ÁVILA-GARCÍA, P. 2008. Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica y escenarios de crisis por el agua en México. *Ciencias* 90: 46-57.
- AYALA, R., GRISWOLD, T.L., BULLOCK, S. H. 1993. The Native bees of México. En: *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A., Fa, J. (Eds.), Oxford University Press. Oxford, UK.
- ARRIAGA, L., ESPINOZA, J.M., AGUILAR, C., MARTÍNEZ, E., GÓMEZ, E., L., LOA, E. (EDS). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF.

- BALLESTEROS-BARRERA, C., MARTINEZ-MEYER, E., GADSDEN, H. 2007. Effects of Land-Cover Transformation and Climate Change on the Distribution of Two Microendemic Lizards, Genus *Uma*, of Northern Mexico. *Journal of Herpetology* 41: 733–740.
- BALLESTEROS-BARRERA, C. 2008. Efecto del cambio climático global en la distribución de especies del Desierto Chihuahuense. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, DF.
- BARVE, N., BARVE, V., JIMÉNEZ-VALVERDEA, A., LIRA-NORIEGAA, A., MAHERA, S.P., PETERSON, A.T., SOBERÓN, J., VILLALOBOS, F., 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling* 222 1810-1819.
- BENÍTEZ-BADILLO, G., HERNÁNDEZ-HUERTA, A., EQUIHUA-ZAMORA, M. E., MEDINACHENA, A., ÁLVAREZ-PALACIOS, J. L., IBÁÑEZ-BERNAL, S., DELFIN-ALONSO, C. 2010. Biodiversidad y cambio climático. Contribución del INECOL en el Marco el Programa Veracruzano ante el Cambio Climático (PVCC). Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) Departamento de Ecología Aplicada. Xalapa, Veracruz.
- BOUTIN, S. & LARSEN, K. W. 1993. Does food availability affect growth and survival of males and females differently in a promiscuous small mammal, *Tamiasciurus hudsonicus*?. *Journal of Animal Ecology* 364-370.
- BRIONES-SALAS, M. & SÁNCHEZ-CORDERO V. 2004. Mamíferos. En: Biodiversidad de Oaxaca. García, A.J., Ordóñez, M.J., Briones, M. (Eds.). Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México - Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza. World Wildlife Foundation. Oaxaca, México.
- BUSCH, J., DAVE, R., HANNAH, L., CAMERON, A., RASOLOHERY, A., ROEHRDANZ, P., SCHATZ, G. 2012. Climate Change and the Cost of Conserving Species in Madagascar. *Conservation Biology* 26: 408-419.

- CARDENAS, M.J. (ED.) 2010. México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. Greenpeace, México, DF.
- CEBALLOS, G., RODRÍGUEZ, P., MEDELLIN, R.A. 1998. Assessing conservation priorities in megadiverse Mexico: Mammalian diversity, endemism and endangerment. *Ecological Applications* 8: 8-17.
- CEBALLOS, G. 1999. Áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos de México. *Biodiversitas* 5: 2-8.
- CEBALLOS, G., ARROYO-CABRALES, J., MEDELLÍN, R.A. 2002. Mamíferos de México. Distribución y conservación de los Mamíferos Neotropicales. G. Ceballos y J. A. Simonetti (Eds). CONABIO-UNAM. México, DF.
- CEBALLOS, G. & OLIVA, G. 2005. Los mamíferos silvestres de México. CONABIO- Fondo de Cultura Económica. México, DF.
- CEBALLOS, G., MARTÍNEZ, L., GARCÍA, A., ESPINOZA, E., CREEL, J.B., DIRZO, R. 2010. Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las Selvas Secas del Pacífico de México. CONABIO-Fondo de Cultura Económica. México, DF.
- CEBALLOS, G. & ARROYO-CABRALES, J. 2012. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012 *Revista mexicana de Mastozoología Nueva época* 1: 27-82.
- CIT, Centro de Investigaciones tropicales (EDS.) 2003. Hacia una evaluación de las áreas naturales protegidas del trópico mexicano. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- CONANP Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2006. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento de la Reservad de la Biosfera Zicuirán Infiernillo. México, DF.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2010. Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas. 2da Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, DF.

- CONDE, C. 2007. México y el cambio climático global. SEMARNAT-UNAM, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional Autónoma de México, DF.
- CONDE, C., GAY, C. (COORDS.) 2008. Guía para la generación de escenarios de cambio climático a escala regional. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México, DF.
- CONTRERAS-MEDINA, R., LUNA-VEGA, I., RÍOS-MUÑOZ, C.A. 2010. Distribución de *Taxus globosa* (Taxaceae) en México: Modelos ecológicos de nicho, efectos del cambio del uso de suelo y conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* 83: 421-433.
- CRUZ-LARA L.E., LORENZO, C., SOTO, L., NARANJO E., RAMÍREZ-MARCIAL, N. 2004. Diversidad de mamíferos en cafetales y selva mediana de las cañadas de la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 20: 63-8.
- DODD, L.E. & PEPE M.S. 2003. Partial AUC estimation and regression. *Biometrics* 59: 614–623.
- ELITH, J., KEARNEY, M., PHILLIPS, S. 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution* 1: 330-342.
- ELITH, J., PHILLIPS, S.J., HASTIE, T., DUDÍK, M., CHEE, Y.E., YATES, C.J. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distribution* 17: 43-57.
- ESPINOSA-ORGANISTA, D., AGUILAR-ZÚÑIGA, C., ESCALANTE-ESPINOSA, T. 2001. Endemismo, áreas de endemismos y regionalización biogeográfica. En: Llorente-Bousquets, J. & Morrone, J. J. (Eds.). *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: Teorías, métodos y aplicaciones*. Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, DF.
- FA J. & MORALES L.M. 1993. Patterns of Mammalian diversity. En: Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A., Fa, J. (Eds.). *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- FEOLI-BORASCHI, S. 2009. Corredores biológicos: una estrategia de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas. *Kurú: Revista Forestal (Costa Rica)* 6.

- FERRARI, L., PASUQRÈ, G., VENEGAS-SLAGADO, ROMERO-RÍOS, F. 1999. Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco block. Geological Society of America, Special Paper: 334.
- FIGUEROA F. & SÁNCHEZ-CORDERO, V. 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity Conservation* 17: 3223–3240.
- FLORES-VILLELA, O. 1993. Herpetofauna of México: Distribution and endemism. En: *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A., Fa, J. (Eds.). Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- FRICK, W., REYNOLDS, D., KUNZ, T. 2010 Influence of climate and reproductive timing on demography of little brow, myotis *Myotis lucifugus*. *Journal of Animal Ecology* 79: 128-136.
- FRIGGENS, M., WARWELL, M.V., CHAMBER, J.C., KITCHEN, S.G. 2012. Modeling and predicting vegetation response of western USA grasslands, shrublands, and deserts to climate change. USDA Forest Service, Estados Unidos.
- GAONA-RAMÍREZ, S., LÓPEZ-ORTEGA, G., CASTRO-CAMPILLO, A. 1990. Zonas de México con contenido mastozoológico notable. II Simposio Internacional sobre áreas naturales protegidas. 22 al 26 de octubre 1990. Memorias. UNAM, México, DF.
- GARCÍA-TREJO, E. & 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: 167-185.
- GÓMEZ-MENDOZA, L. & ARRIAGA, L. 2007. Modeling the effect of climate change on the distribution of oak and pine species of Mexico. *Conservation Biology* 21: 1545–1555.
- GRAVES, G. R. 2000. Costs and benefits of Web access to museum data. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 374.

- GRINNELL, J. 1917. Field tests of theories concerning distributional control. *American Naturalist* 51:115-128.
- GRYTNESN, J.A. & McCain C. 2007. Elevational trends in biodiversity. *Encyclopedia of Biodiversity* 1: 1-8.
- GUISAN, A., & ZIMMERMANN, N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modeling* 135: 147–186.
- GUISAN, A., THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8: 993-1009.
- HALL, E. R. 1981. *The Mammals of North America*, John Wiley & Sons, 2a ed. New York, NY.
- HANNAH L., MIDGLEY, G., ANDELMAN, S., ARÁUJO, M., HUGHES, G., MARTINEZ-MEYERS, E., PARSON, R., WILLIAMS, P. 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 131–138.
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S., PARRA, J.L., JONES, P.G., JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- HILL, M.P., HOFFMANN, A.A., MACFADYEN, S., UMINA, P.A., ELITH, J. 2011. Understanding niche shifts: using current and historical data to model the invasive red legged earth mite, *Halotydeus destructor*. *Diversity and Distribution* 18: 191–203.
- HOUGHTON, J.T., DING, Y., GRIGGS, D.J. (EDS.). 2001. *Climate change 2001: the scientific basis*. Cambridge University Press, New York, NY.
- HUTCHINSON, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415-427.
- IHAKA, R. & GENTLEMAN, R. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *J. Comput. Graph. Stat* 5: 299–314.

- ILLOLDI-RANGEL, P., LINAJE, M.A., SÁNCHEZ-CORDERO, V. 2002. Distribución de los mamíferos terrestres en la región del Golfo de California, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, 73 (2): 213-224.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). 2007. *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H. L. (Eds.). Cambridge University Press.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE). 2013. *The physical science Basis. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report*. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Midgley, P. M. (Eds.) Cambridge University Press.
- INE-SEMARNAT. Instituto Nacional de Ecología- Secretaría del Medio Ambiente de Recursos Naturales. 2006. *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México, DF.
- ÍÑIGUEZ-DÁVALOS, L. I. & SANTANA, E. 1993. Patrones de distribución y riqueza de los mamíferos terrestres del Occidente de México. En: *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Medellín, R. A. & Ceballos, G. (Eds.). Asociación Mexicana de Mastozoología. México, DF.
- ÍÑIGUEZ, L. I., & SANTANA, E. 2005. Análisis mastofaunístico del estado de Jalisco. En: *Contribuciones Mastozoológicas en Homenaje a Bernardo Villa*. Sánchez-Cordero, V., & R. A. Medellín (Eds.). Instituto de Biología, Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF.
- JIANG, Y., METZ C.E., NISHIKAWA R.M. 1996. A receiver operating characteristic partial area index for highly sensitive diagnostic tests. *Radiology*, 201: 745–750.

- JIMÉNEZ-VALVERDE, A., LOBO, J.M., HORTAL, J. 2008. Not as good as they seem: the importance of concept in species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 14: 885-890.
- LAVARIEGA, M.C., MARTIN-REGALADO N., GÓMEZ-UGALDE, R.M. 2012. Mamíferos del centro occidente de Oaxaca, México. *Therya* 3: 349-370.
- LEVINSKY, I., SKOV, F., SVENNING, J.C., RAHBEK, C. 2007. Potential impacts of climate change on the distributions and diversity patterns of European mammals. *Biodiversity and Conservation* 16, 3803–3816.
- LLORENTE-BOUSQUETS, J. & LUIS-MARTÍNEZ, A. 1993. Analysis of Mexican butterflies: Papilionidae (Lepidoptera, Papilionoidea). En: *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A., Fa, J. (Eds.). Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- LOARIE S.R., P.B. DUFFY, H. HAMILTON, G. ASNER, C. FIELD, D. ACKERLY. 2009. The velocity of climate change. *Nature* 462: 1052-1055.
- LUGO-HUBP, J. 1990. El relieve de la República Mexicana. *Revista del Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México* 9: 82- 111.
- LUNA-VEGA, I., ALCÁNTARA-AYALA O., CONTRERAS-MEDINA, RÍOS-MUÑOZ C.A. 2012. Ecological niche modeling on the effect of climatic change and conservation of *Ternstroemia lineata* DC. (Ternstroemiaceae) in Mesoamerica. *Botany* 90: 637–650.
- MADEREY, L. E. & JIMÉNEZ A. 2000. Los Recursos Hidrológicos del Centro de México ante un Cambio Climático Global. En: *México: Una visión hacia el siglo XXI. El Cambio Climático en México*. Gay-Grcía, C. (Comp.). Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.

- MÁRQUEZ, F.V. & ESCOBAR, S. (EDS.) 2000. Áreas Naturales Protegidas de México con decretos Federales. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca y Red para el desarrollo sostenible. México, DF.
- MARTÍNEZ, J. & FERNÁNDEZ, A. 2004. Cambio climático: Una Visión desde México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología. México, DF.
- MARTÍNEZ-MEYER, E. 2004. Ecological niches as stable distributional constraints on mammal species, with implications for Pleistocene extinctions and climate change projections for biodiversity. *Global Ecology and Biogeography* 13:305-314.
- MARTÍNEZ-MEYER, E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species' potential distributions. *Biodiversity Informatics* 2:42-55.
- Mc CAIN, C.M. 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 31:19-31.
- MELILLO, J.M., CALLAGHAN, T.V., WOODWARD, F.I., SALATI, E., SINHA, S.K. 1990. En: *Effects on Ecosystem in Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*. J. T. Houghton, G. J. Jenkins, J. J. Ephraums (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido.
- MELILLO, J., McGUIRE, A.D., KICKLIGHTER, D., MOORE, B., VOROSMARTY, C.J., SCHLOSS. 1993. Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature* 363: 234-240.
- MORITZ, C., PATTON, J.L., CONROY, C.J., PARRA, J.L., WHITE, G.C., BEISSINGER, S.R. 2008. Impact of a Century of Climate Change on Small-Mammal Communities in Yosemite National Park, USA. *Science* 322: 261-264.

- MYERS, P., LUNDRIGAN, B., HOFFMAN, S., HARAMINAC A.P., SETO, S. 2009. Climate-induced changes in the small communities of the Northern Great Lakes Region. *Global Change Biology* 15: 1434-1454.
- NAKICENOVIC, N. & STEWART, R. (EDS.) 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- NIX, H. A. 1986. BIOCLIM- a bioclimatic analysis and prediction system. C. S. I. R. O. Division Water and Land Resources Research Annual Report. 59-60. Canberra, Australia.
- NÚÑEZ-GARDUÑO, A. 2005. Los mamíferos silvestres de Michoacán, diversidad, biología e importancia. Universidad Michoacana de San Nicholas Hidalgo, Coordinación de Investigación científica. Morelia, Michoacán.
- OLSON, D., DINERSTEIN, E., ABELL, R., ALLNUTT, T., CARPENTER, C., MCCLENACHAN, L., D'AMICO, J., HURLEY, P., KASSEM, K., STRAND, H., TAYE M., THIEME, Y.M.. 2000. *The Global 200: A Representation Approach to Conserving the Earth's Distinctive Ecoregions*. World Wildlife Fund. Washington, DC.
- ORTEGA-HUERTA, M. A. & PETERSON, A. T. 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79:205-216.
- OWENS, H.L., CAMPBELL, L.P., DORNAK, L.L., SAUPE, E.E., BARVE, N., SOBERÓN, J., INGENLOFF, K., LIRA-NORIEGA, A., CHRISTOPHER M. HENSZ, MYERS, C.E., PETERSON, A.T. 2013. Constraints on Interpretation of Ecological Niche Models by Limited Environmental Ranges on Calibration Areas. *Ecological Modelling* 263, 10-18.
- PARRA-OLEA, G., E. MARTÍNEZ-MEYER, G. PÉREZ-PONCE DE LEÓN. 2005. Forecasting climate change effects on salamander distribution in the highlands of central Mexico. *Biotrópica* 37: 202-208.

- PARMESAN, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 37: 637-669.
- PEARSON, R.G., THUILLER, W., ARAÚJO, M.B., MARTINEZ-MEYER, E., BROTONS, L., MCCLEAN, C., MILES, L., SEGURADO, P., DAWSON, T.P., LEES, D.C. 2006. Model-based uncertainty in species range prediction. *Journal of Biogeography* 33 1704-1711.
- PETERSON, A.T. & NAVARRO-SIGÜENZA, A.G. 2000. Western Mexico: a significant centre of avian endemism and challenge for conservation action. *Cotinga* 14: 42-46.
- PETERSON, A.T., EGBERT, S.L., SÁNCHEZ-CORDERO, V., PRICE, K.P. 2000. Geographic analysis of conservation priorities using distributional modeling and complementarity: endemic birds and mammals in Veracruz, Mexico. *Biological Conservation* 93: 85-94.
- PETERSON, A.T. 2001. Predicting species' geographic distribution based on ecological niche modeling. *The Condor* 103: 599-605.
- PETERSON, A.T., SÁNCHEZ-CORDERO, V., SOBERÓN, J., BARTLEY, J., BUDDEMEIER, R.W., NAVARRO-SIGÜENZA, A.G. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144:21-30.
- PETERSON, A.T., ORTEGA-HUERTA, M.A., BARTLEY, J., SÁNCHEZ-CORDERO, V., SOBERÓN, J., BUDDEMEIER, R.H., STOCKWELL, D.R.B. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629.
- PETERSON, A.T., VIEGLAIS, D.A., NAVARRO-SIGÜENZA, A.G., SILVA, M. 2003. A global distributed biodiversity information network: building the world museum. *Bulletin of British Ornithologist Club* 123:168-196.
- PETERSON, A.T. & KLUZA, D.A. 2005. Ecological niche modeling as a new paradigm for large-scale investigations of diversity and distribution of birds., U.S. Department of Agriculture Forest Service. Asilomar, California.

- PETERSON, A.T., PAPES, M., SOBERÓN, J. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling* 213: 63-72.
- PETERSON, A. T., SOBERÓN, J., ANDERSON, R.P., PEARSON, R.G., MARTÍNEZ-MEYER, E., NAKAMURA, M., ARAÚJO, M. B. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions: A Modeling Perspective*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- PETERSON, A.T. 2012. Niche modelling: Model Evaluation. *Biodiversity Informatics* 8: 41.
- PHILLIPS, S.J., DUDÍK, M., SCHAPIRE, R.E. 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Twenty-First International Conference on Machine Learning* 655-662.
- PHILLIPS, S.J., ANDERSON, R.P., SCHAPIRE, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231–259.
- PHILLIPS, S.J. & DUDÍK, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.
- PIMM, S.L. 2008. Biodiversity: climate change or habitat loss - which will kill more species?. *Current Biology* 18:117-119.
- RAMAKRISHNA, B. 1997. Extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Serie de Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica.
- RAMAMOORTHY, T. P., BYE, R., LOT, A., FA, J. (EDS.) 1993. *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.
- RAMÍREZ-PULIDO, J. 1999. *Catálogo de autoridades de los mamíferos terrestres de México*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. SNIB-CONABIO. México, DF.

- RAMOS-VIZCAÍNO, I., GUERRERO, S., HUERTA, F.M. 2007. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:175–189.
- RÉALE, D. McADAM, A.G., BOUTIN, S., BERTEAUX, D. 2003. Genetic and plastic responses of a northern mammal to climate change. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* 270: 591-596.
- REHFELDT, G.E., FERGUSON, D.E., CROOKSTON, N.L. 2009. Aspen, climate, and sudden decline in western USA. *Forest Ecology and Management* 258:2353–2364.
- REILLY, J., STONE, P.H., FOREST, C.E., WEBSTER, M.D., JACOBY, H.D., PRINN, R.G. 2001. Uncertainty and climate change assessments. *Science* 293: 430-433.
- RETANA O.G. & LORENZO, C. 2002. Lista de los mamíferos terrestres de Chiapas, Endemismo y estado de conservación. *Acta Zoológica Mexicana Nueva Serie*, 85: 25-49.
- RÍOS-MUÑOZ, C.A. & A. G. NAVARRO-SIGÜENZA. 2009. Efectos del cambio de uso de suelo en la disponibilidad hipotética de hábitat para los Psitácidos de México. *Ornitología tropical* 20 491-509.
- ROBERTS, D.R. & HAMANN, A. 2011. Predicting potential climate change impacts with bioclimate envelope models: a palaeoecological perspective. *Global Ecology and Biogeography* 1-13.
- RODRÍGUEZ, P., SOBERÓN J., ARITA, H. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana Nueva Serie* 89: 241-259.
- ROSENBERG, D.K., NOON, B.R., MESLOW, C.E. 1997. Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy. *BioScience* 47: 677-687.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa, México, D.F.

- RZEDOWSKI, J. 1990. Vegetación potencial. En. Instituto de Geografía. Atlas Nacional de México, Vol. II, IV.8.2. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- SÁENZ-ROMERO, C., REHFELDT, G.E., CROOKSTON, N.L., DUVAL, P., ST-AMANT, R., BEAULIEU, J., RICHARDSON, B.A. 2009. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic change* 1-29.
- SÁENZ-ROMERO, C., MARTÍNEZ-PALACIOS, A., GÓMEZ-SIERRA, J.M., PÉREZ-NASSER, N., SÁNCHEZ-VARGAS, N.M. 2012. Estimated decoupling of *Agave cupreata* populations to their suitable. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 18: 291-301.
- SAUPE, E. E., BARVE, V., MYERS, C.E., SOBERÓN, J., BARVE, N., HENSZ, C.M., PETERSON, A.T., OWENS, H.L., LIRA-NORIEGA, A. 2012. Variation in niche and distribution model performance: The need for a priori assessment of key causal factors. *Ecological Modelling* 237: 11-22.
- SCHNEIDER, S.H., & T. ROOT. 1998. Climate change. En: Status and trends of the nation's biological resources. MAC, M.J., OPLER, P.A., PUCKETT C.E, HAECKER, P., DORAN D., (EDS.). United States Geological Survey. Reston, Virginia.
- SCHNEIDER, S.H., & T.L. ROOT. 2002. Wild life responses to Climate Change. North America case Study. Island Press. Washington, DC.
- SEAVY, N.E., DYBALA, K.E., SNYDER, M.A. 2008. Climate Models and Ornithology. *The Auk* 125: 1-10.
- SEMARNAT. (SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES). 2007. Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con la categoría de Reserva de la Biosfera, la región conocida como Zicuirán-Infiernillo, localizada en los municipios de

Arteaga, Churumuco, La Huacana y Tumbiscatío, en el Estado de Michoacán. Diario Oficial de la Nación. Primera Sección 1-16.

SEMARNAT, 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 Nación. Segunda Sección 1-78.

SHAW, M.R., KLAUSMEYER, K., CAMERON, D.R., MACKENZIE, J., ROEHRDANZ, A.P. 2012. Economic Costs of Achieving Current Conservation Goals in the Future as Climate Changes. *Conservation Biology* 26: 385–396.

SHERWIN, H.A., MONTGOMERY, W.I., LUNDY, W.I. 2012. The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Review*.

SINERVO, B., MENDEZ-DE-LA-CRUZ, F., MILES, D.B., HEULIN, B., BASTIAANS, E., VILLAGRÁN-SANTA CRUZ, M., LARA-RESENDIZ, R., MARTÍNEZ-MÉNDEZ, N., CALDERÓN-ESPINOSA, M.L., MEZA-LÁZARO, R.N. 2010. Erosion of lizard diversity by climate change and altered thermal niches. *Science* 328, 894-899.

SOBERÓN, J. & PETERSON, A.T. 2004. Biodiversity informatics: managing and applying primary biodiversity data. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 359: 689–698.

SOBERÓN, J., & PETERSON, A.T. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas, *Biodiversity Informatics* 2:1-10.

SOBERÓN, J. & NAKAMURA, M. 2009. Niches and distributional areas: concepts, methods and assumptions. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 106:19644-19650.

SOBERÓN, J. M. 2010. Niche and area of distribution modeling: a population ecology perspective. *Ecography* 33: 159-167.

- STANLEY L., G. MACCRACKEN, M. MACCRACKEN. 1990. The use of general circulation models to predict regional climatic change. *Journal of Climate* 4: 286-303.
- STOCKWELL, D. & PETERS, D. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science* 13:143-158.
- SOUT, S. L., HOFFMANN, M., SHI, Y., HUGHES, A., BERNARD, C., BROOKS, T.M., BERTZKY, B., BUTCHART, S.H.M., STUART, S.N., BADMAN, T., RODRIGUES, A.S.L. 2013. Protected areas and effective biodiversity conservation. *Science* 342: 803-805.
- SYFERT M.M., SMITH, M.J., COOMES, D. A. 2013. The effects of sampling bias and model complexity on the predictive performance of Maxent species distribution models. *PLoS One* 8: 1-10.
- TEJEDA-MARTÍNEZ, A. & CASTILLO, N.I. 2010. Impactos urbanos: ondas de calor en tres ciudades de México. En: Cardenas, M.J. (Ed). México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. Greenpeace, México, DF.
- TÉLLEZ-GIRÓN, G., MENDOZA-DURÁN, A., CEBALLOS, G. 1997. Registros notables de mamíferos del oeste de México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2:97-100.
- TOLEDO, V.M. 2005. Repensar la conservación: ¿áreas naturales protegidas o estrategia bioregional? *Gaceta Ecológica* 77: 67-83.
- TOWNEND, J. 2002. *Practical Statistics for environmental and ecological scientists*. John Wiley & Sons. West Sussex. Reino Unido.
- TREJO, I. & R. DIRZO. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biodiversity Conservation* 94:133-142.
- TREJO, I. & DIRZO, R. 2002. Floristic Diversity of mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity Conservation* 11: 2063-2084.

- TREJO I., E. MARTÍNEZ- MEYER, E. CALIXTO-PÉREZ, S. SÁNCHEZ COLÓN, R. VÁZQUEZ DE LA TORRE. L. VILLERS-RUIZ. 2011. Analysis of the effect of climate change on plant communities and mammals in México. *Atmósfera* 24: 1-14.
- URBINA-SORIA, J. & MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ J. 2006. Más allá del cambio climático. La dimensiones psicosociales del cambio ambiental global. INE-UNAM, México, DF.
- VÁCLAVÍK, T. & MEENTEMEYER, R.K.. 2012. Equilibrium or not? Modelling potential distribution of invasive species in different stages of invasion. *Diversity and Distributions* 18: 173-83.
- VARGAS-MÁRQUEZ, F. & ESCOBAR, S. (COMP.) 2000. Áreas Naturales Protegidas de México con decretos federales. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. México, DF.
- VELÁZQUEZ, A., MAS, J.F., DÍAZ-GALLEGOS, J.R., MALLORGA-SAUCEDO, R., ALCÁNTAR, P.C., CASTRO, R., FERNÁNDEZ, T., BOCCO, G., EZCURRA, E., PALACIOS, J. L. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta Ecológica* 62: 21-37.
- VILLERS-RUIZ, L., TREJO-VÁZQUEZ, I. 1998. Impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Interciencia* 23:10-19.
- VILLERS-RUIZ, L. & TREJO-VÁZQUEZ, I. 2000. El cambio climático y la vegetación en México. En: Una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. García, G. (ED). Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 239–254. México, DF.
- VIRKKALA, R., HEIKKINEN, R.K., FRONZEK, S., KUJALA, H., LEIKOLA, N. 2013. Does the protected area network preserve bird species of conservation concern in a rapidly changing climate? *Biodiversity and Conservation* 22: 459-482.
- WALTARI, E. & GURALNICK, R.P. 2009. Ecological niche modelling of montane mammals in the Great Basin, North America: examining past and present connectivity of species across basins and ranges. *Journal of Biogeography* 36: 148–161.

- WALTHER, G. R., POST, E., CONVEY, P., MENZEL, A., PARMESAN, C., BEEBEE, T., FROMENTIN, J.M., HOEGH-GULDBERG, O., BAIRLEIN, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389-395.
- WATSON, R.T., ZINYOWERA, M.C., MOSS R.H., DOKKEN. D.J. 1996. Climate change. Impacts, adaptations and mitigation of climate change: Scientific-technical analyses. Intergovernmental Panel on Climate change, Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- WIGLEY, T.M.L., & RAPER, S.C.B.. 2001. Interpretation of high projections for global-mean warming. *Science* 293:451–454.
- WILSON, D.E. & REEDER, D.M. (EDS). 2005. *Mammal Species of the World*, 3rd Edition. John Hopkins University Press. Baltimore, Maryland.
- WISE, R.M., REYERS, B., GUO, C., MIDGLEY, G.F., LANGE, W.D. 2012. Costs of expanding the network of protected areas as a response to climate change in the Cape Floristic Region. *Conservation Biology* 26: 397-407.
- XU, T., HUTCHINSON, M. 2011. ANUCLIM Version 6.1 User Guide. The Australian National University Fenner School of Environment and Society. Canberra, Australia.

APÉNDICE I

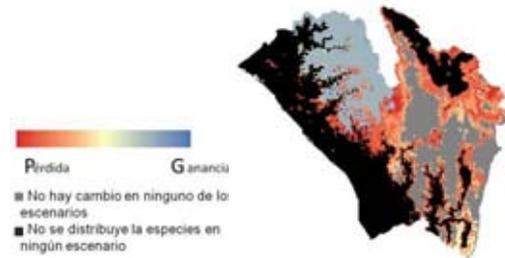
En éste apéndice se exponen gráficamente los resultados del efecto del cambio climático para cada una de las especies en orden filogenético de la siguiente manera:

NOMBRE DE LA ESPECIE

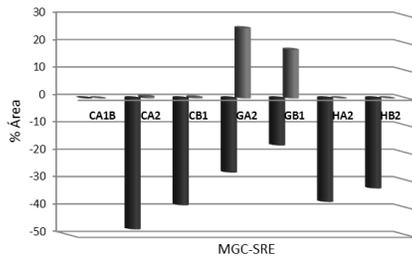
Distribución accesible para la especie (M) en el occidente



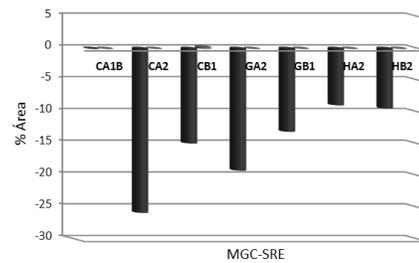
Mapa consenso de los siete escenarios



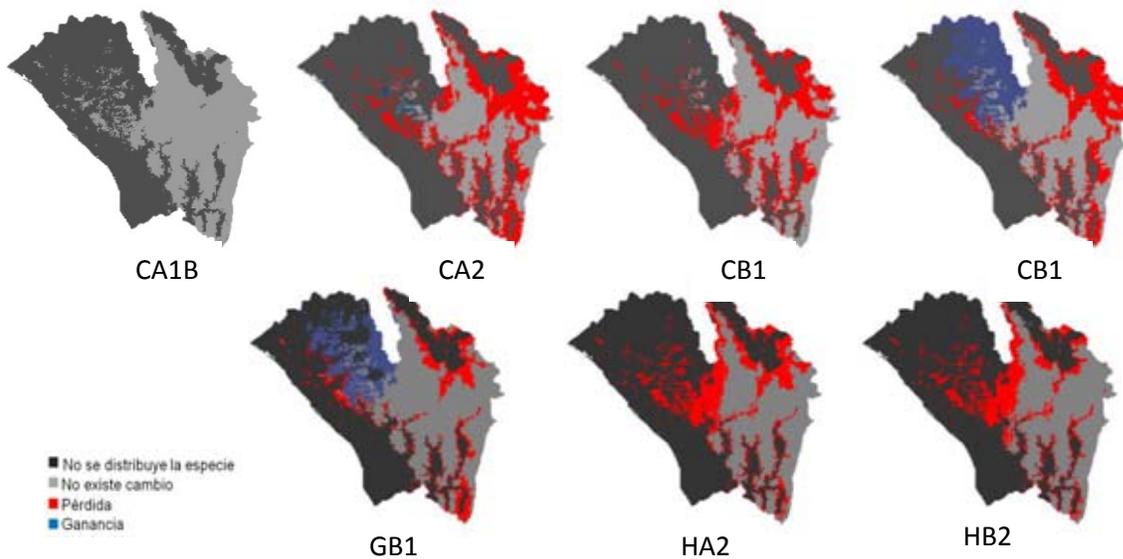
Gráfica de pérdida y ganancia en el área total



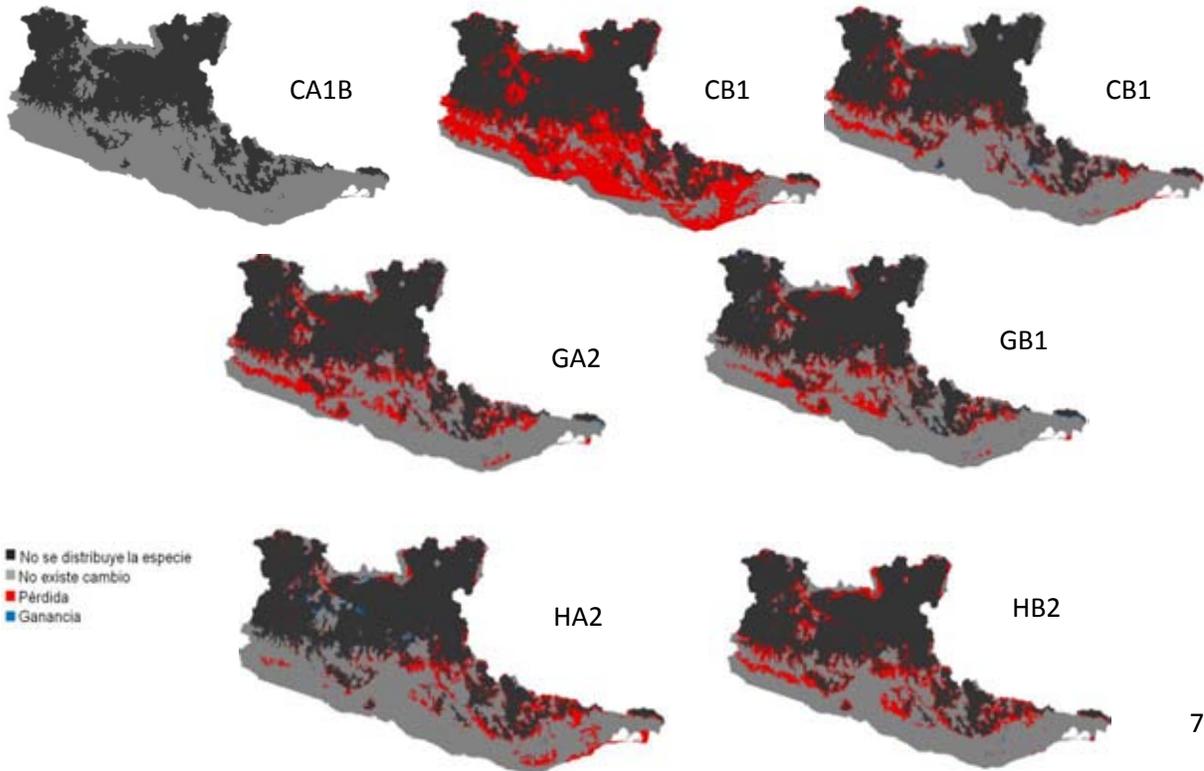
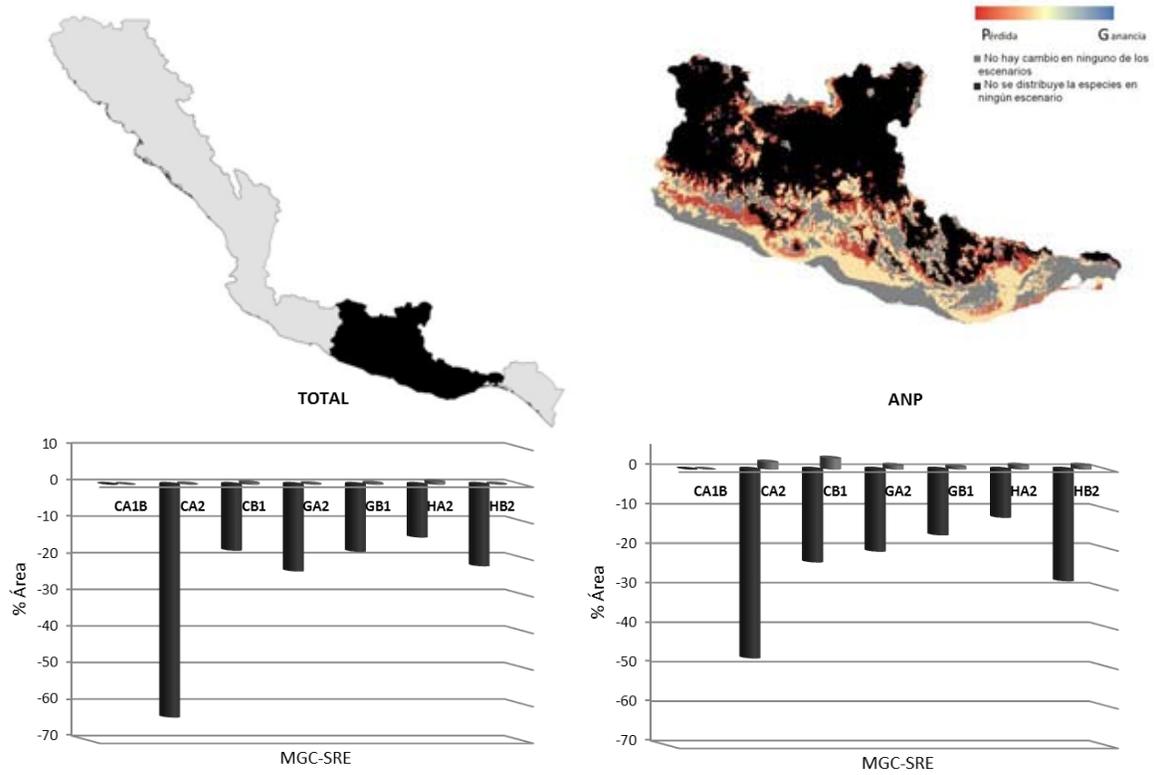
Gráfica de pérdida y ganancia en el área protegida



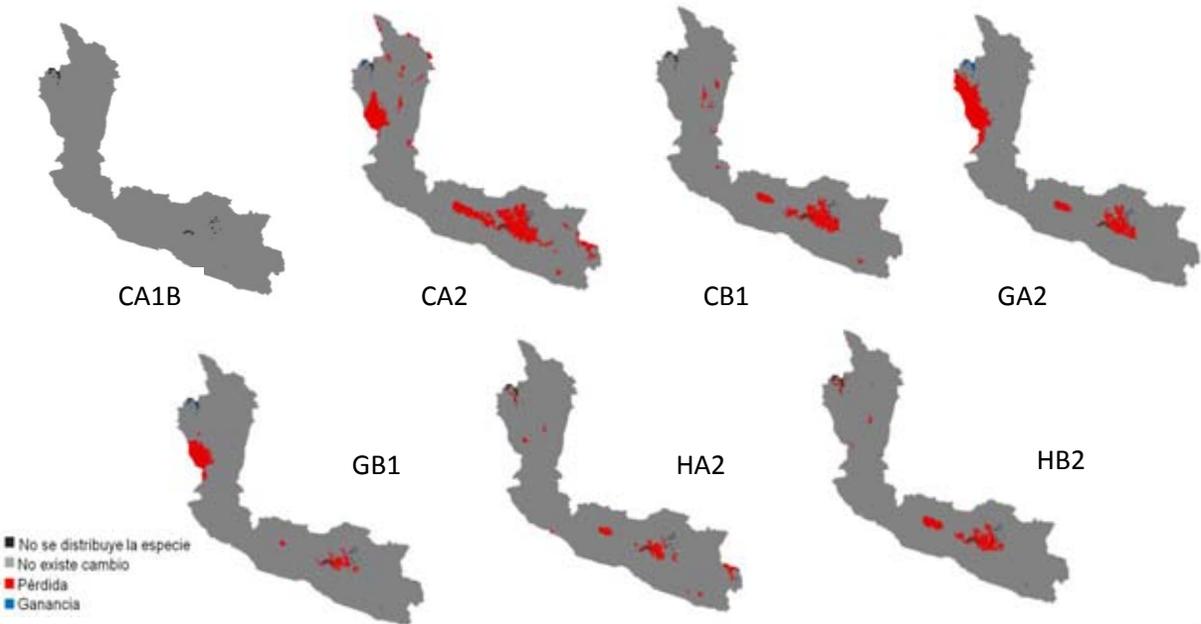
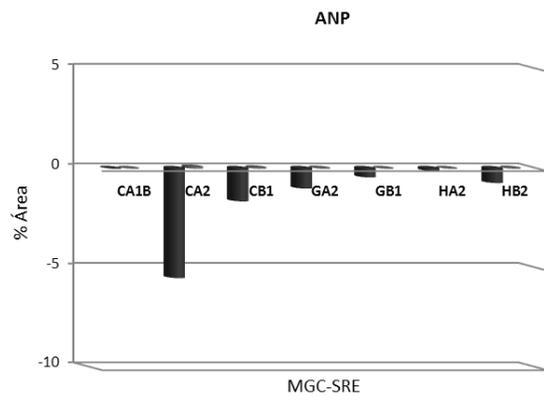
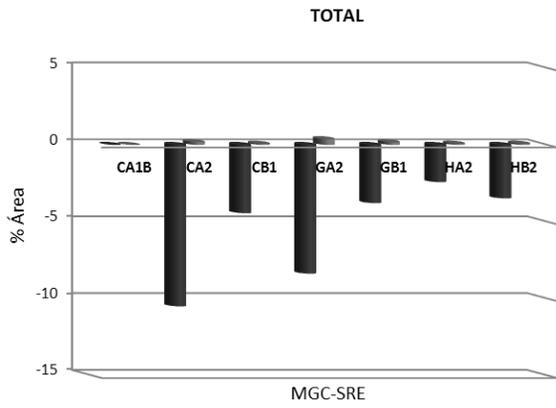
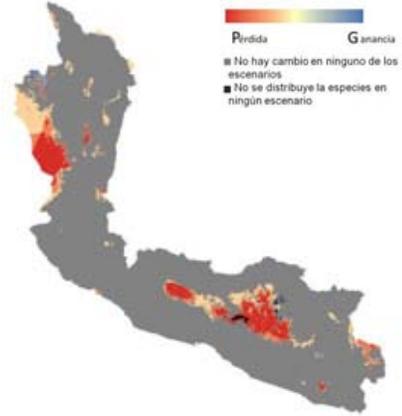
Mapa de pérdida y ganancia por escenario en el área total



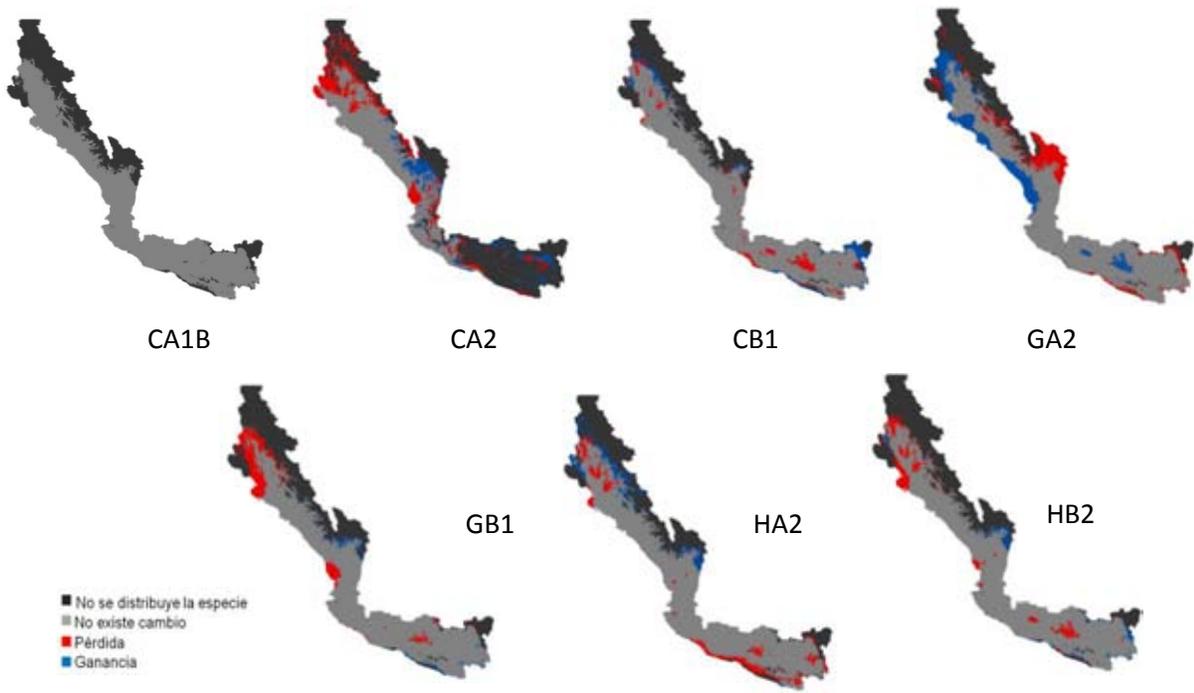
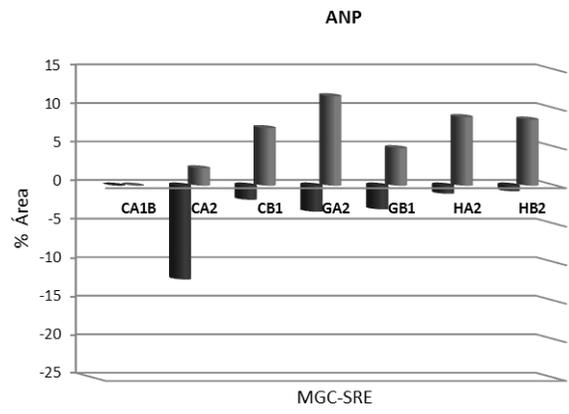
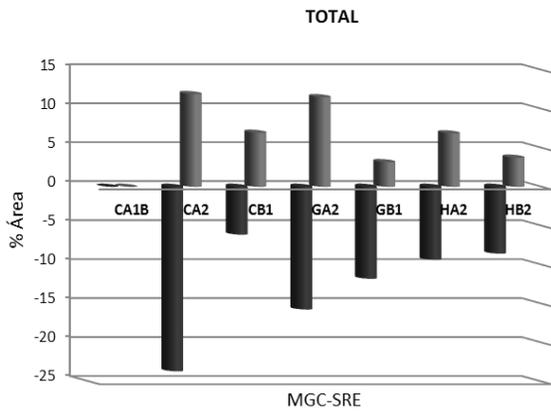
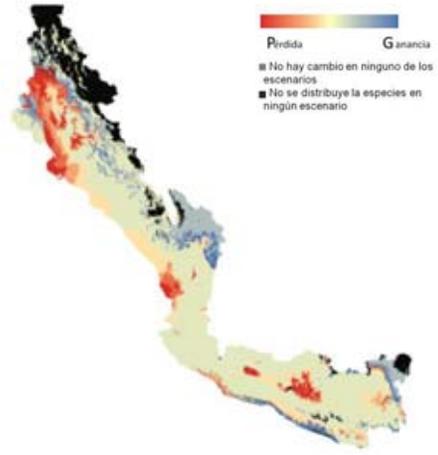
Cryptotis goldmani



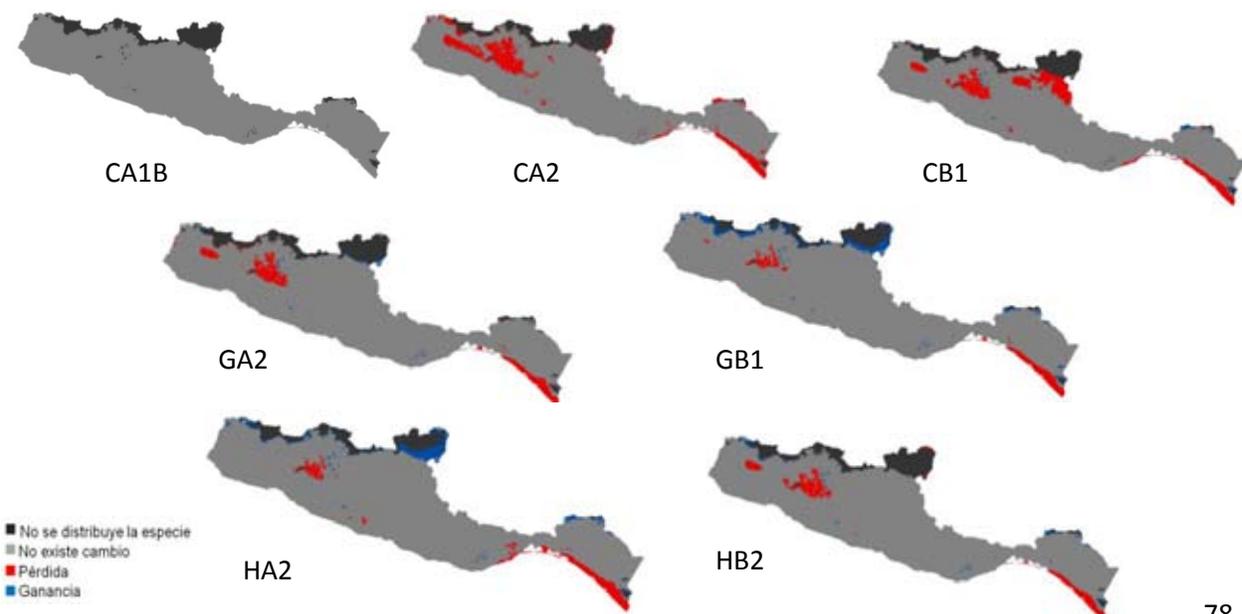
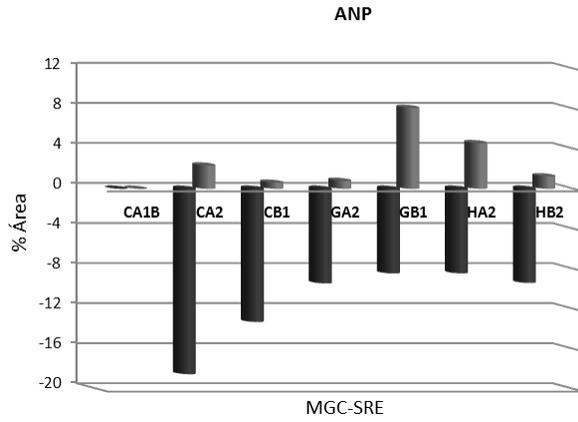
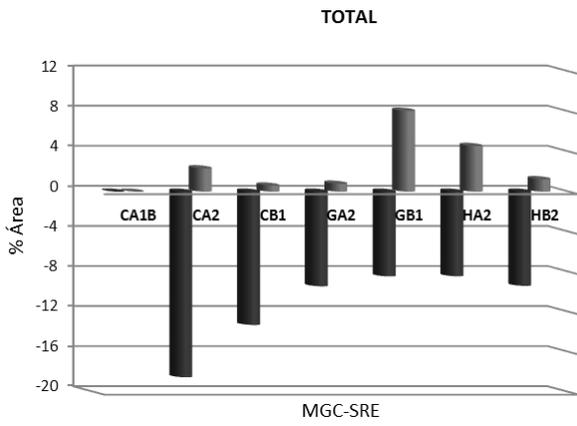
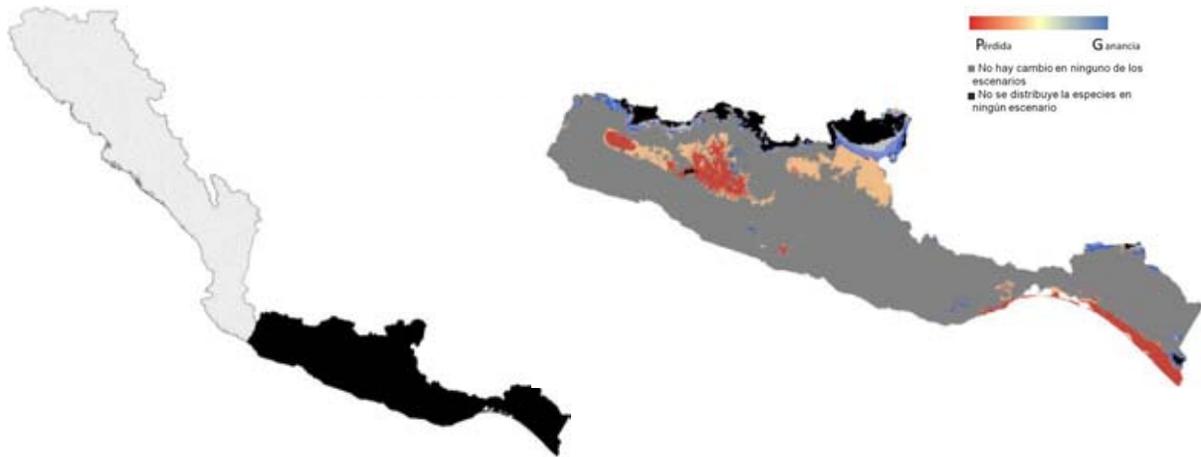
Megasorex gigas



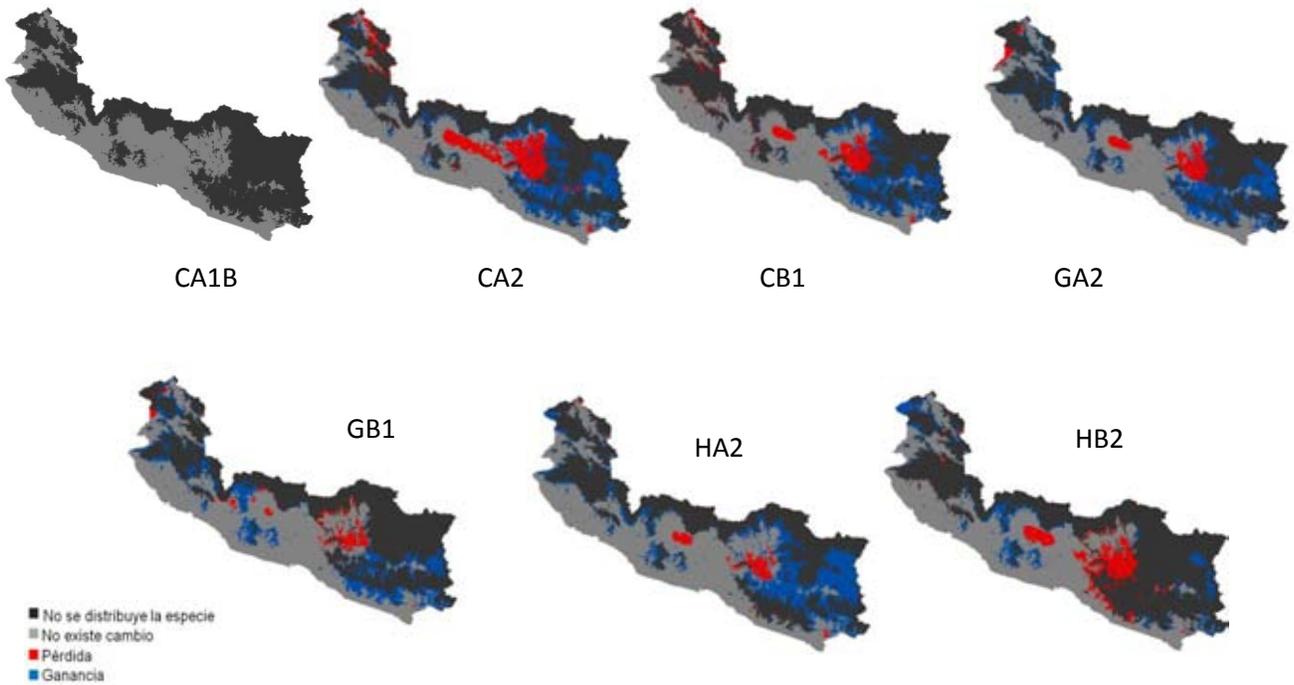
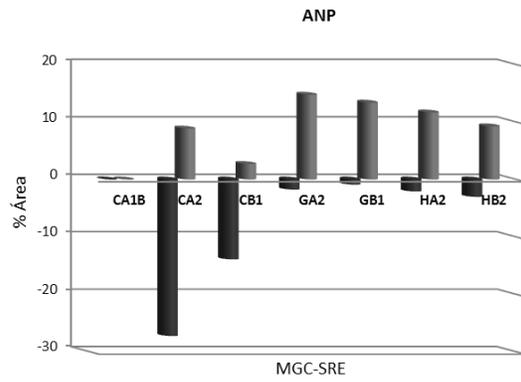
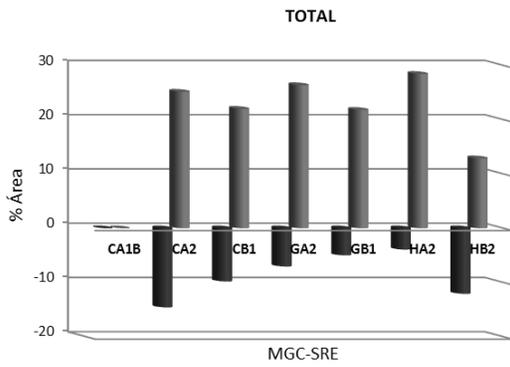
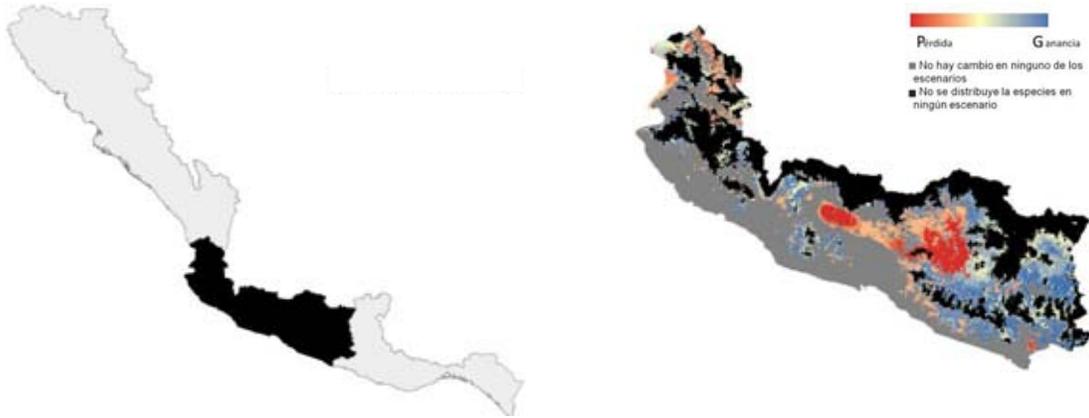
Artibeus hirsutus



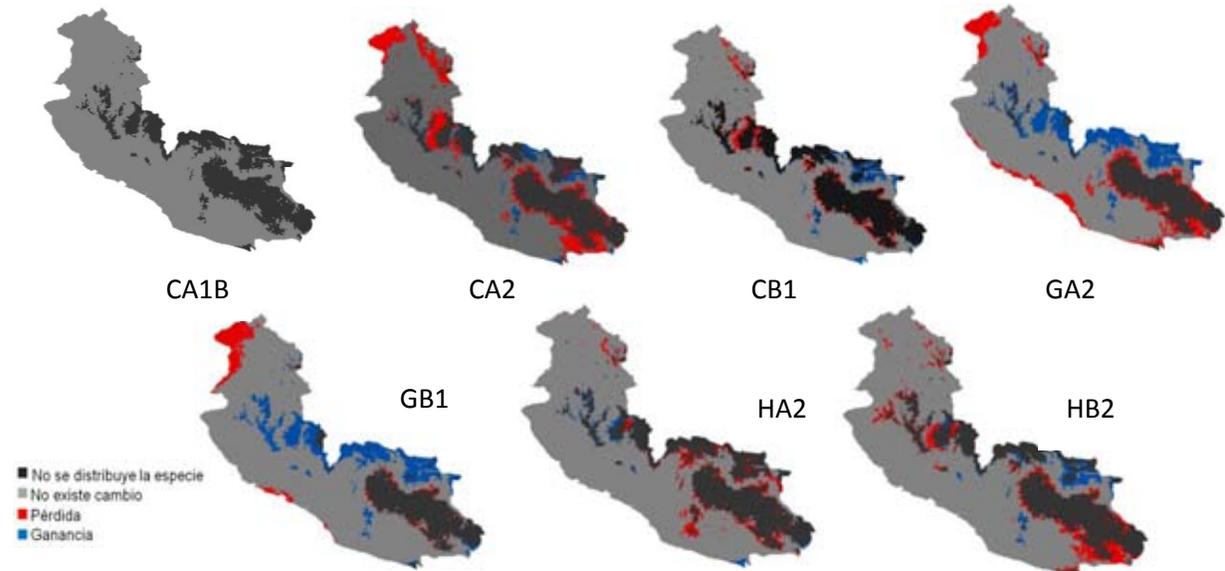
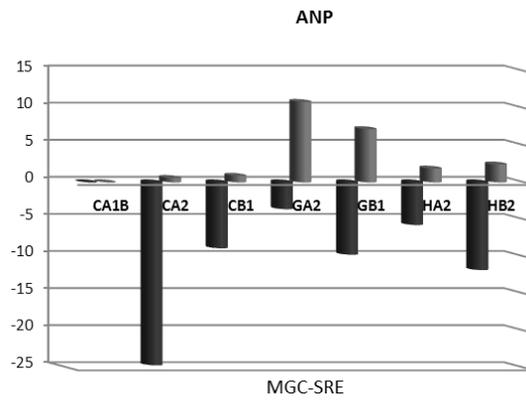
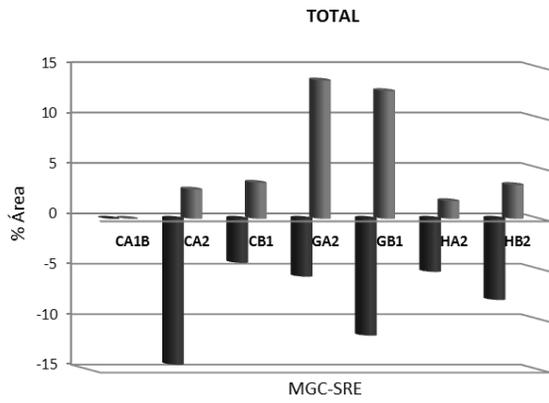
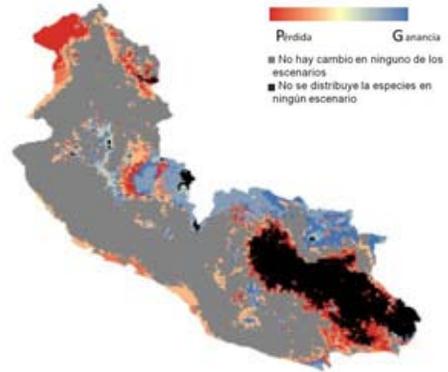
Glossophaga morenoi



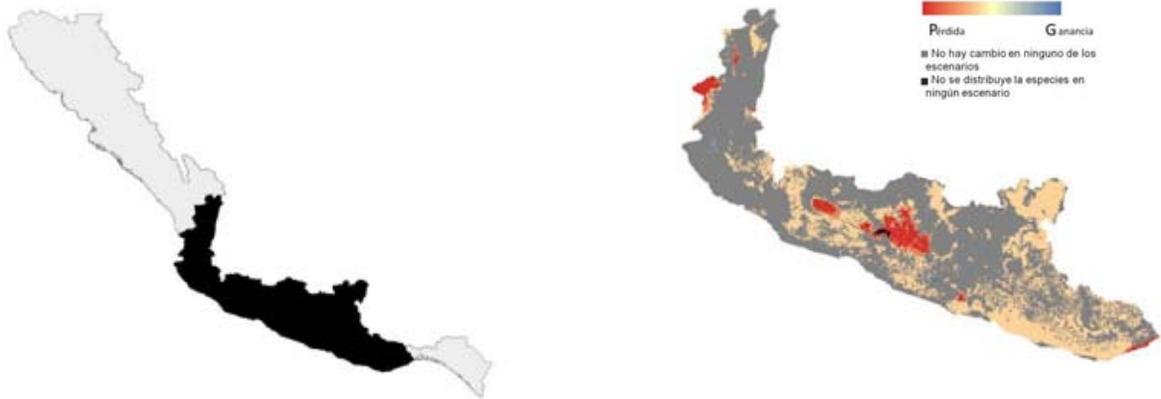
Musonycteris harrisoni



Myotis carteri

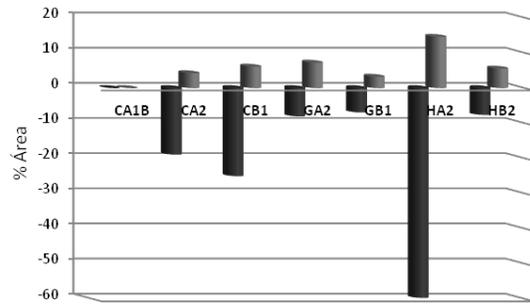
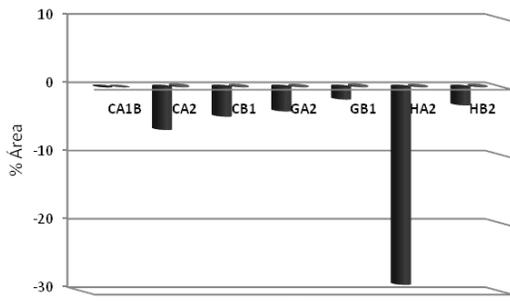


Rhogeessa alleni



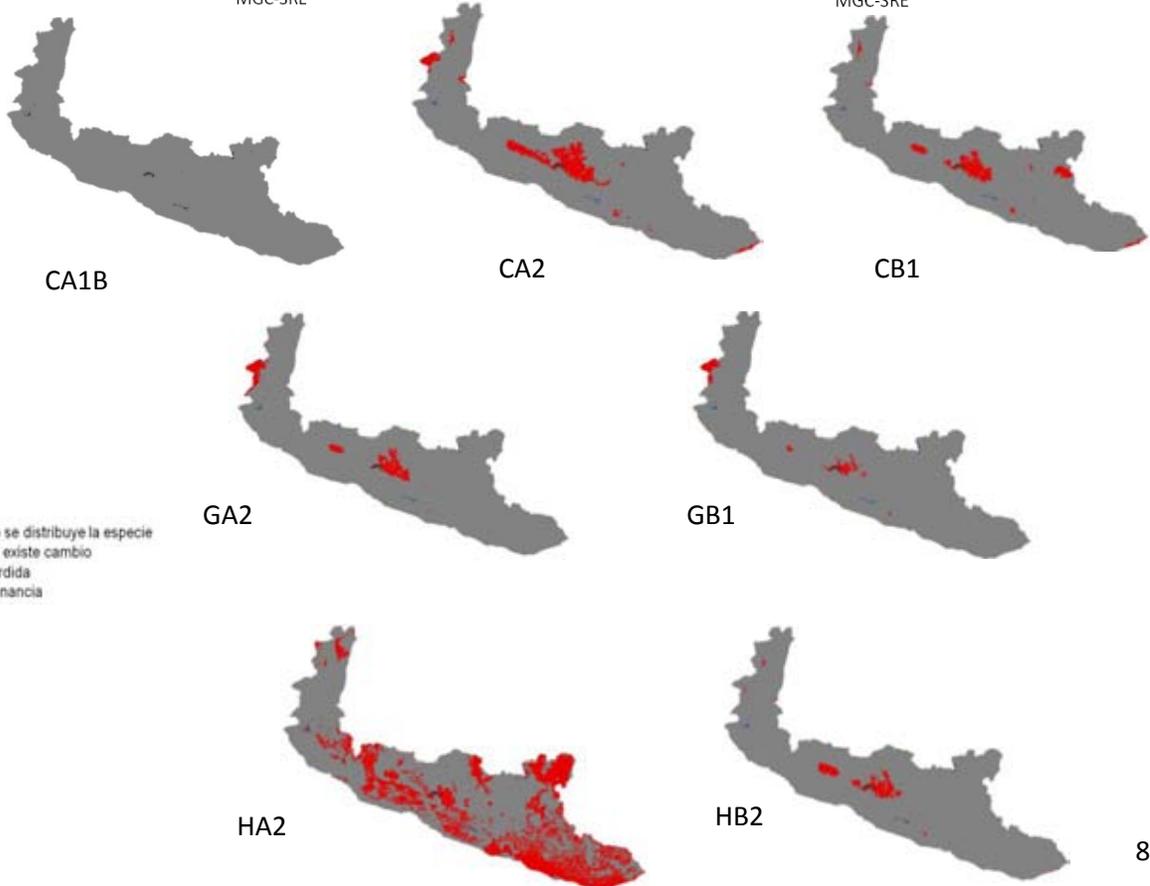
TOTAL

ANP

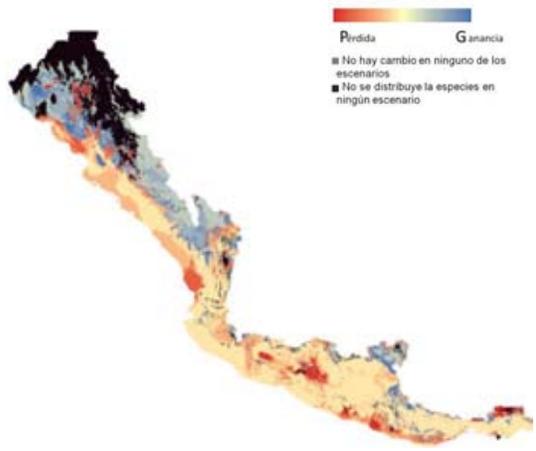


MGC-SRE

MGC-SRE

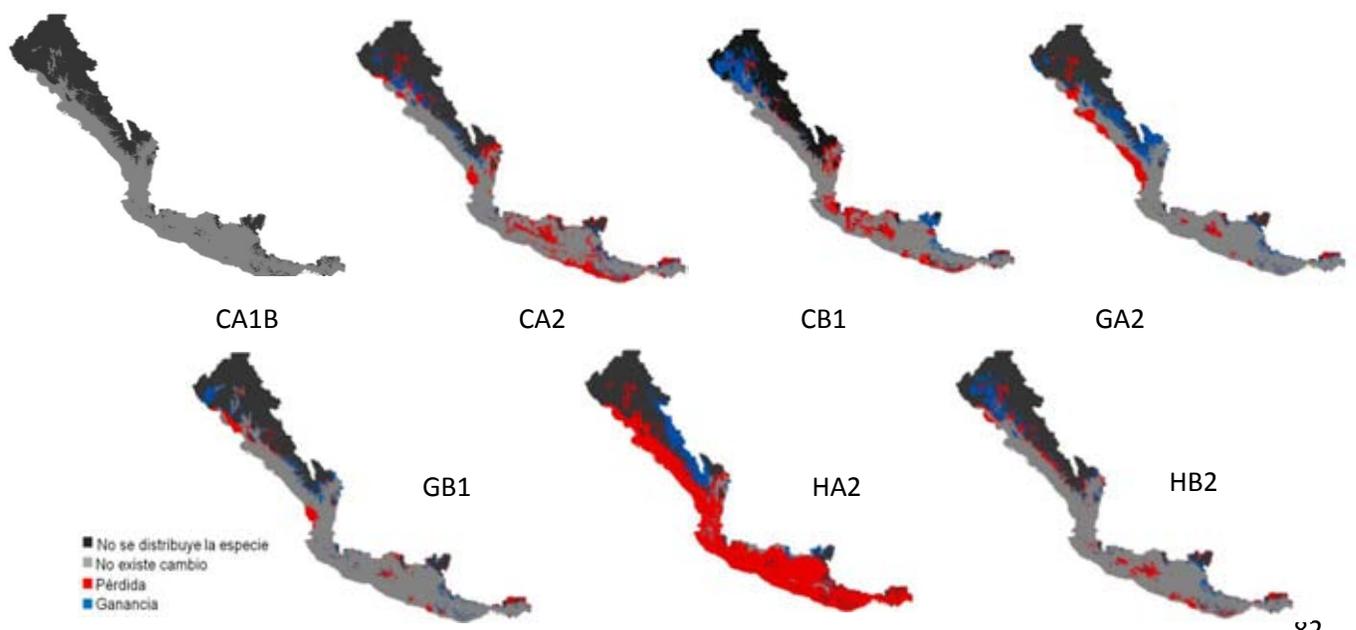
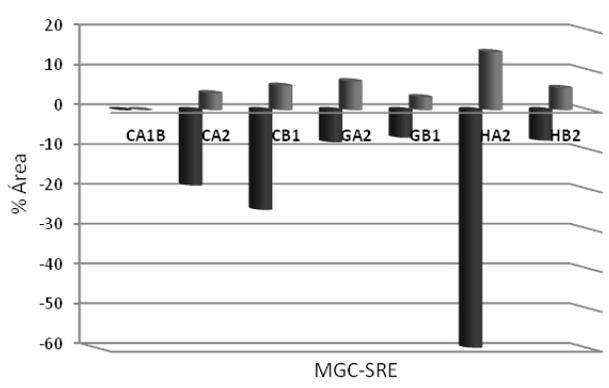
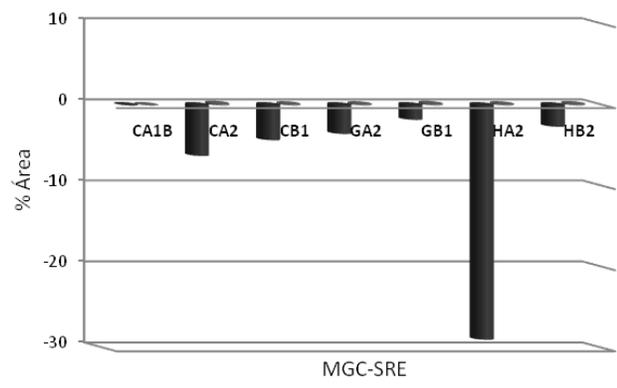


Rhogeessa parvula

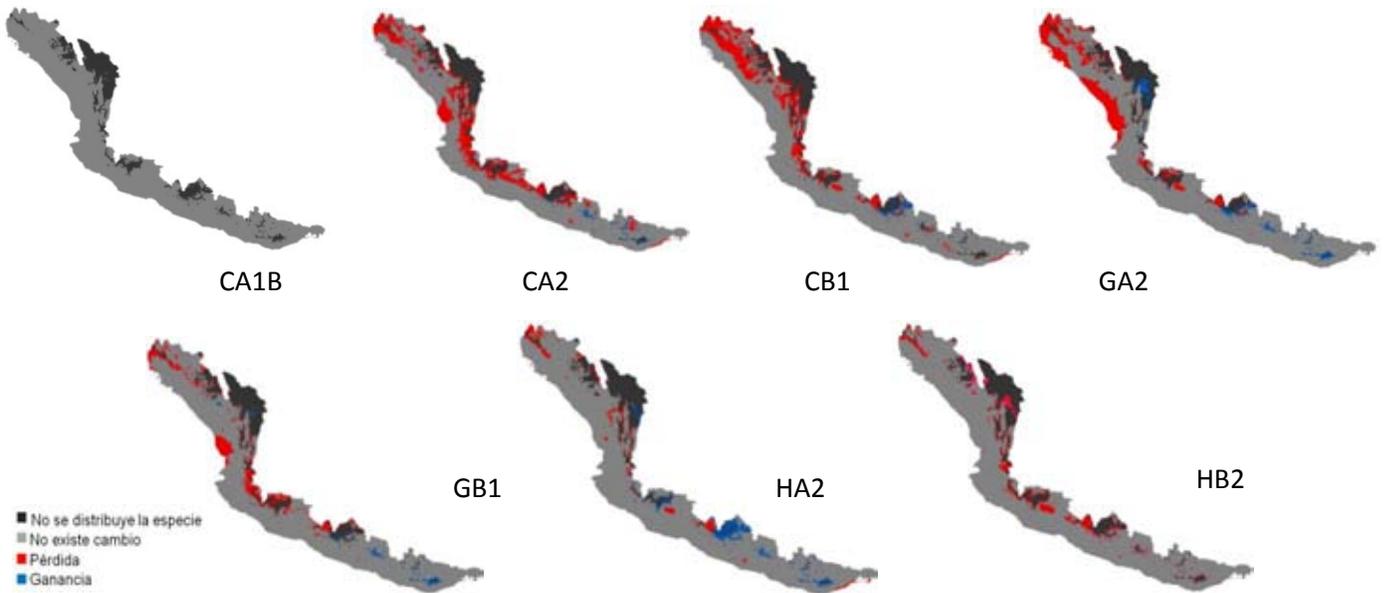
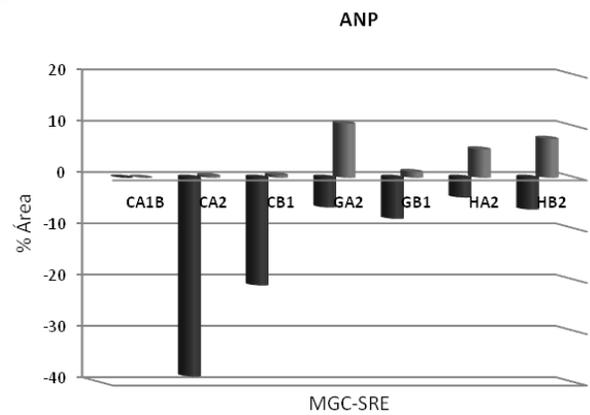
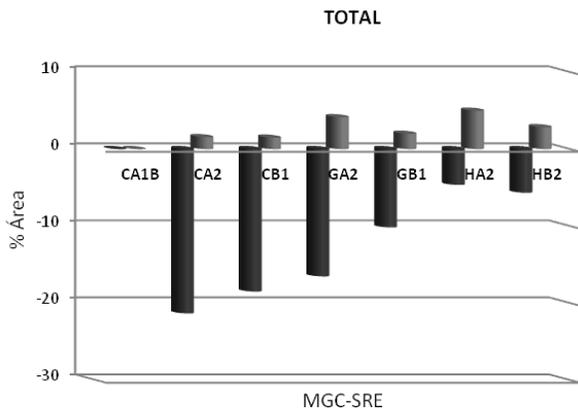
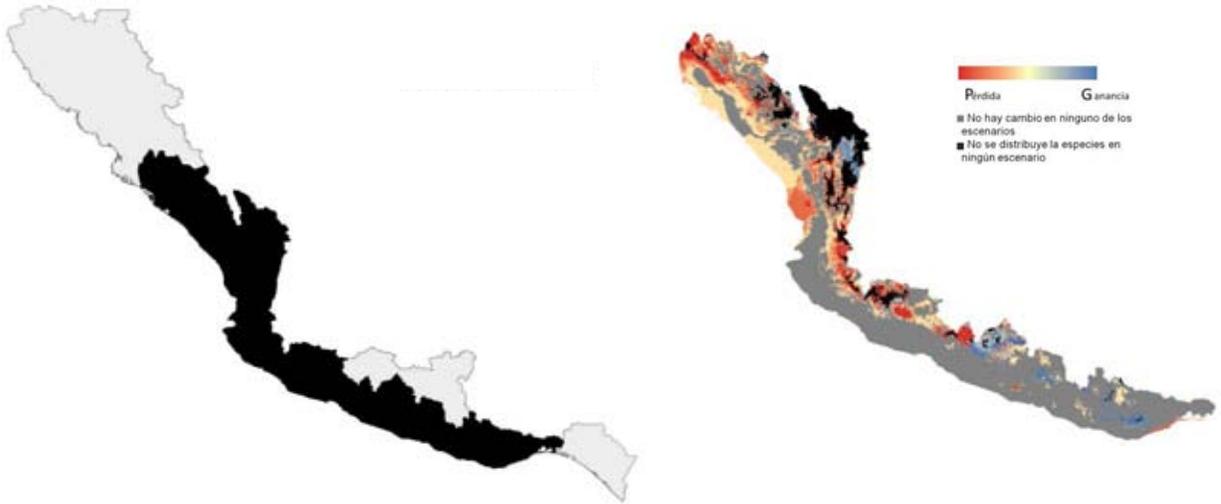


TOTAL

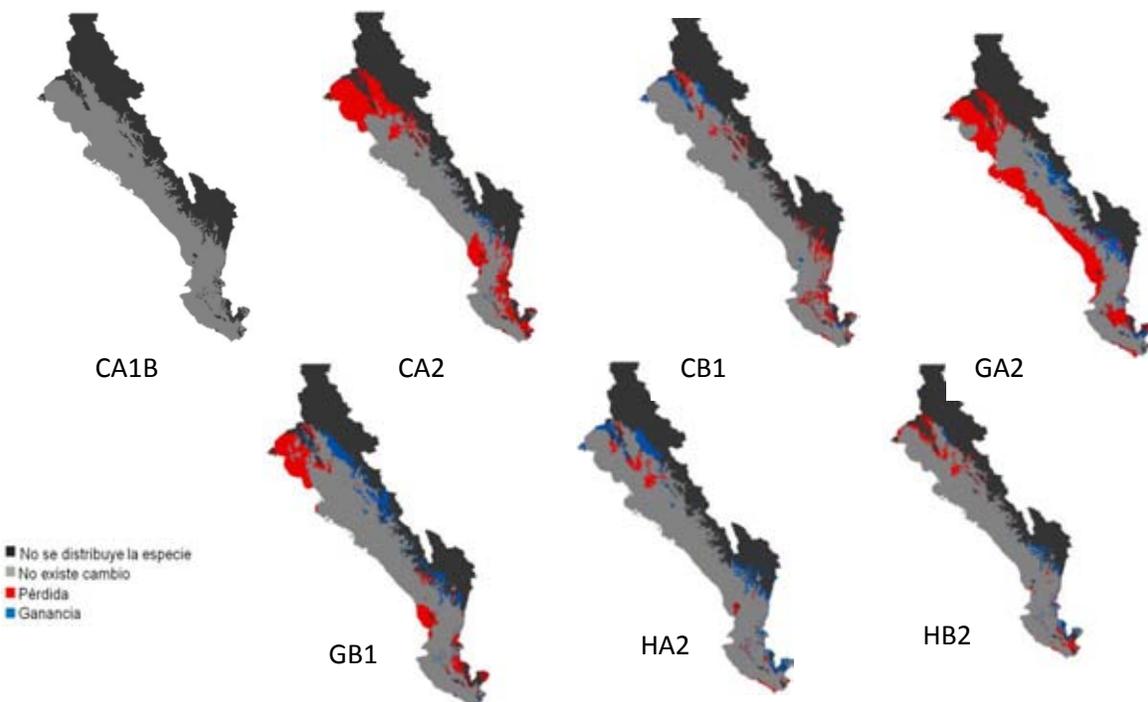
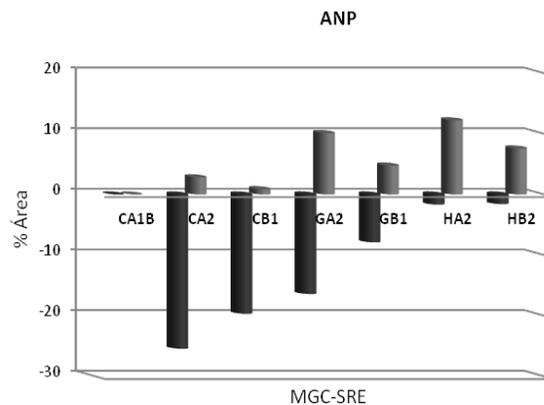
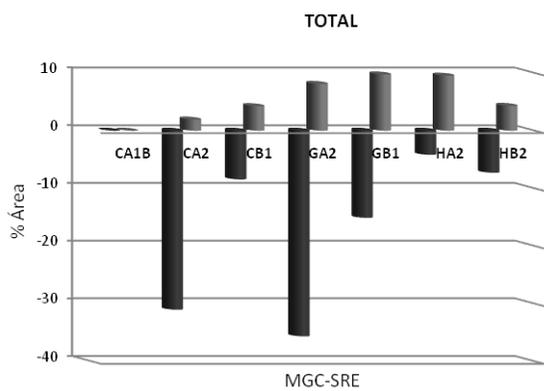
ANP



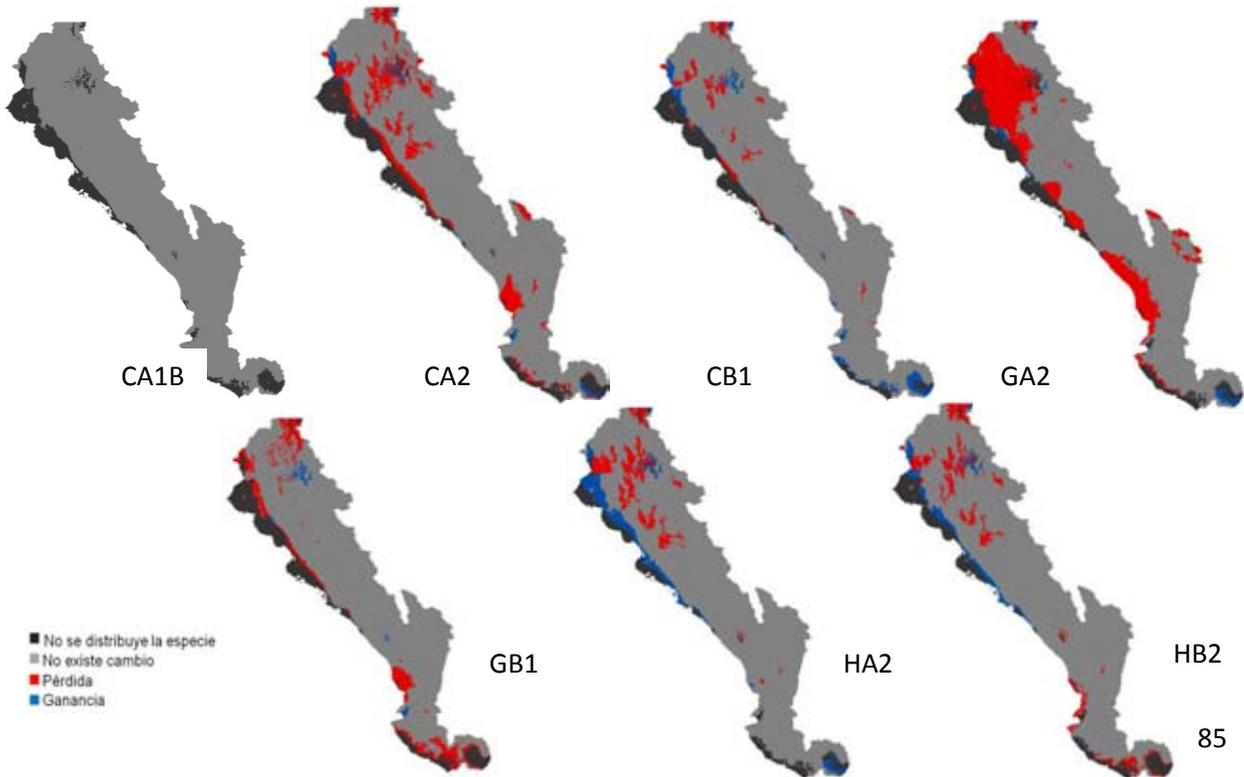
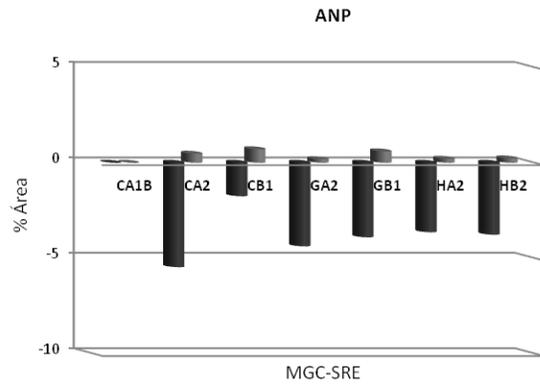
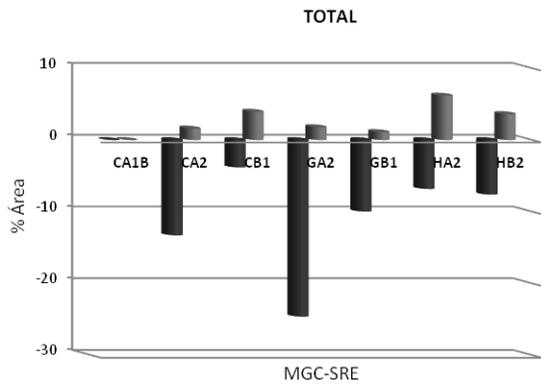
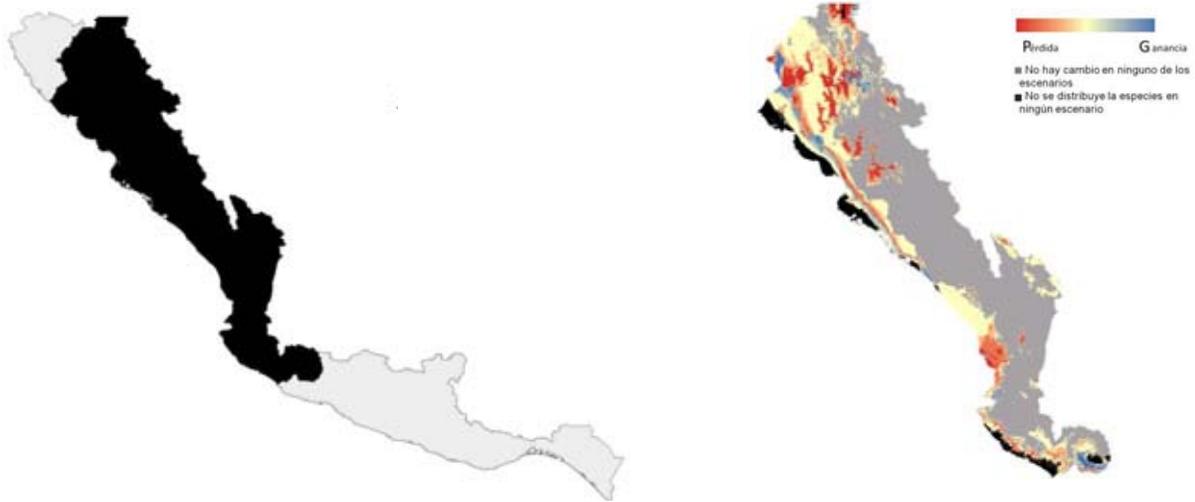
Spilogale pygmaea



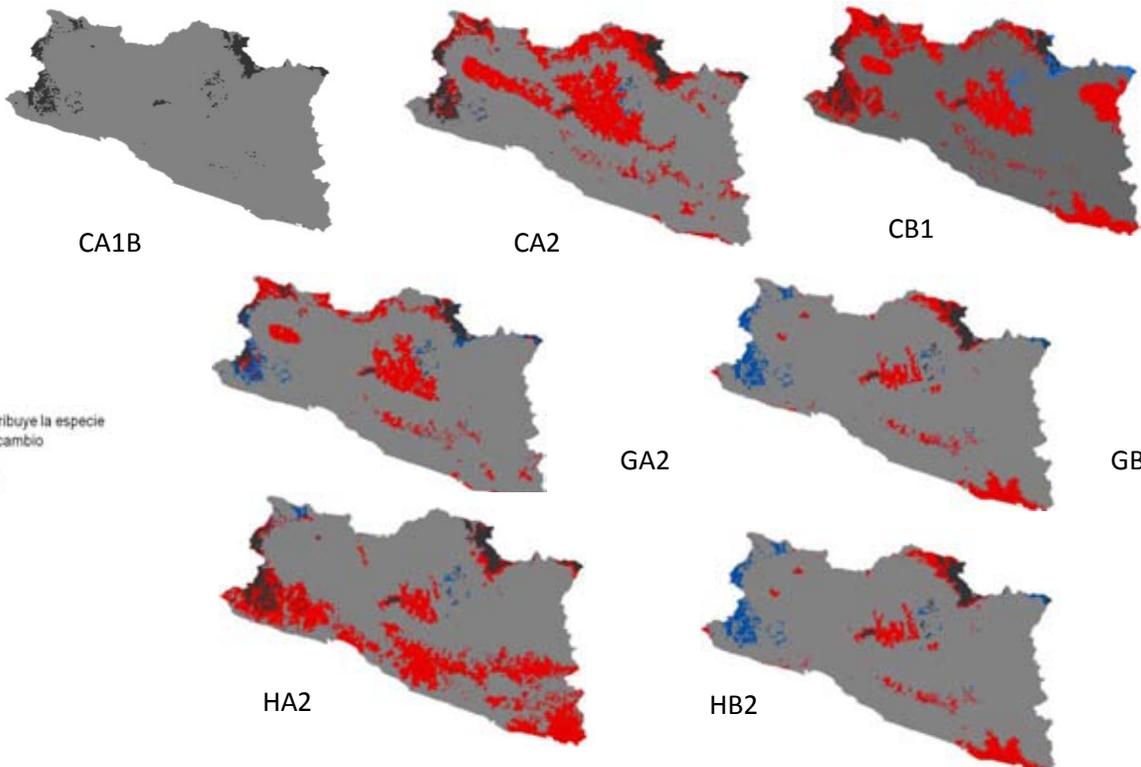
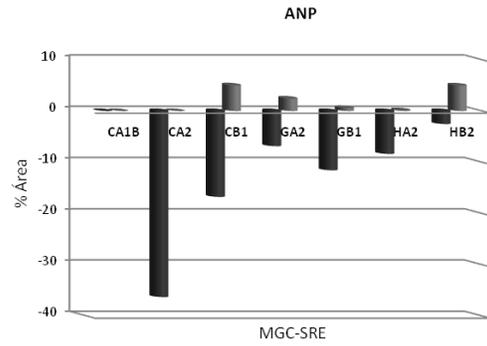
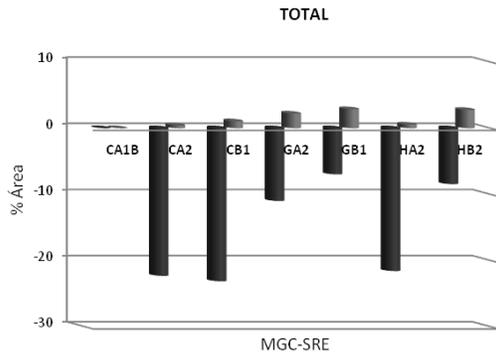
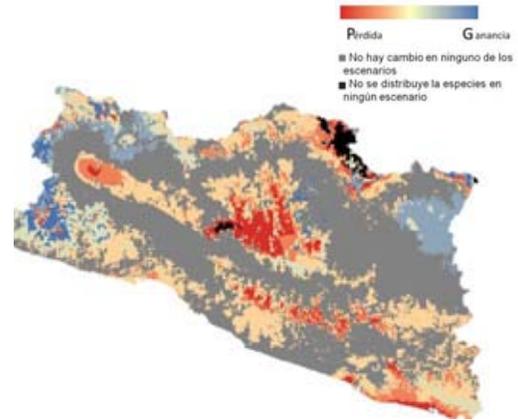
Sciurus colliaei



Sciurus nayaritensis



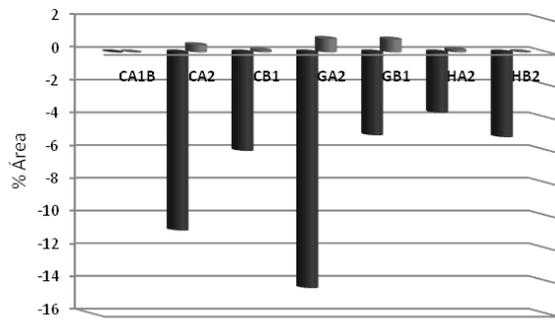
Spermophilus adocetus



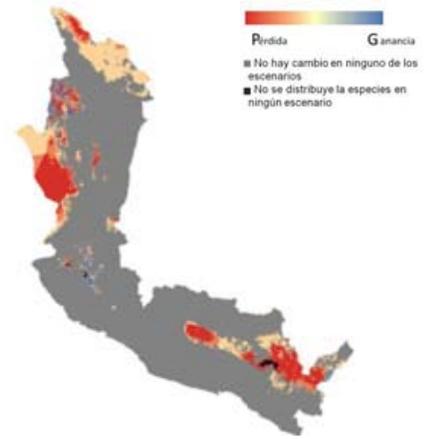
Spermophilus annulatus



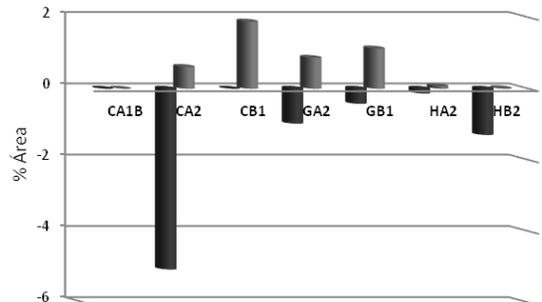
TOTAL



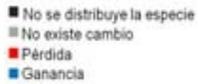
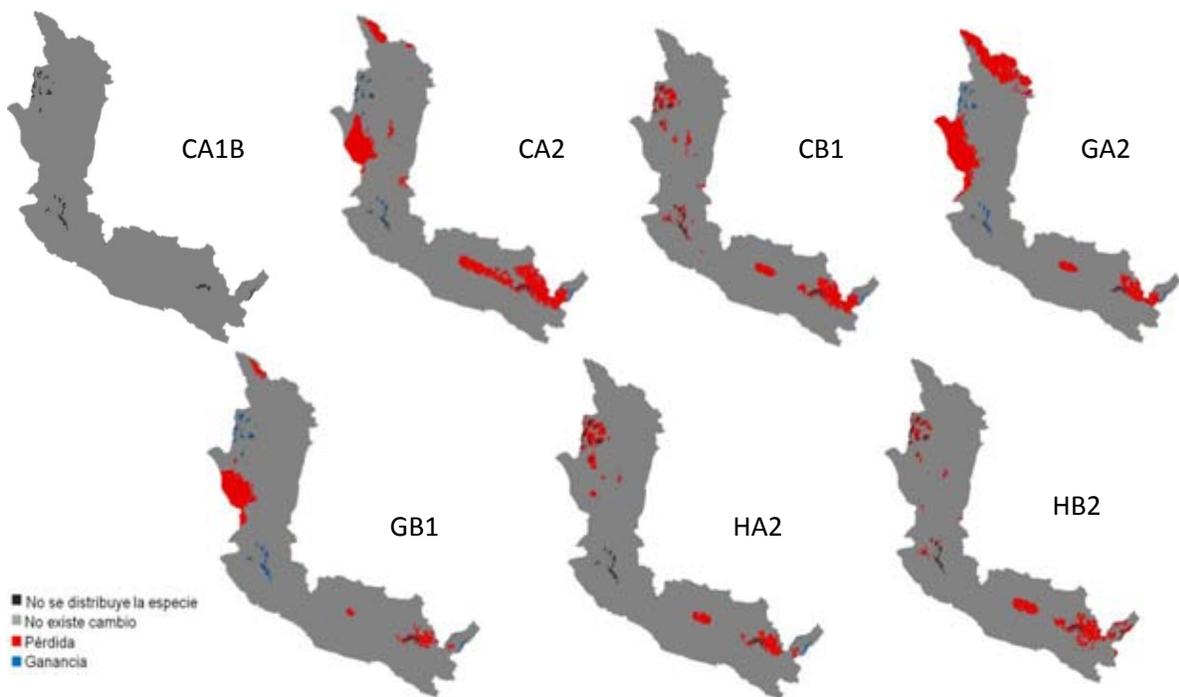
MGC-SRE



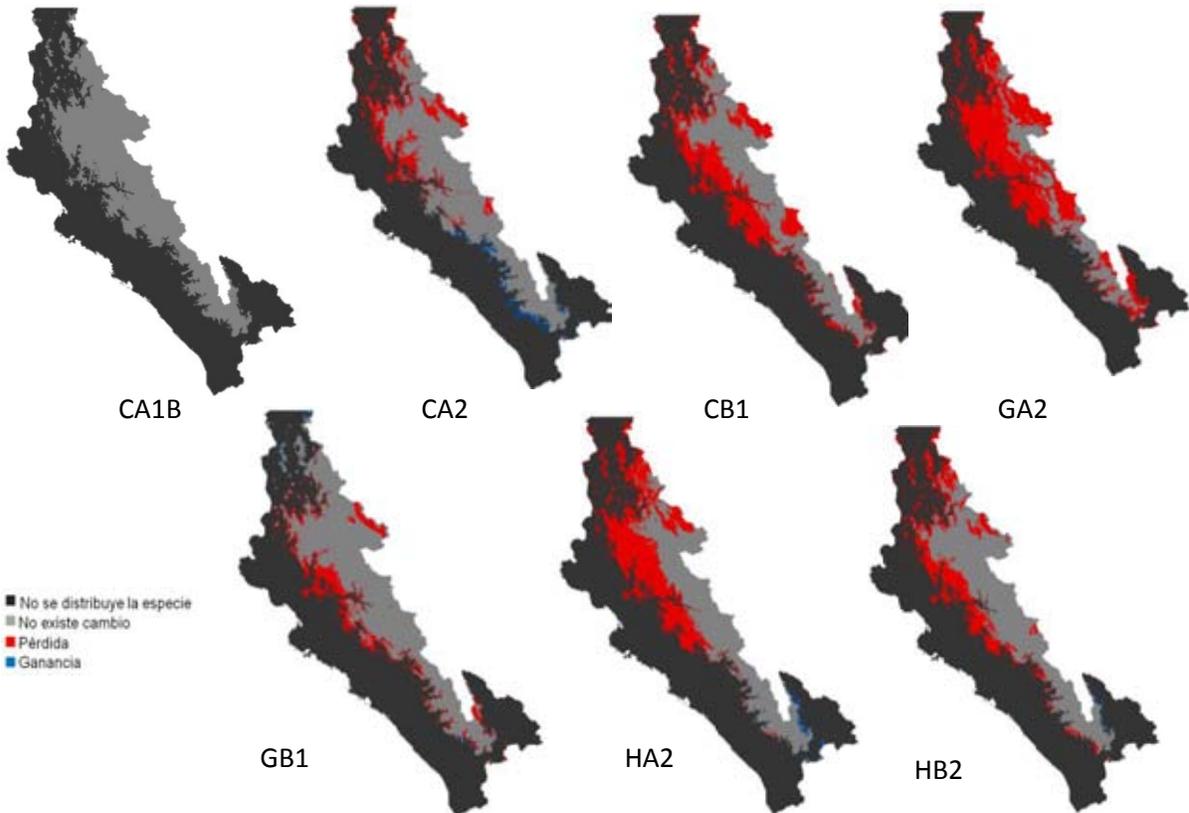
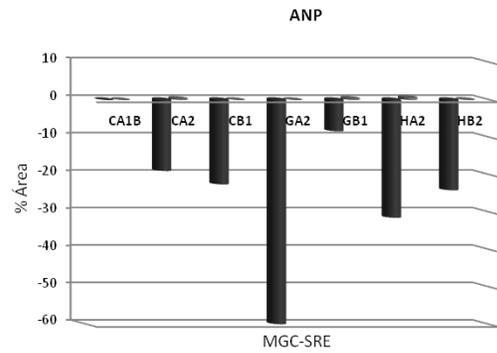
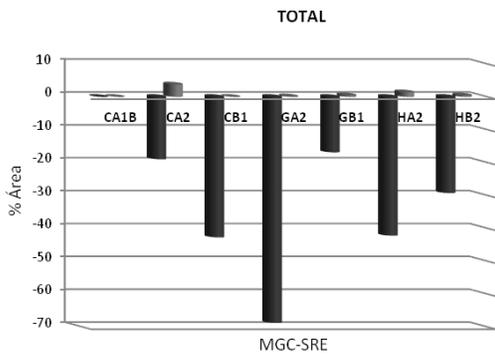
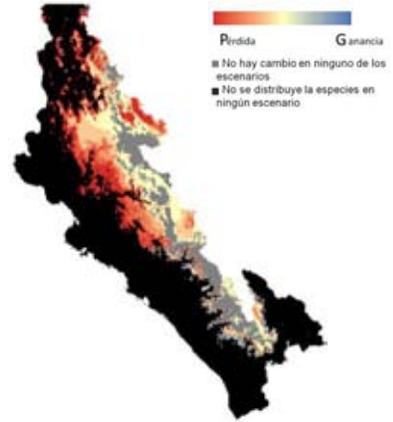
ANP



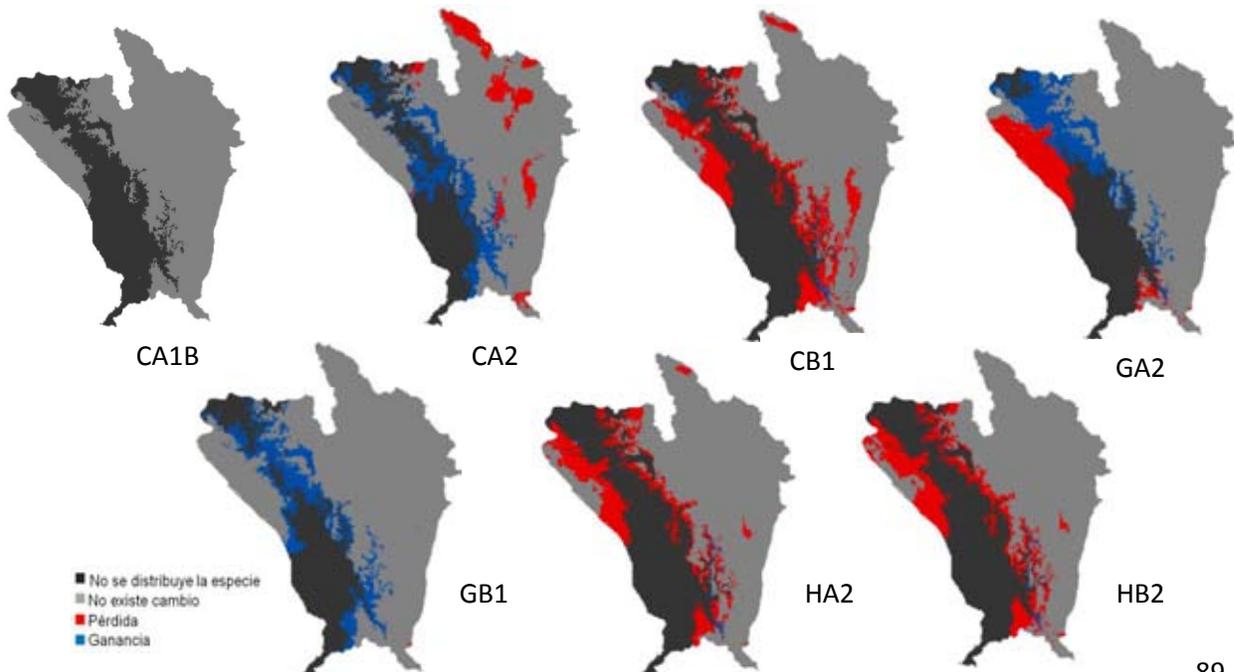
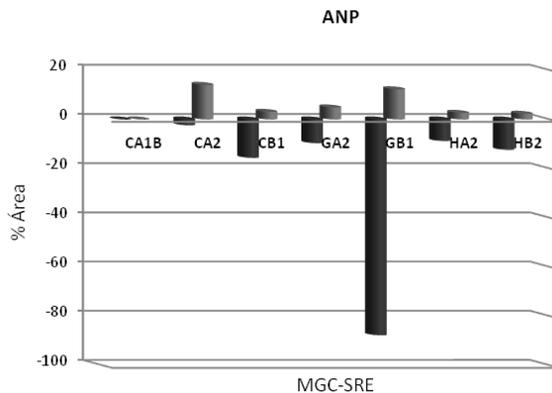
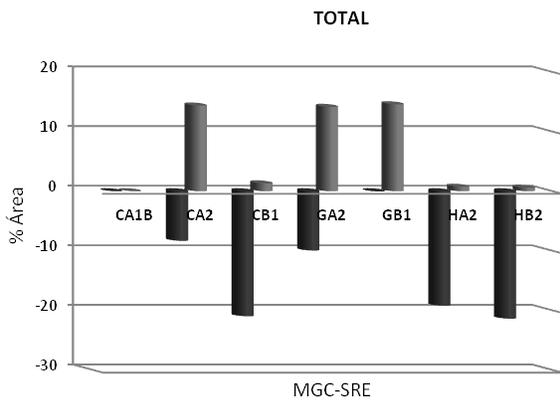
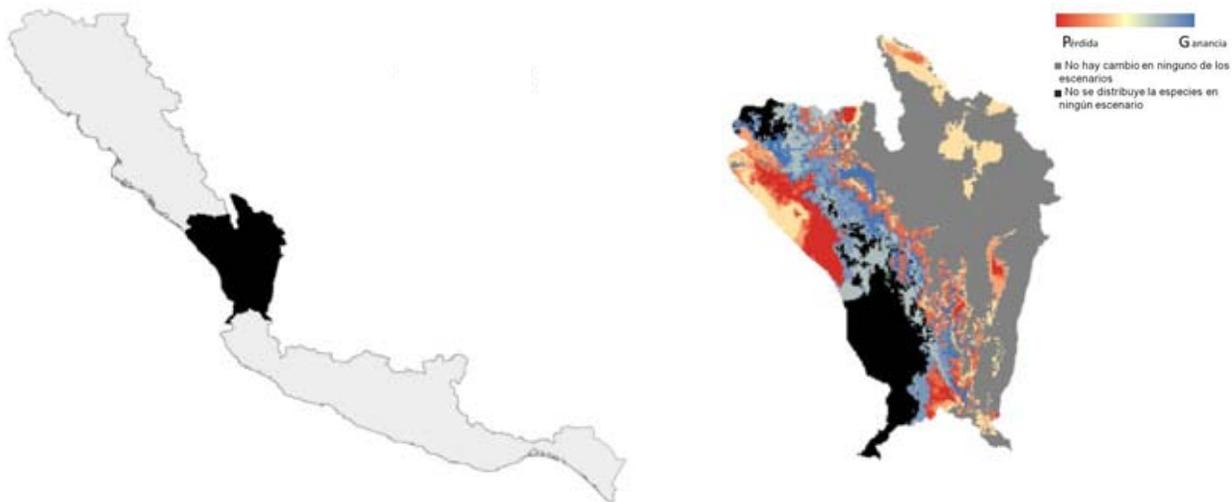
MGC-SRE



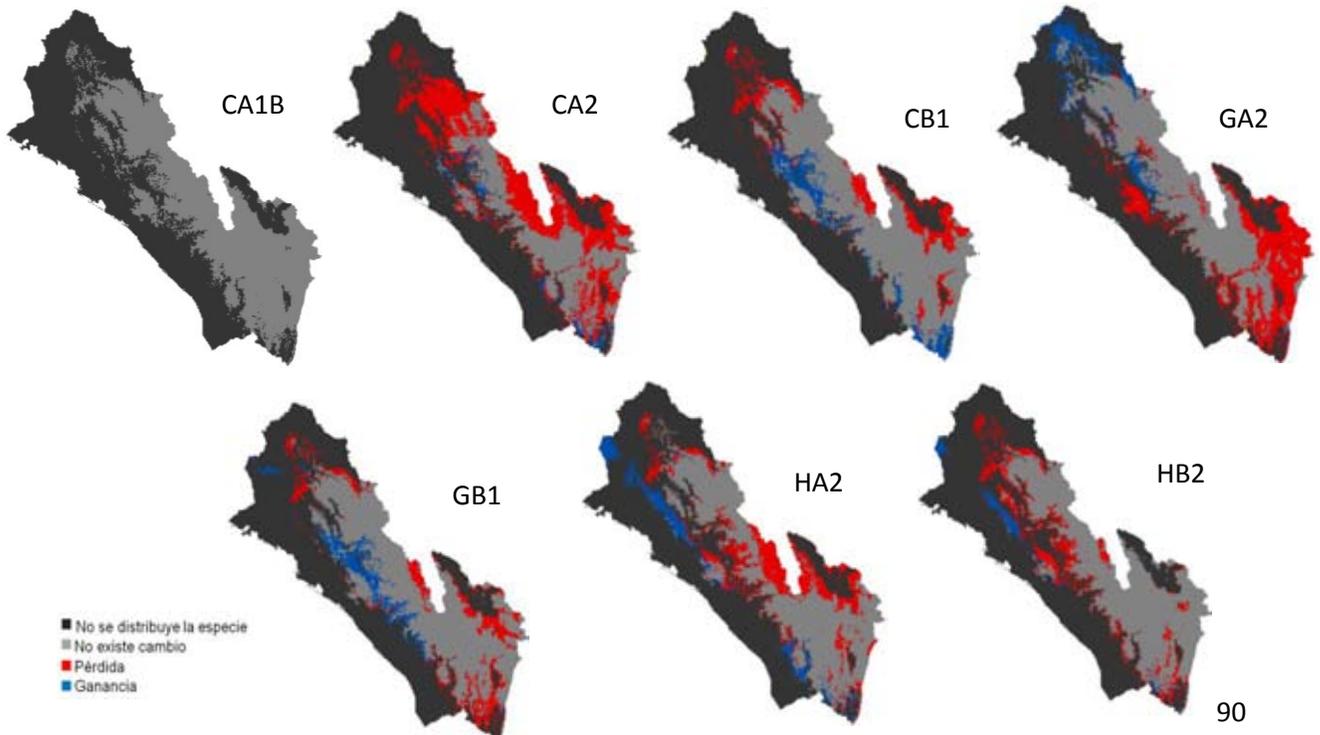
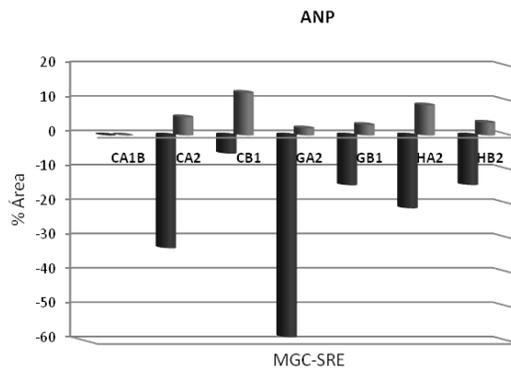
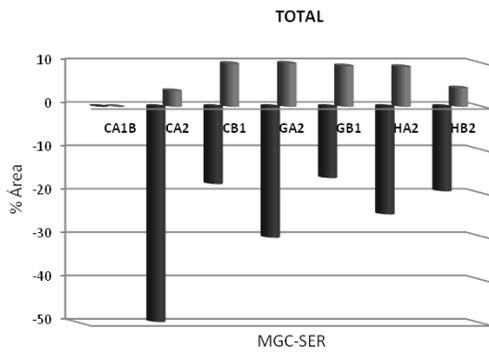
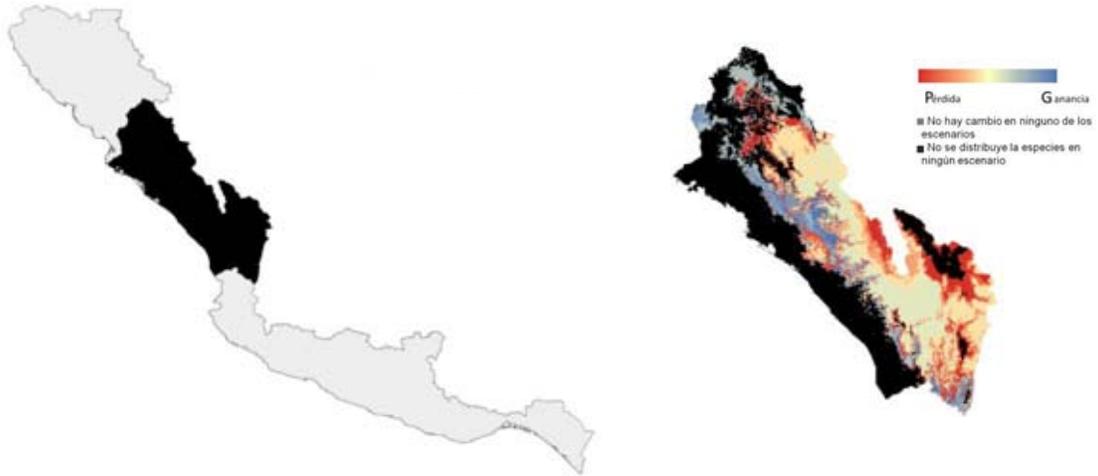
Spermophilus madrensis



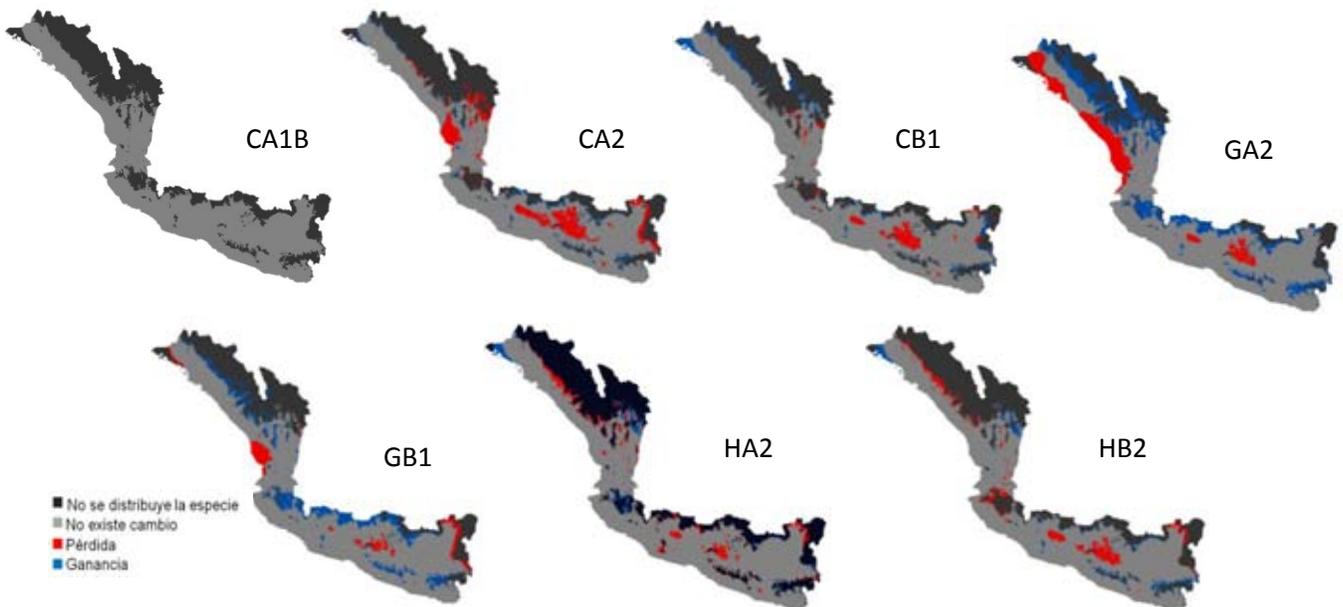
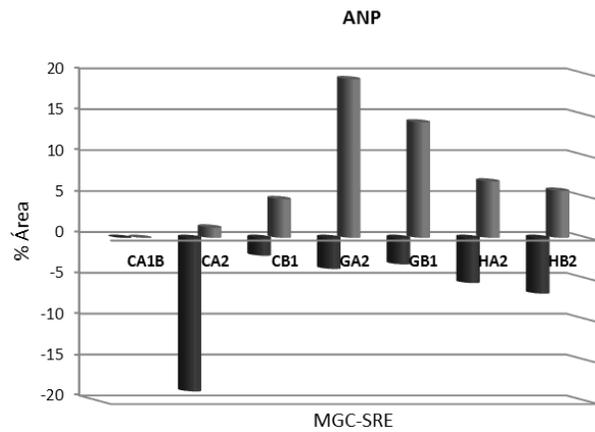
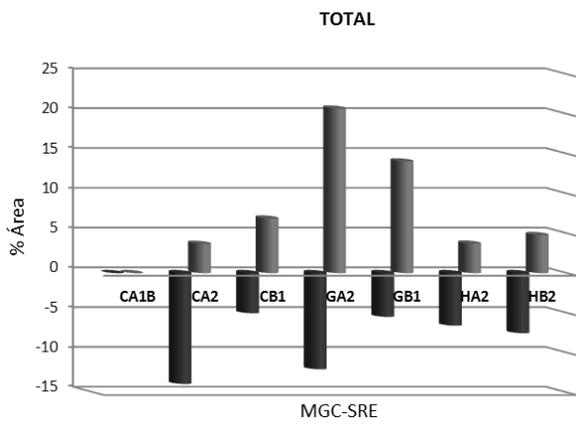
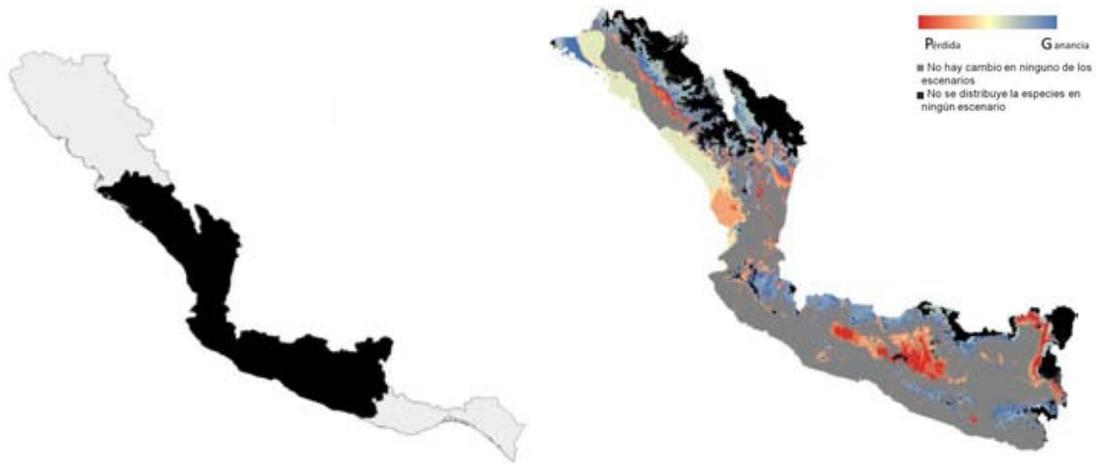
Tamias bulleri



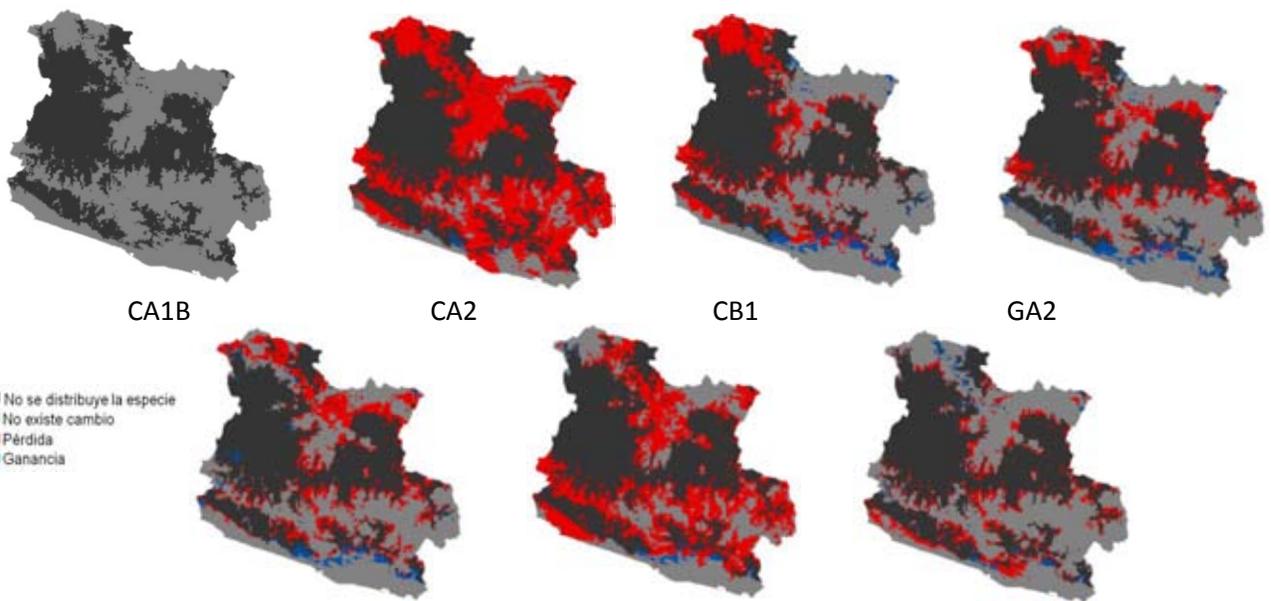
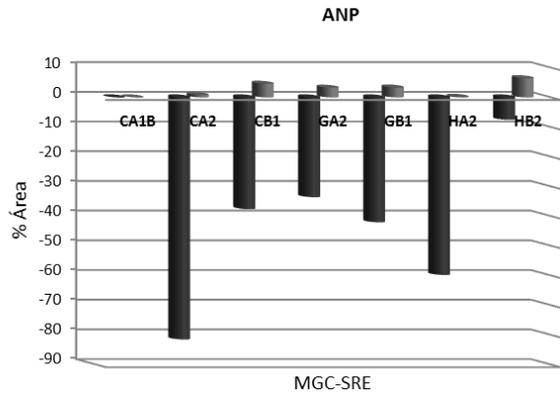
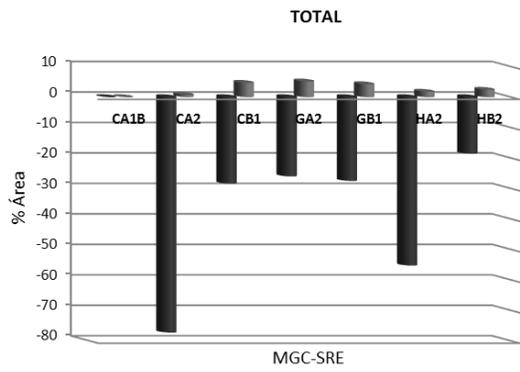
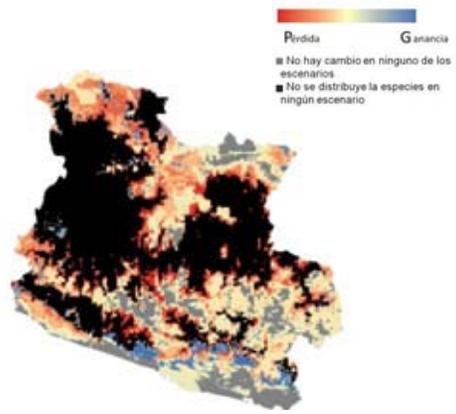
Tamias durangae



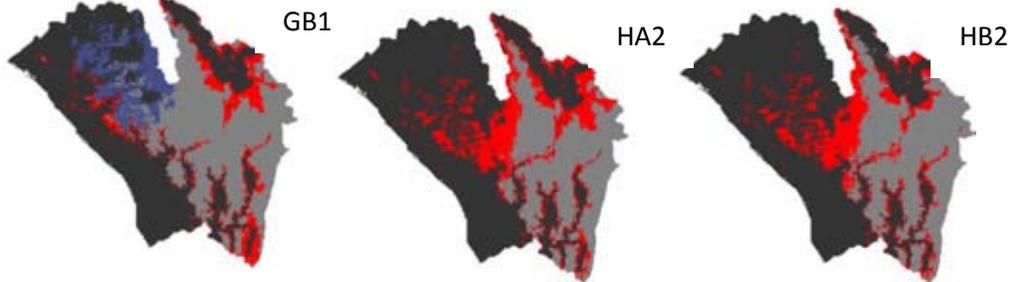
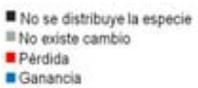
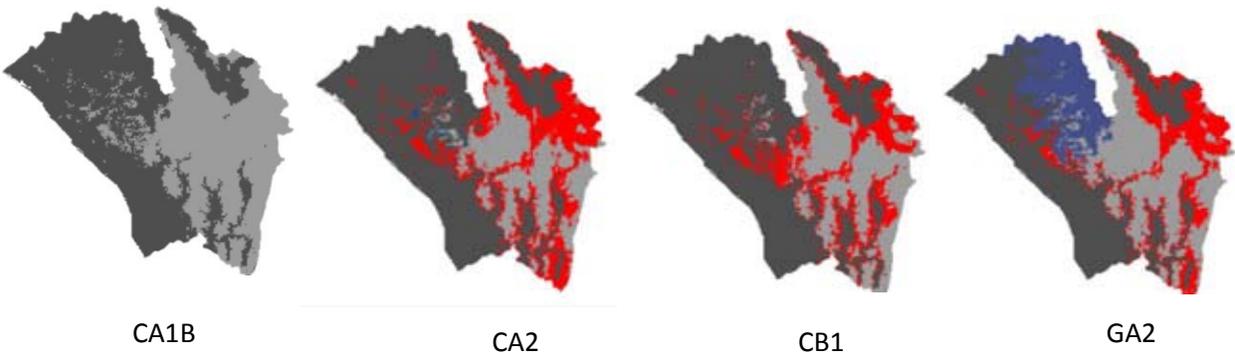
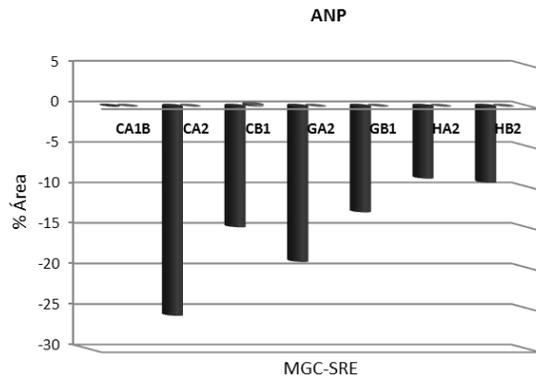
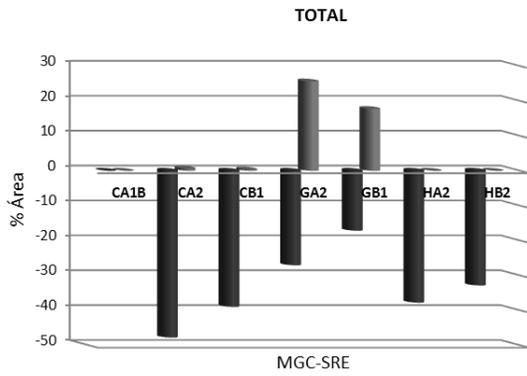
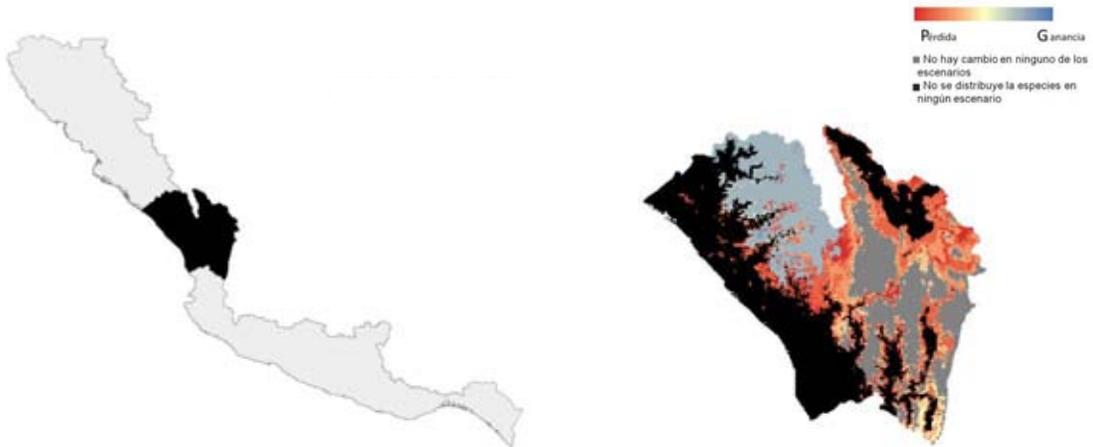
Hodomys alleni



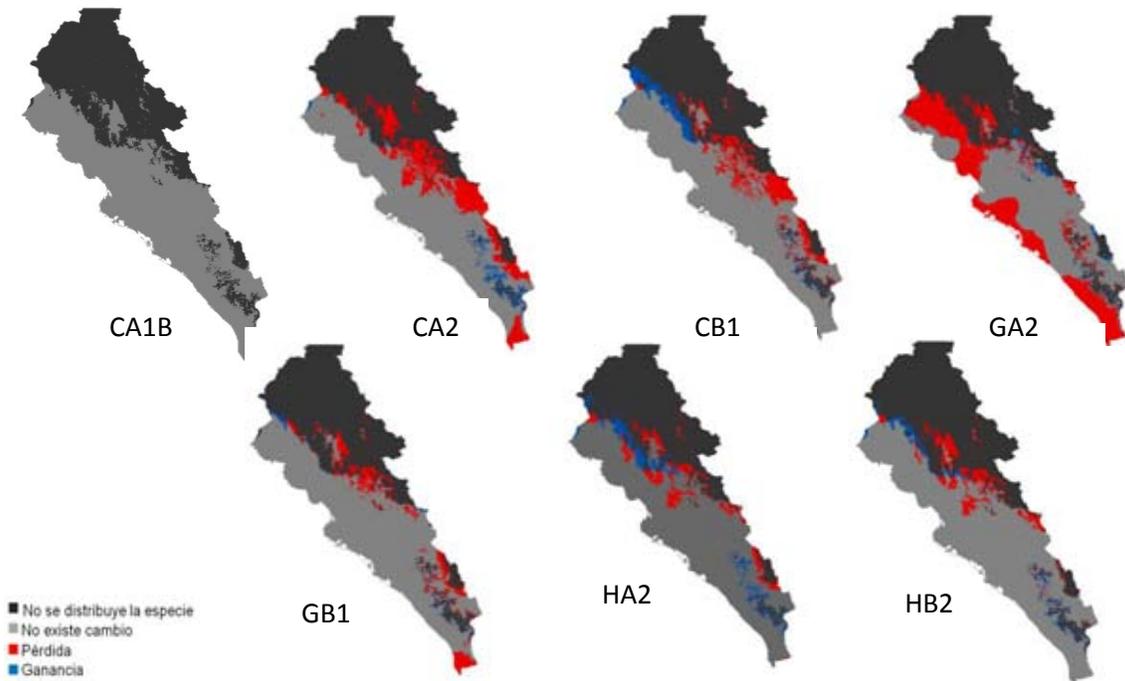
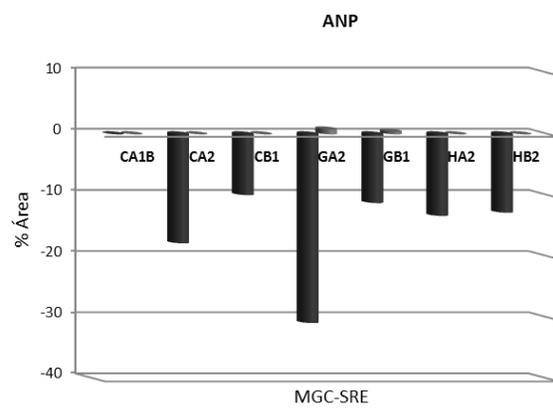
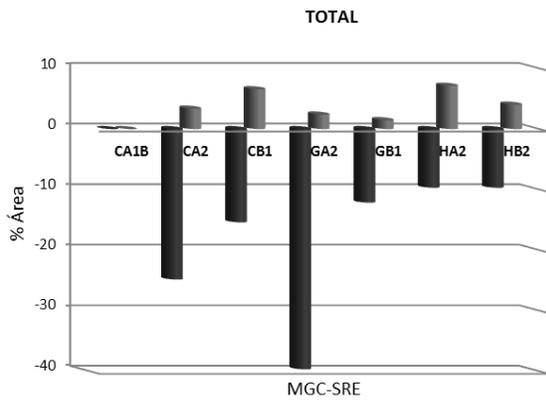
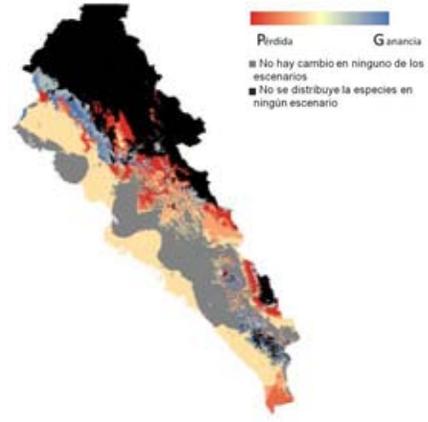
Megadontomys thomasi



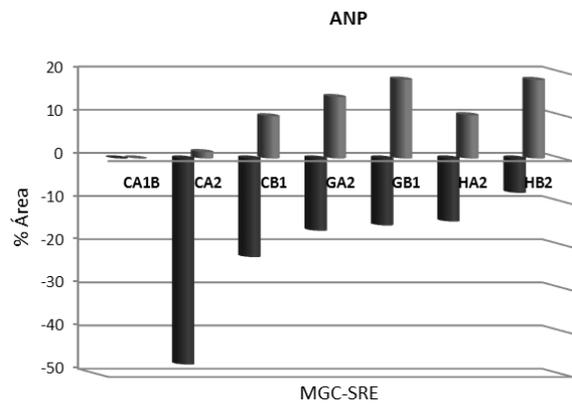
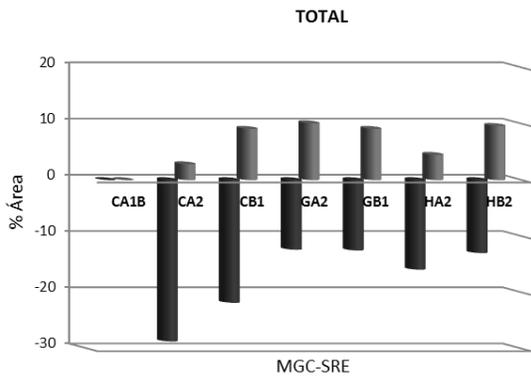
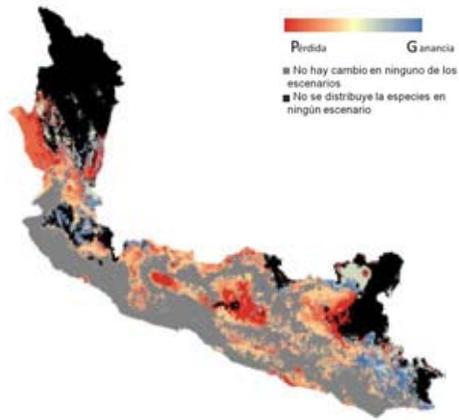
Nelsonia neotomodon



Neotoma phenax



Osgoodomys banderanus



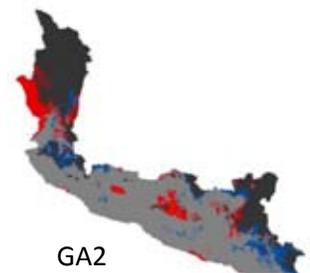
CA1B



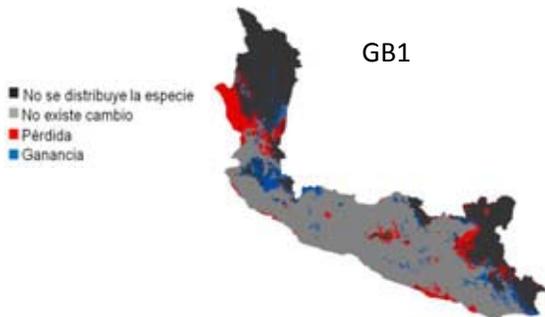
CA2



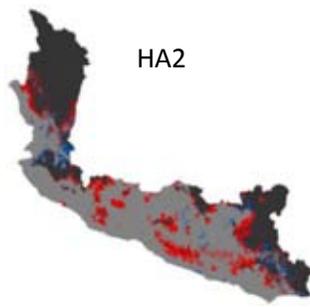
CB1



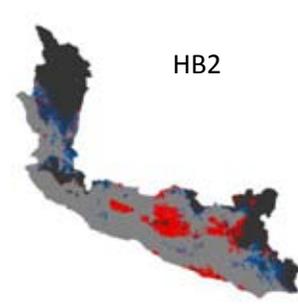
GA2



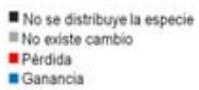
GB1



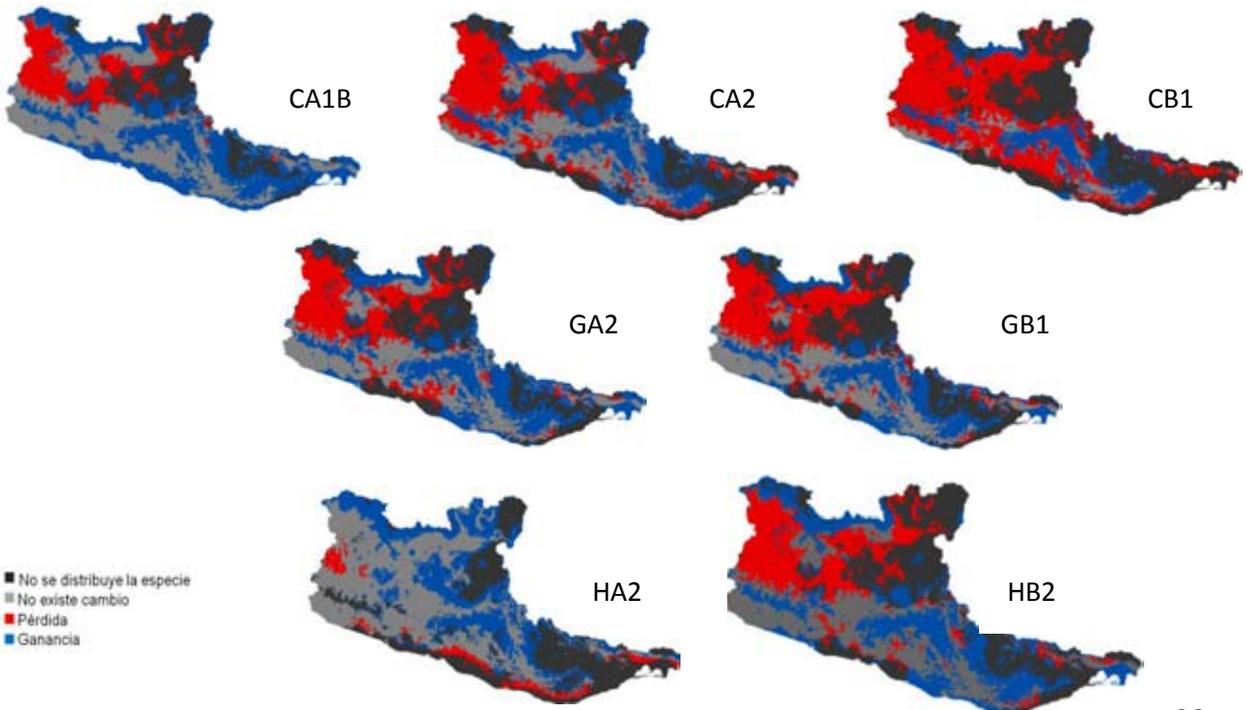
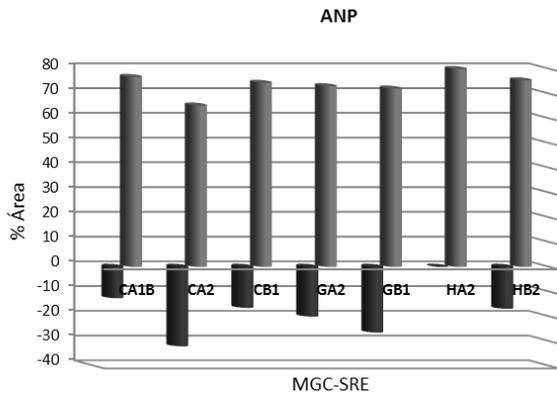
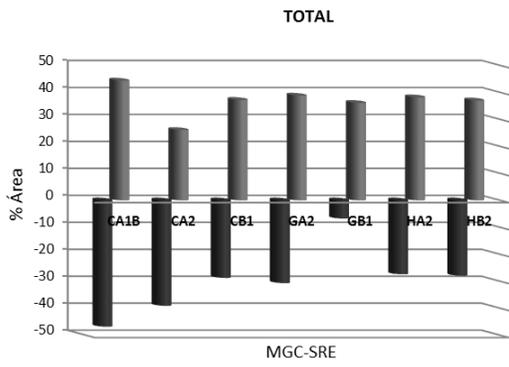
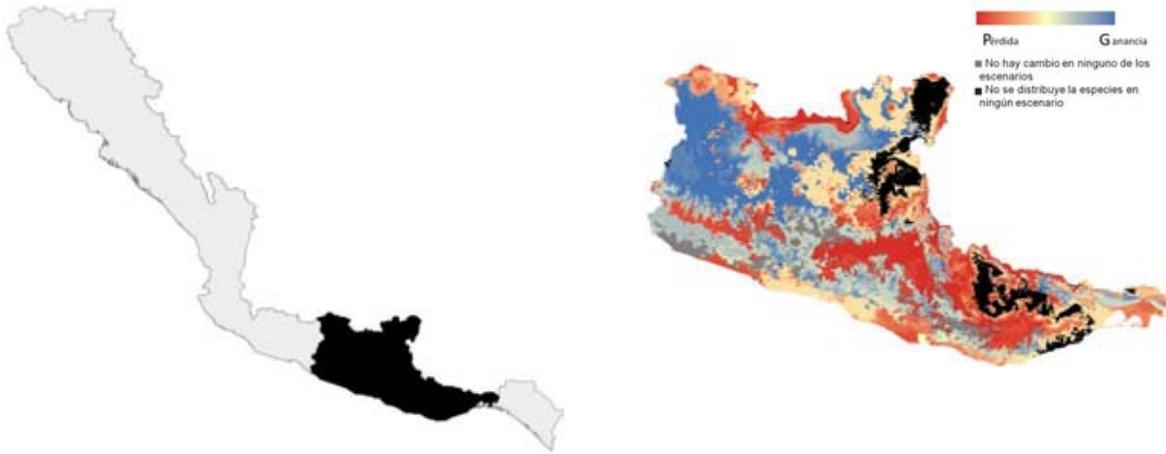
HA2



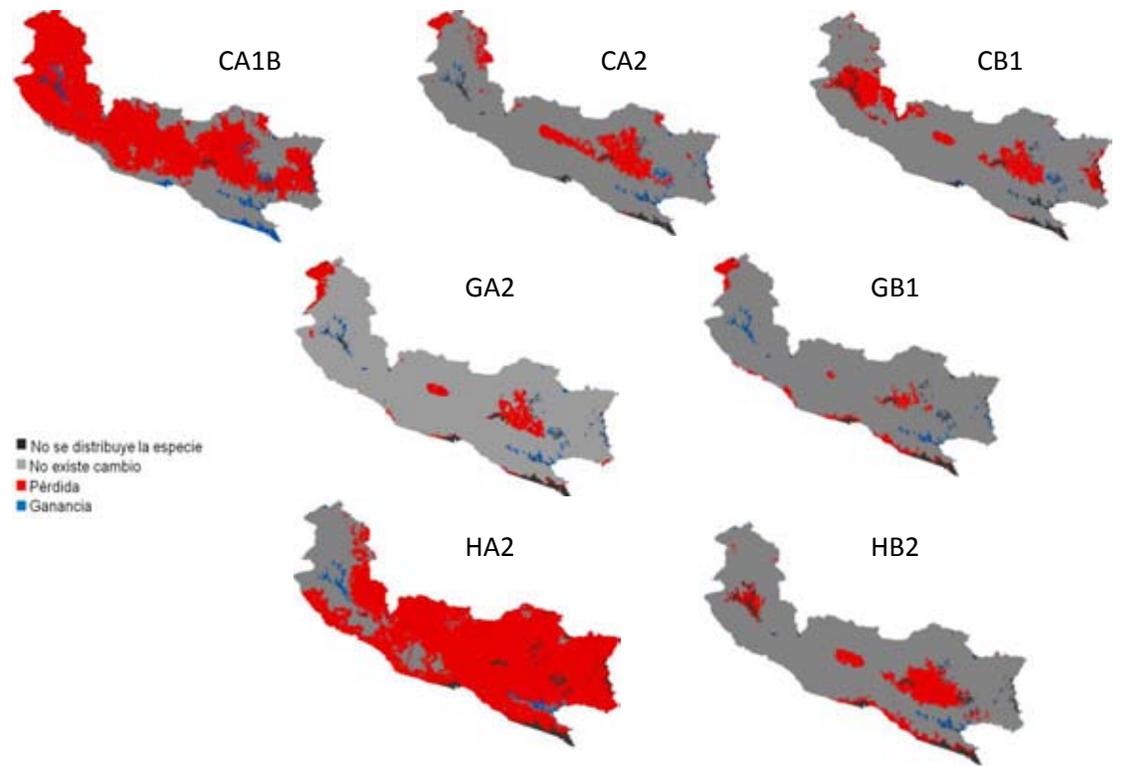
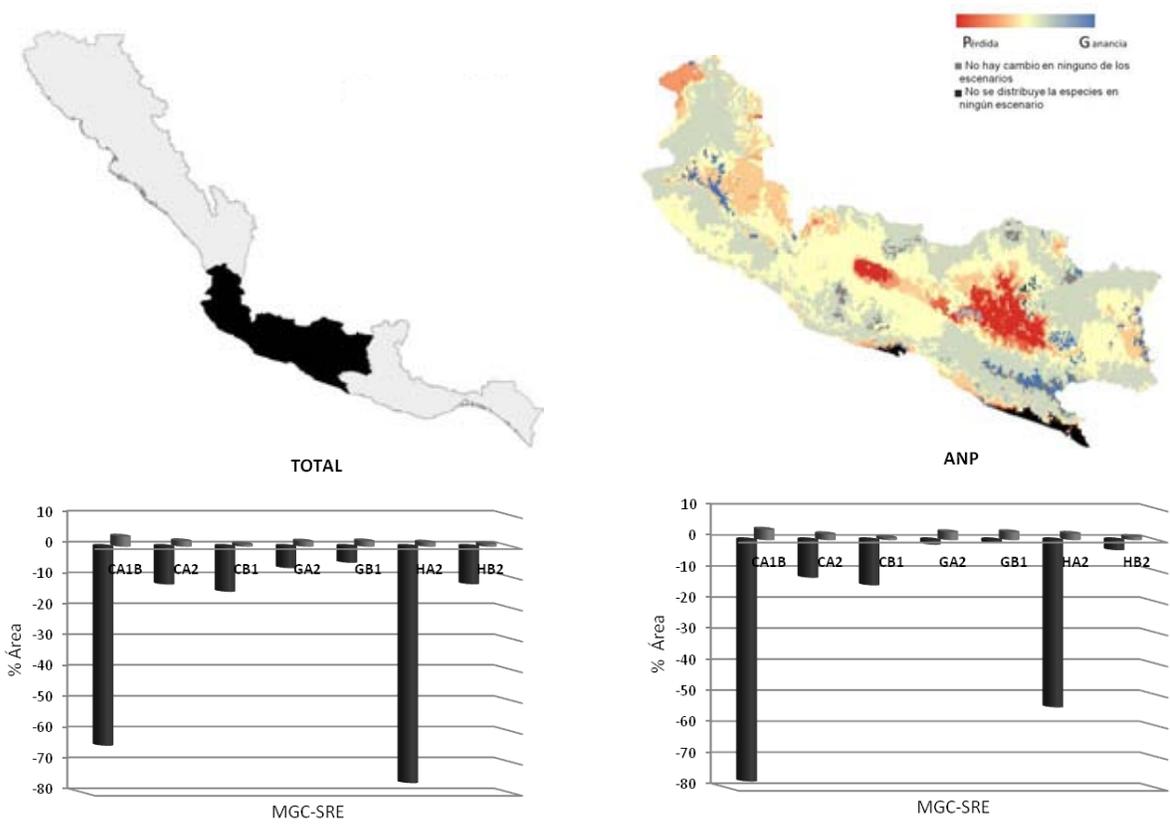
HB2



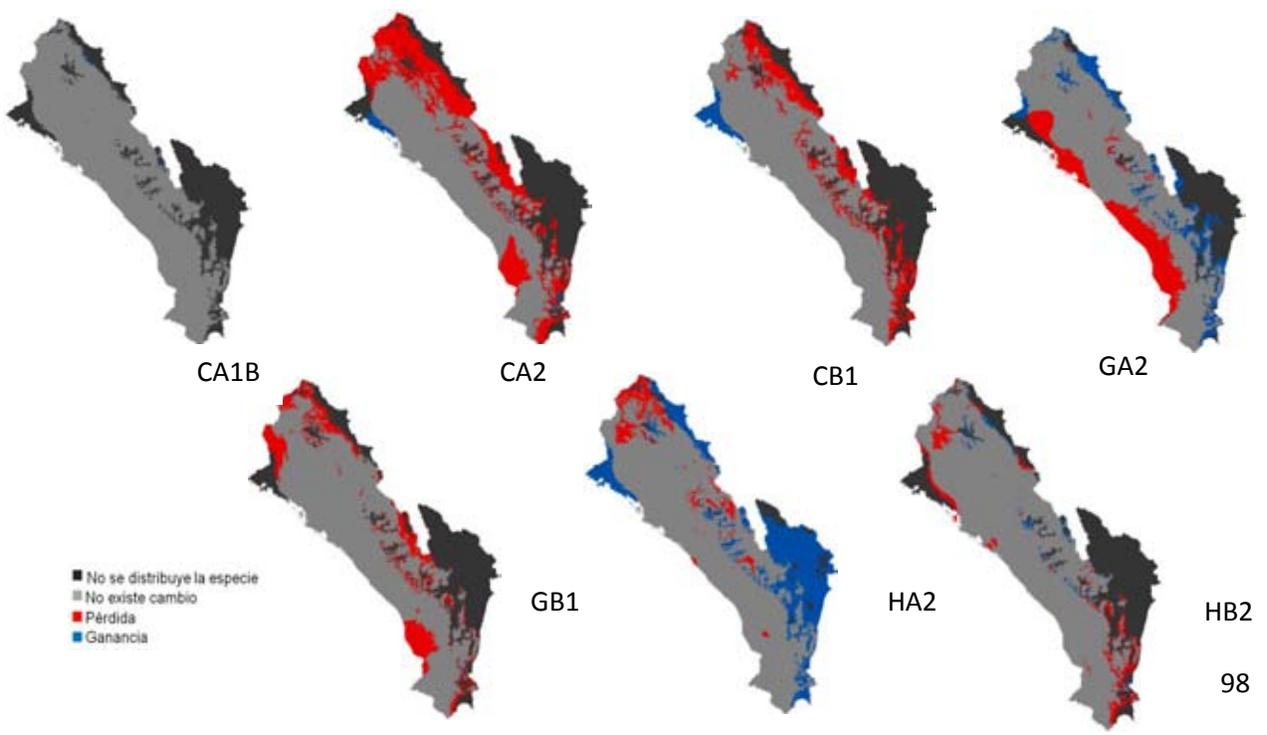
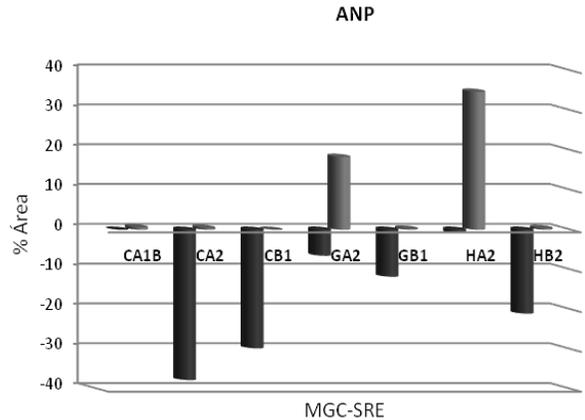
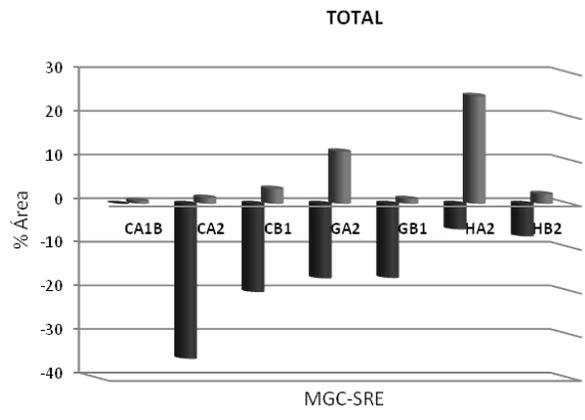
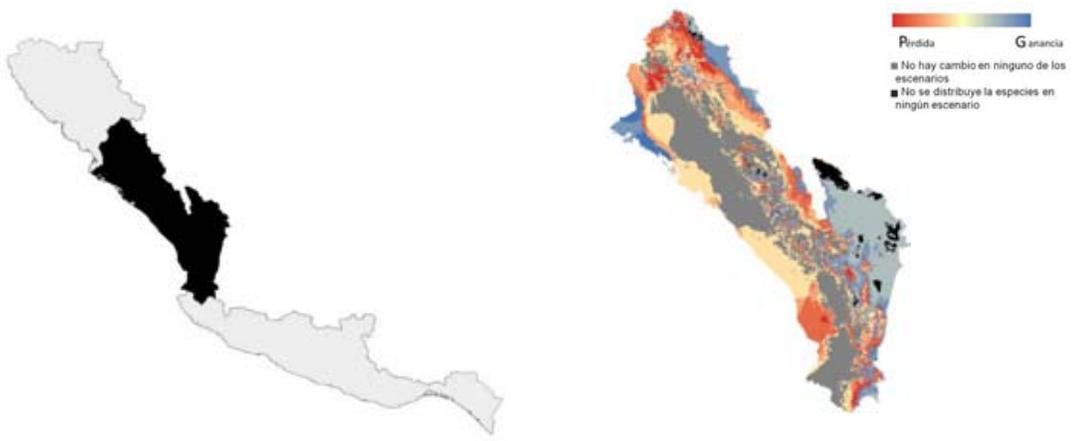
Peromyscus megalops



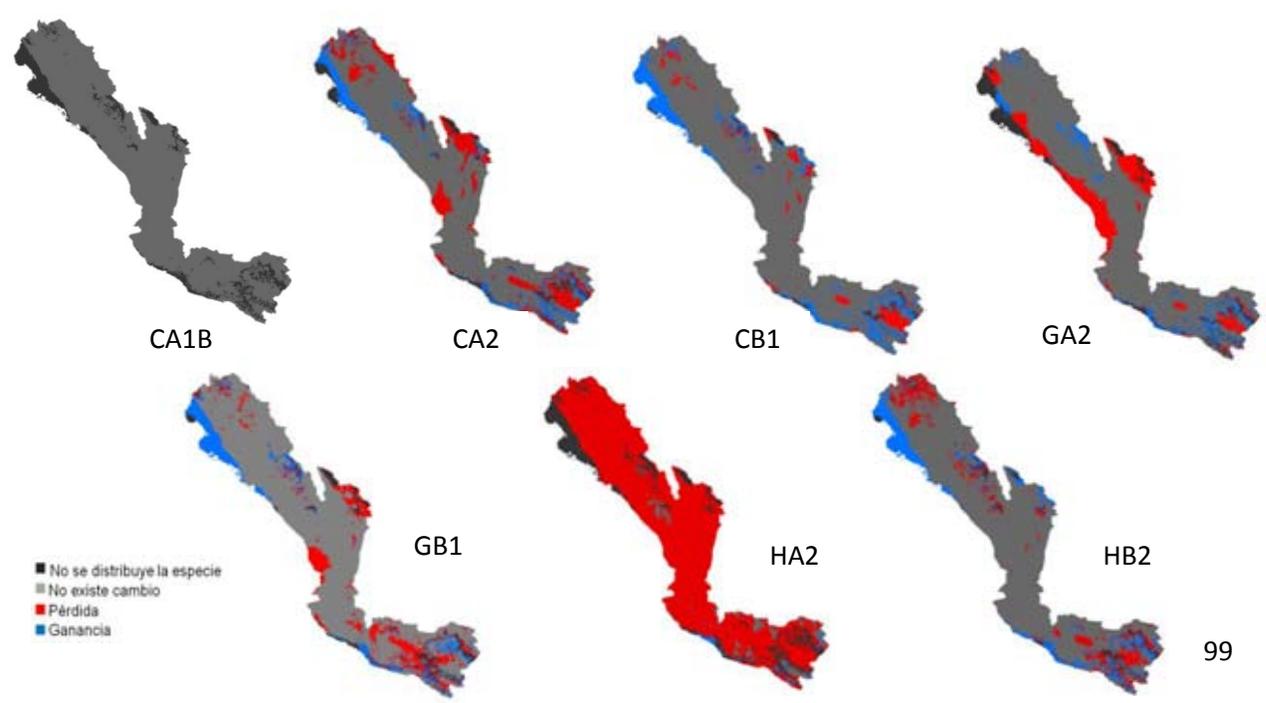
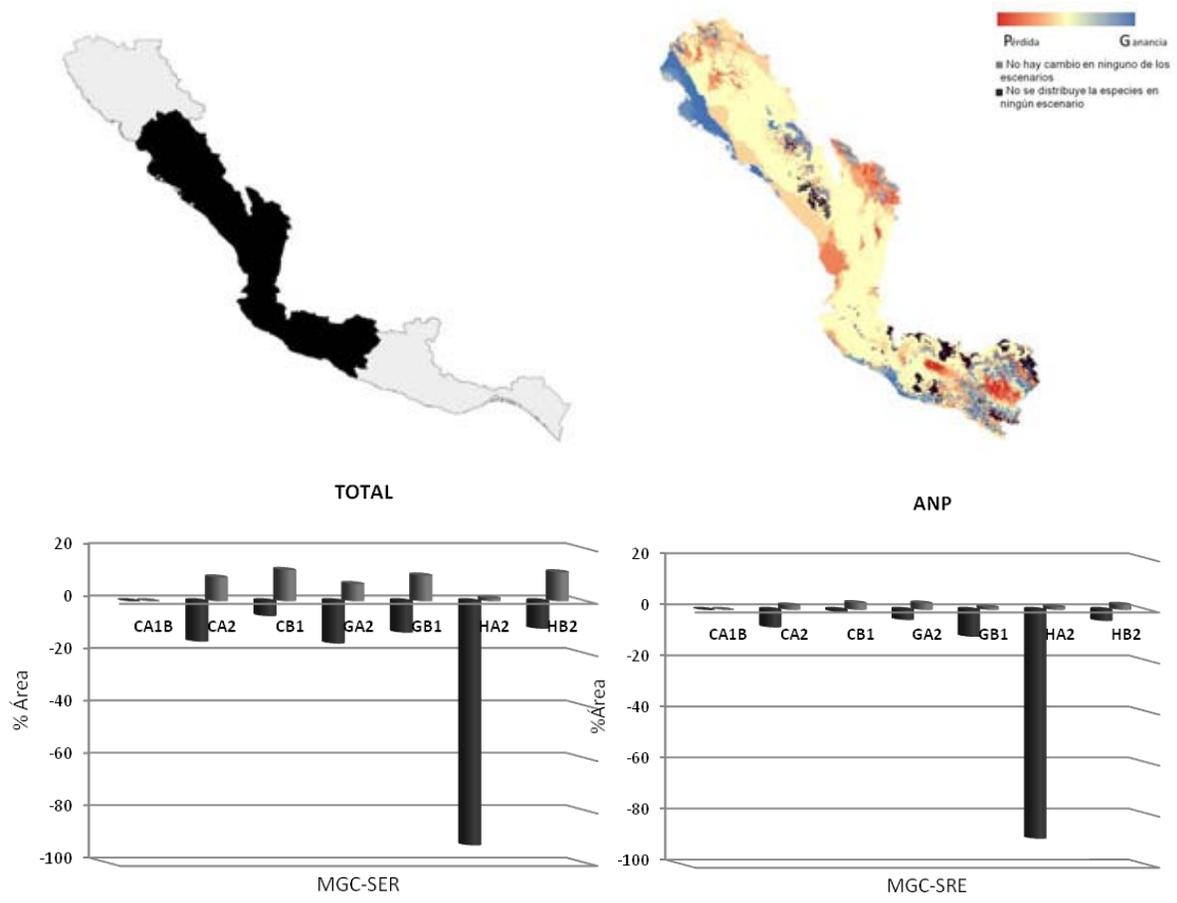
Peromyscus perfulvus



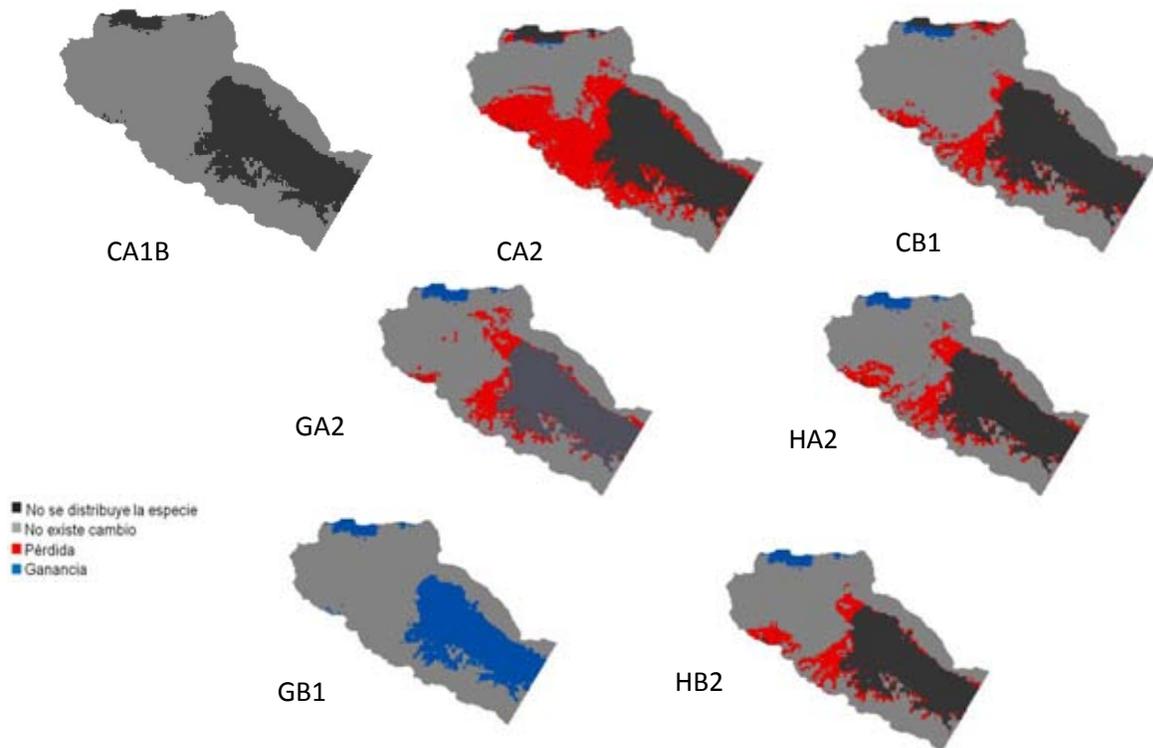
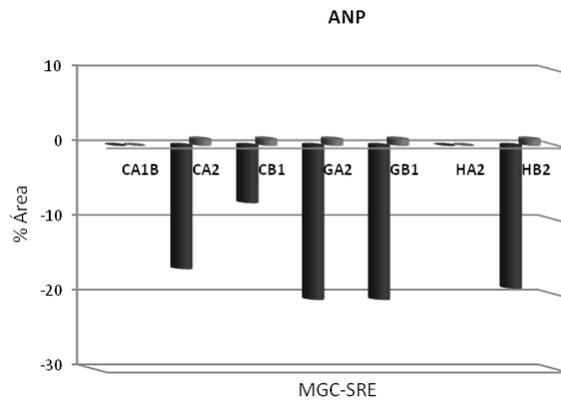
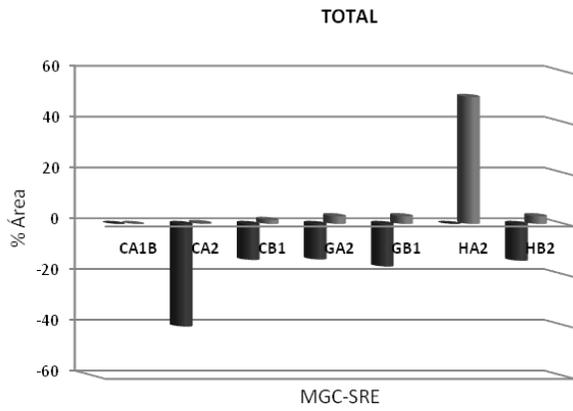
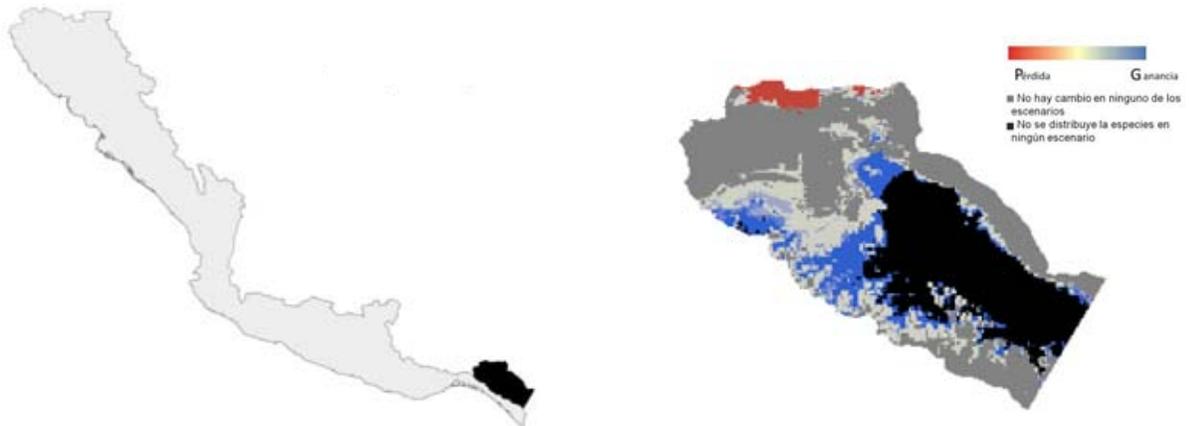
Peromyscus simulus



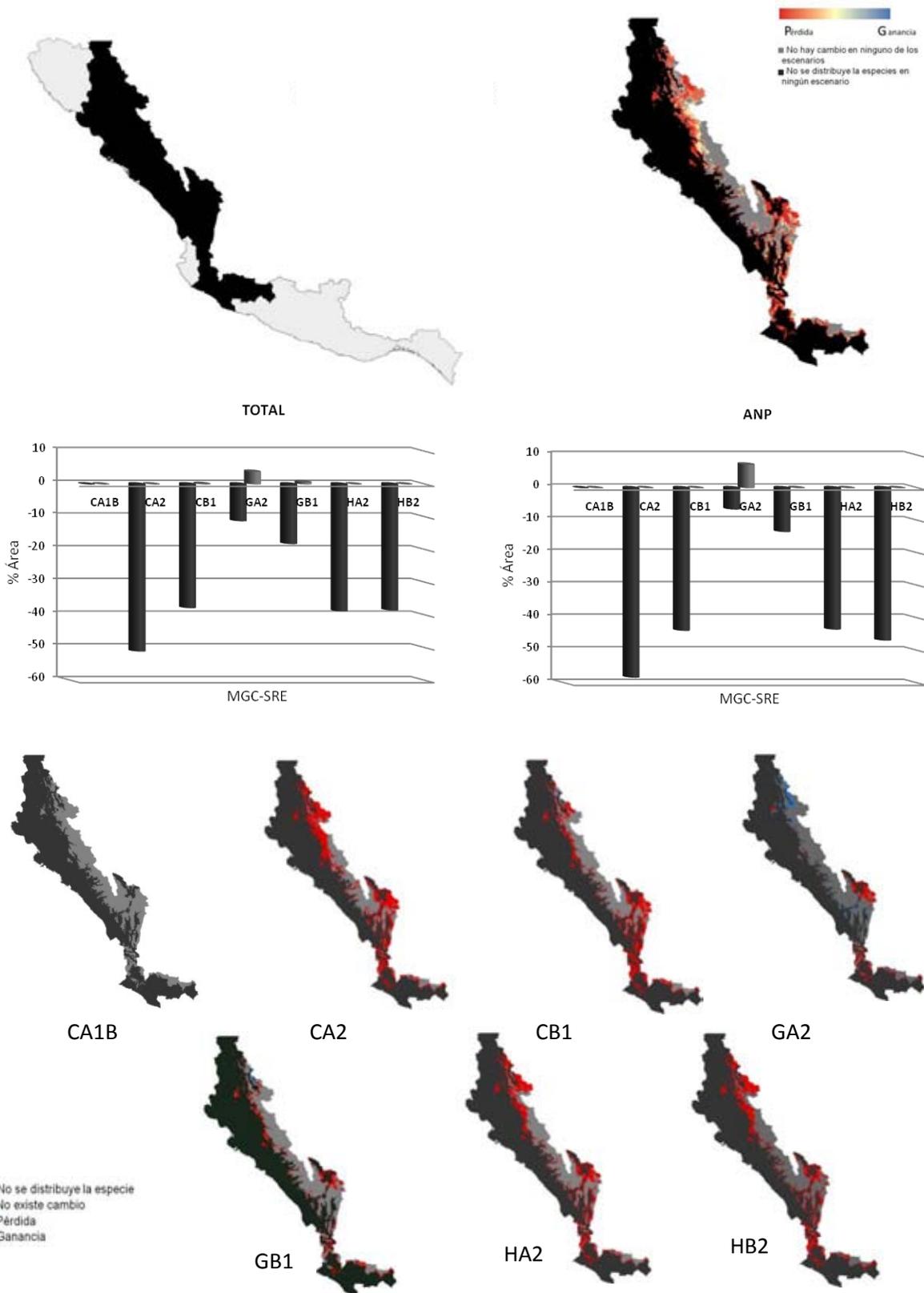
Peromyscus spicilegus



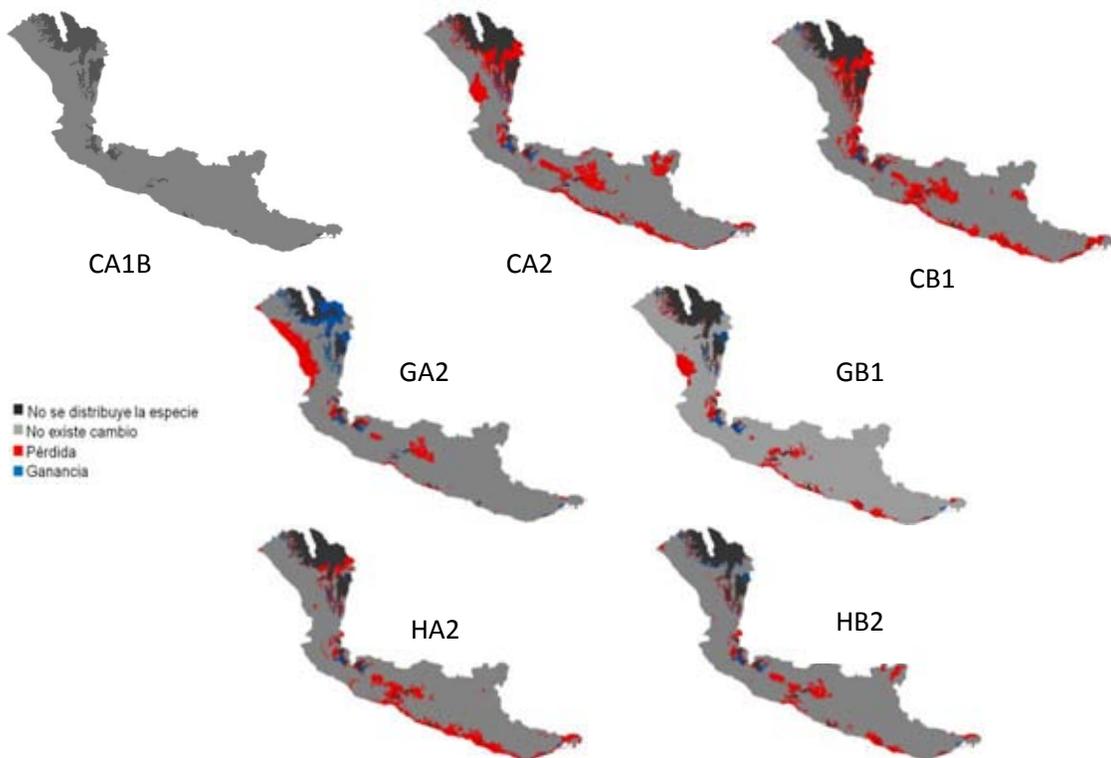
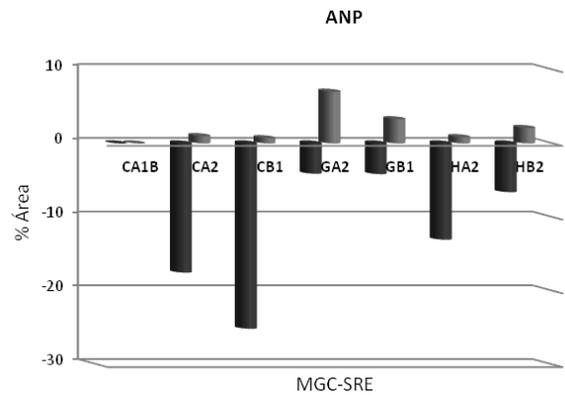
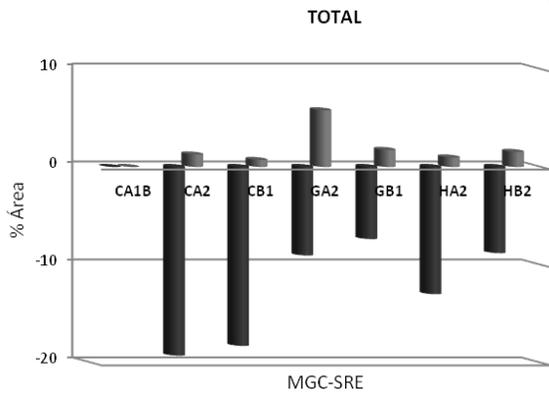
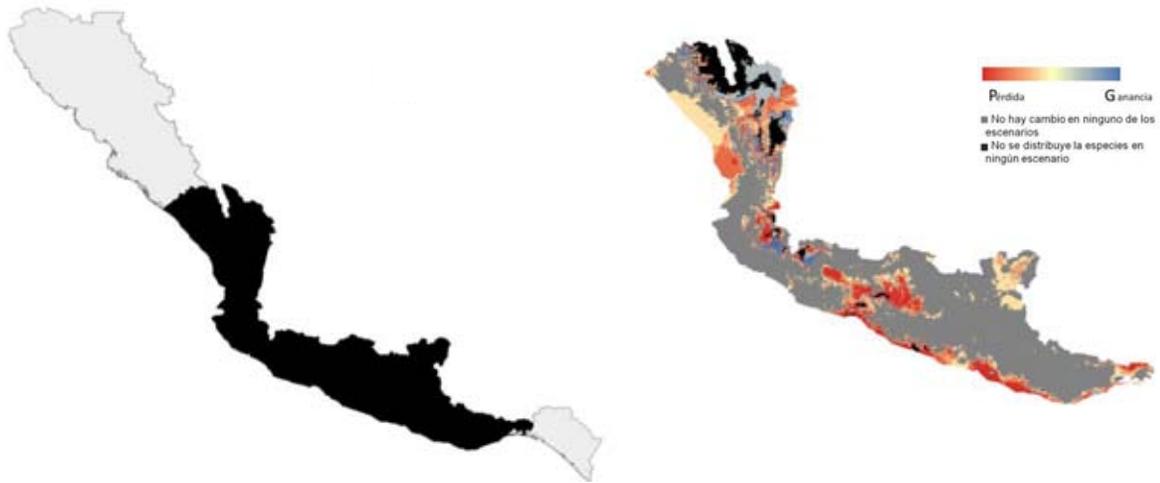
Peromyscus zarhinchus



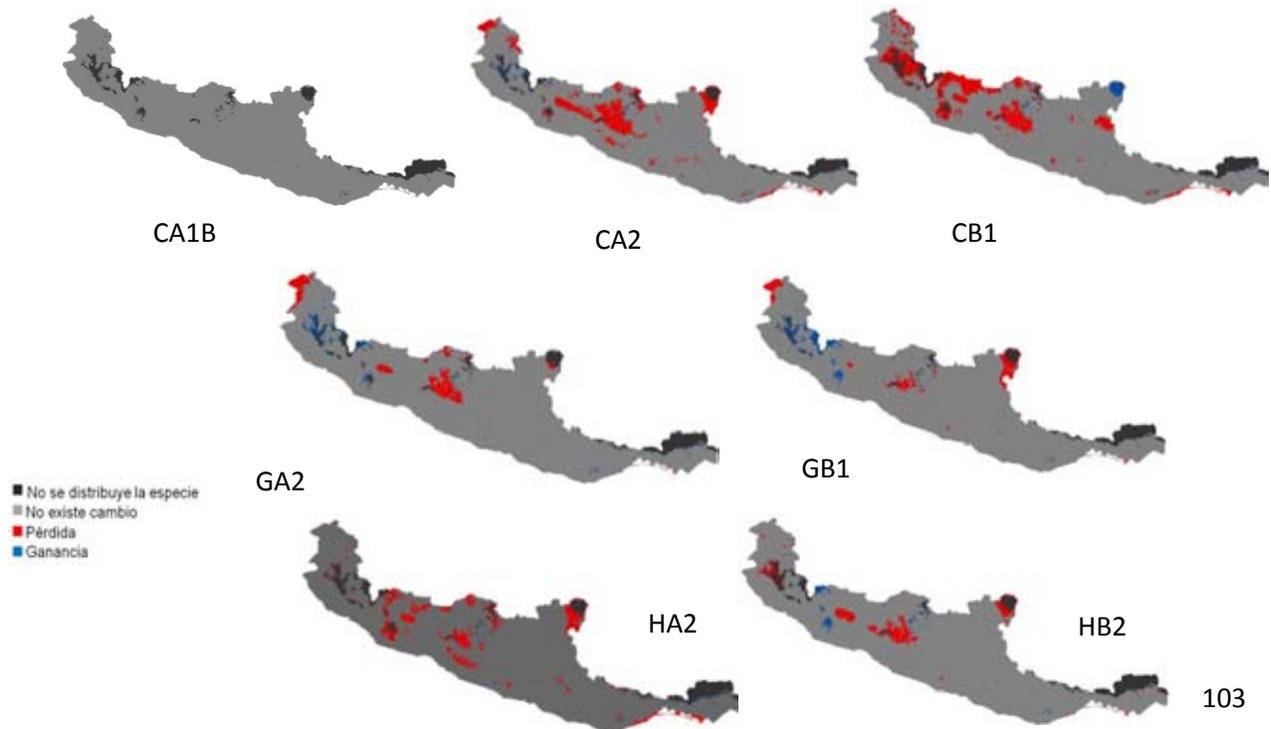
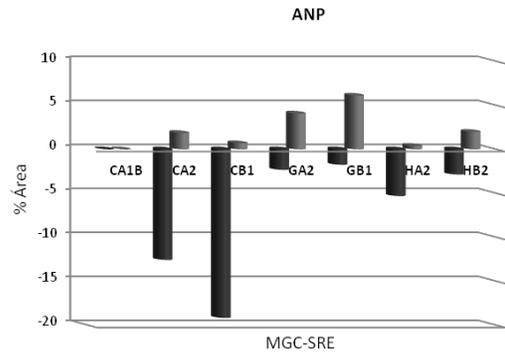
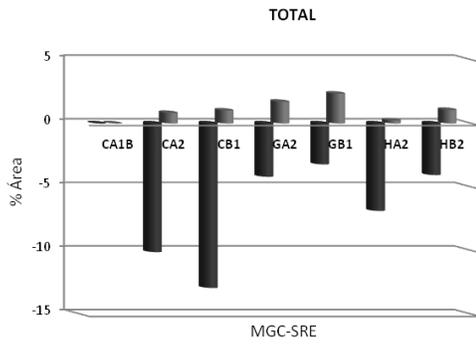
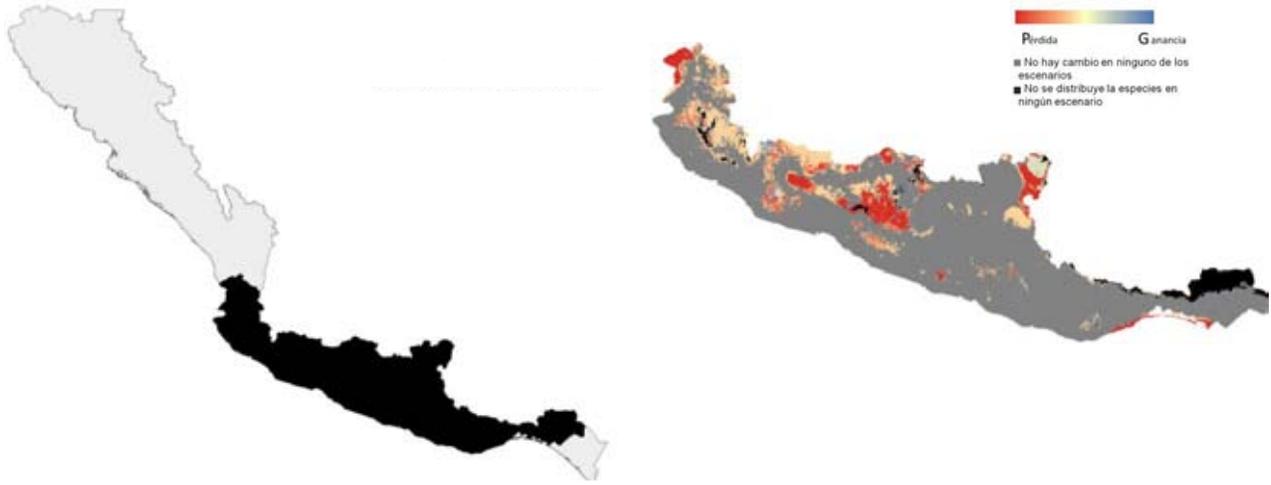
Reithrodontomys zacatecae



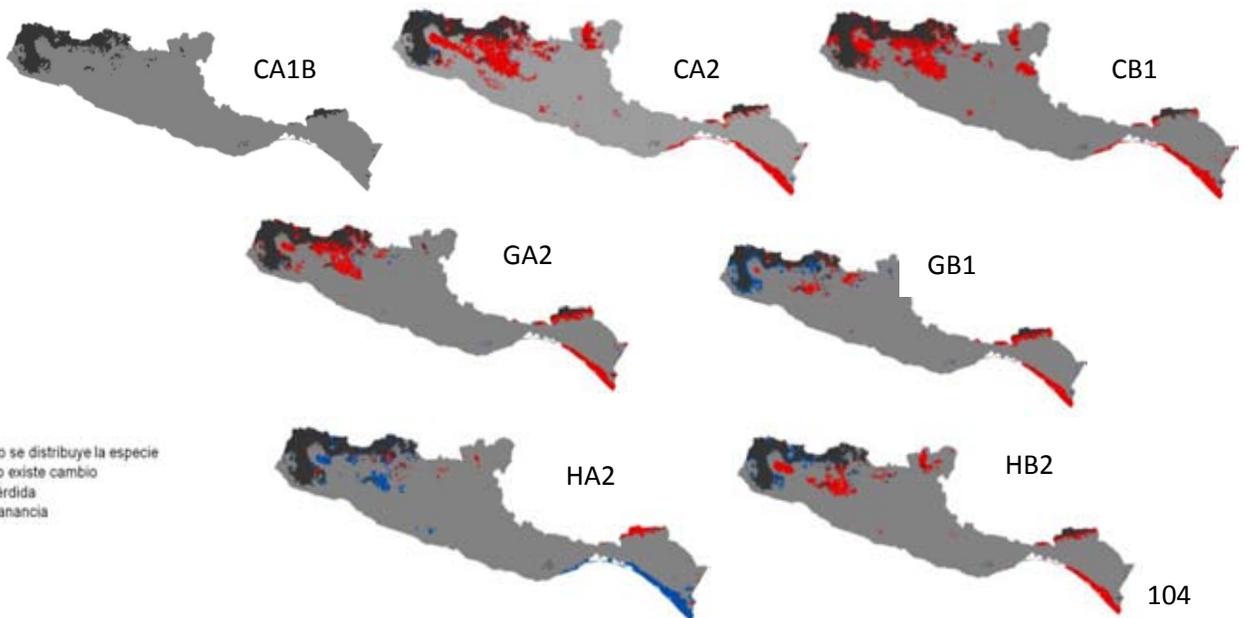
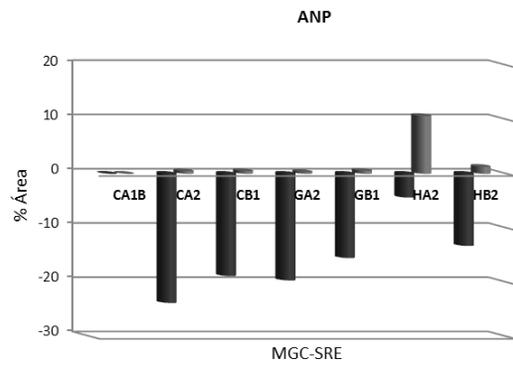
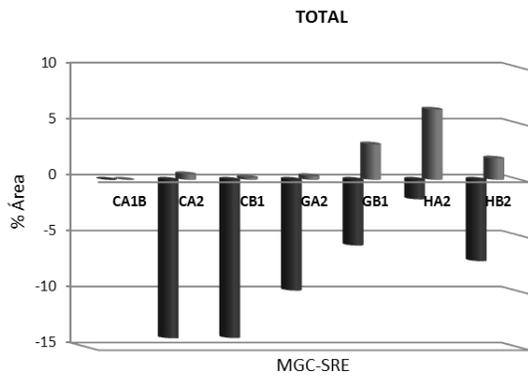
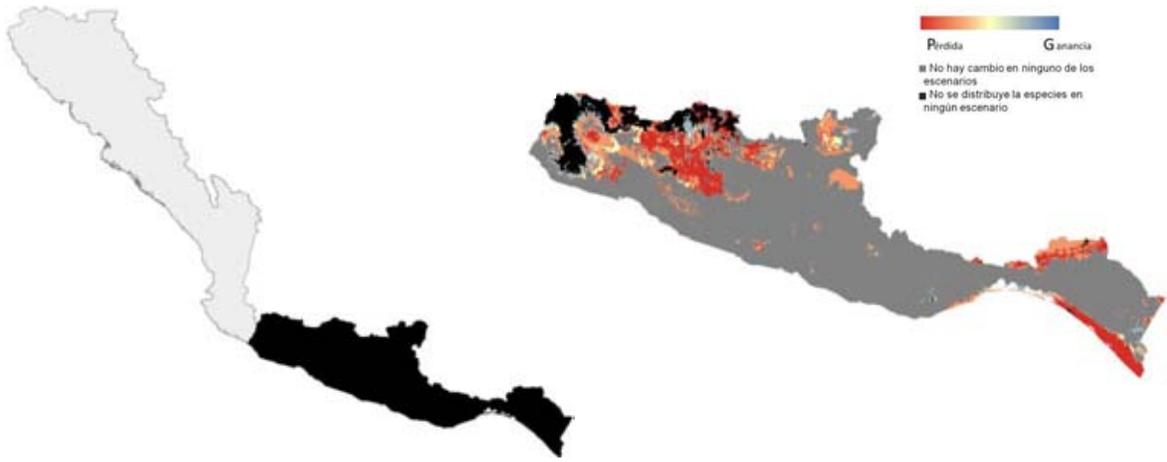
Sigmodon alleni



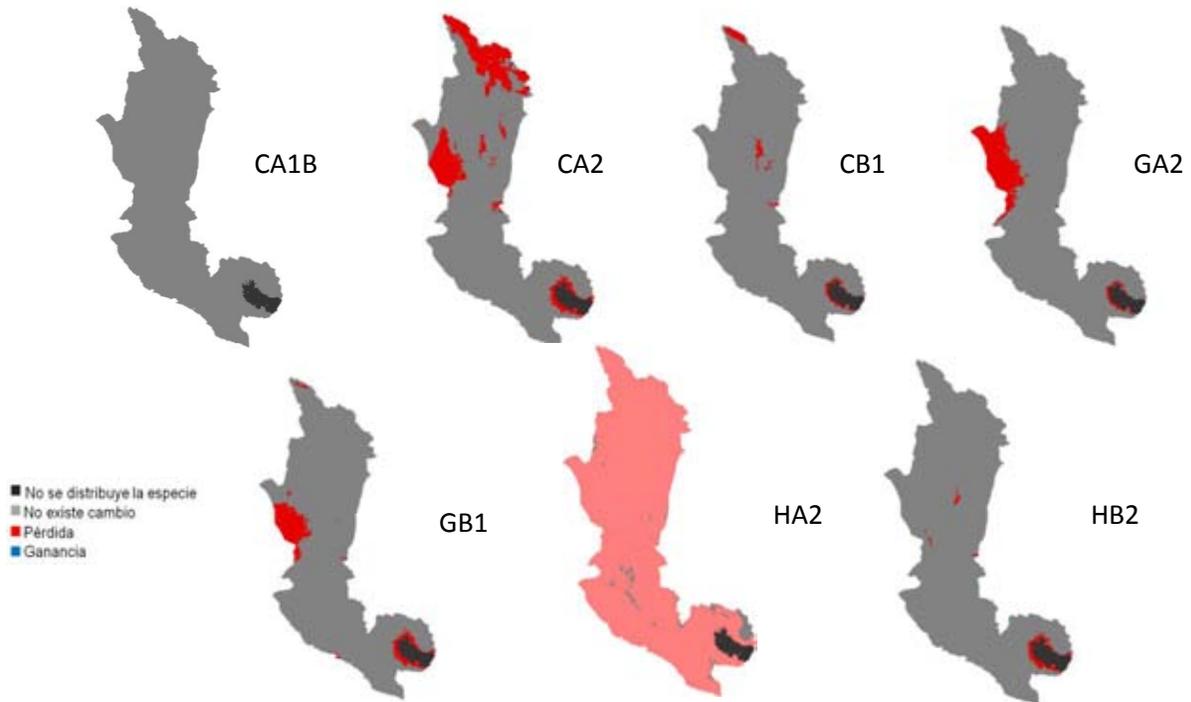
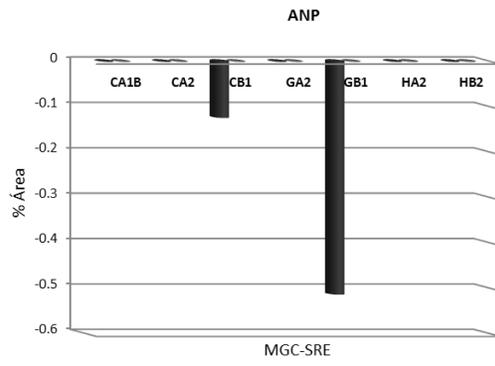
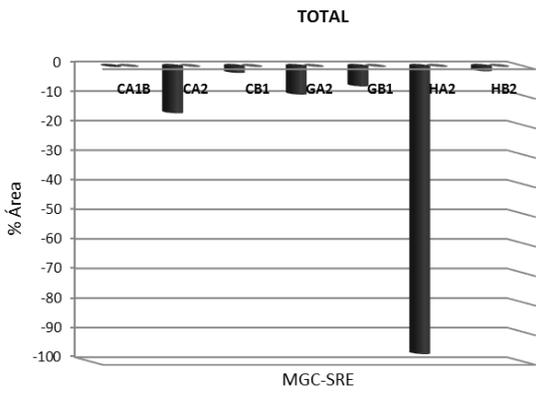
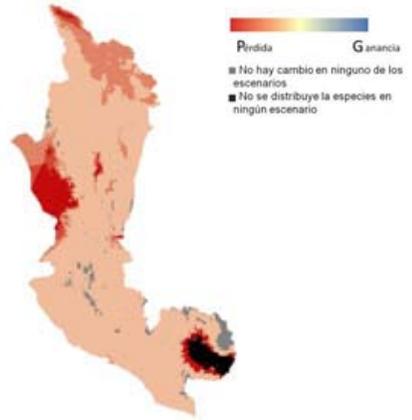
Sigmodon mascotensis



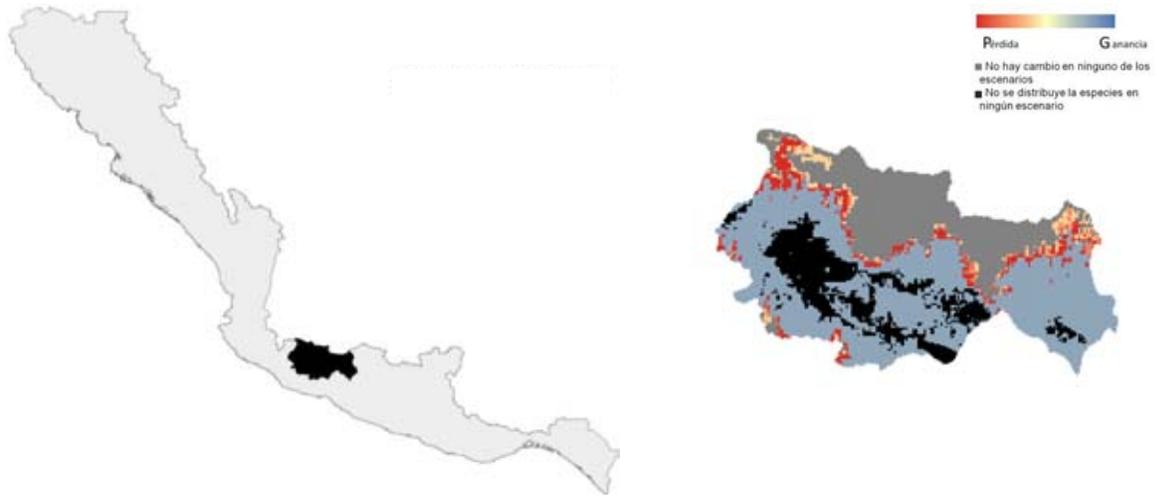
Orthogeomys grandis



Pappogeomys bulleri

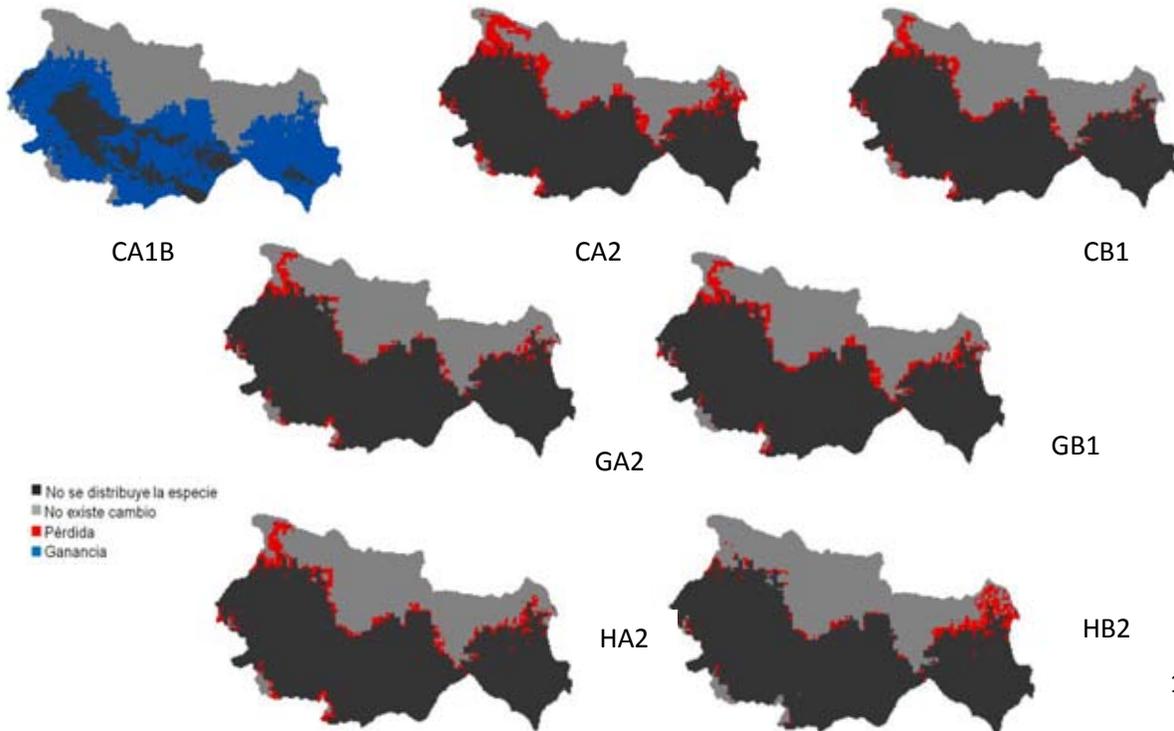
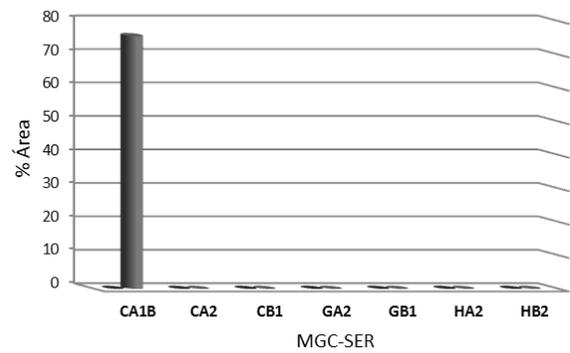
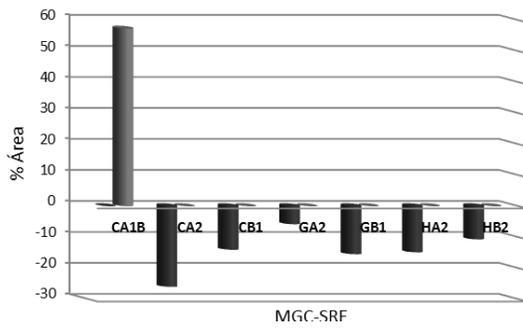


Zygoeomys trichopus

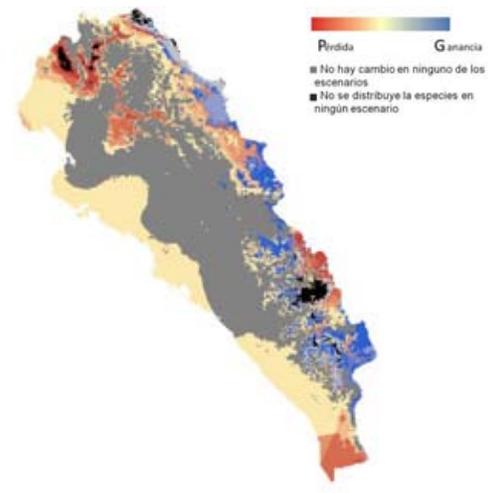


TOTAL

ANP

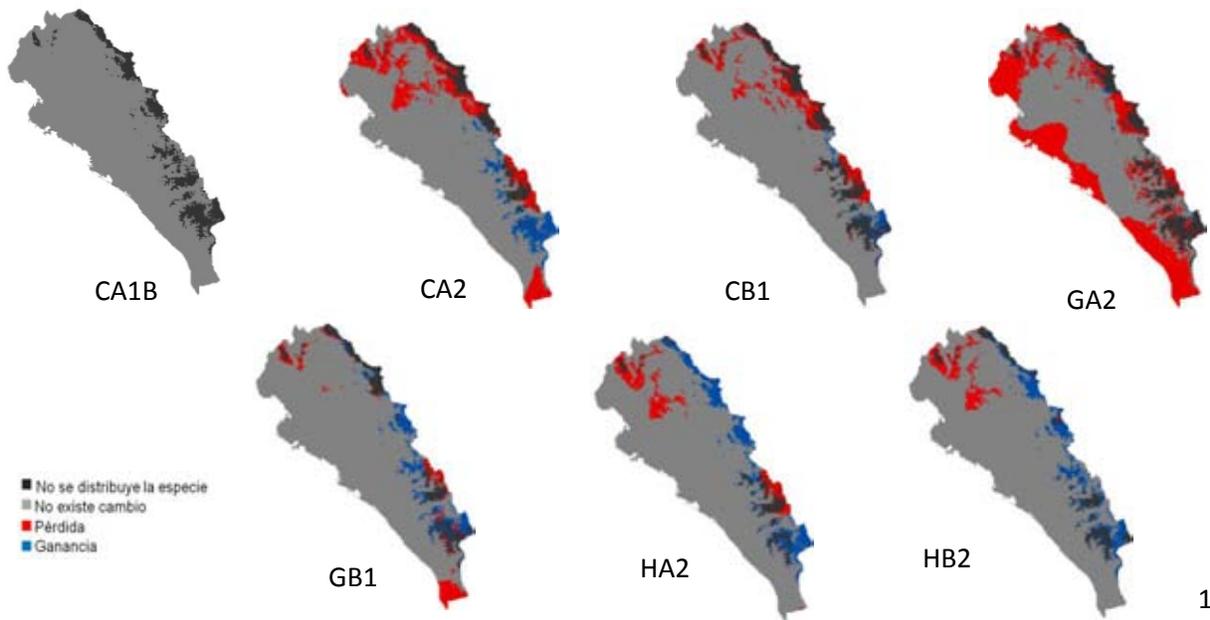
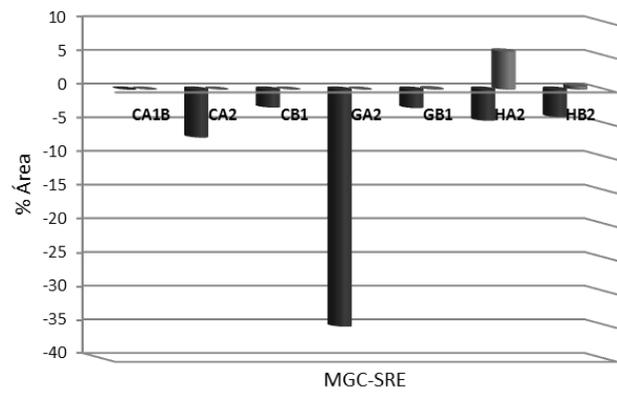
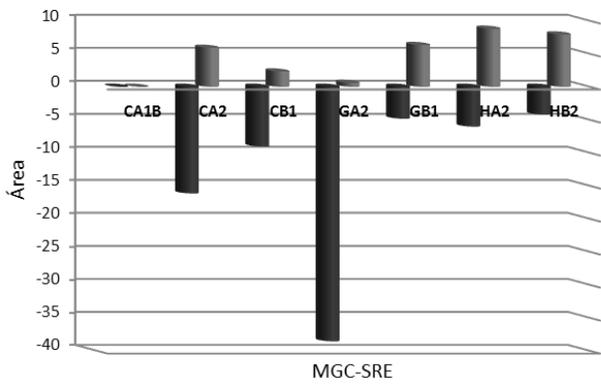


Chaetodipus artus

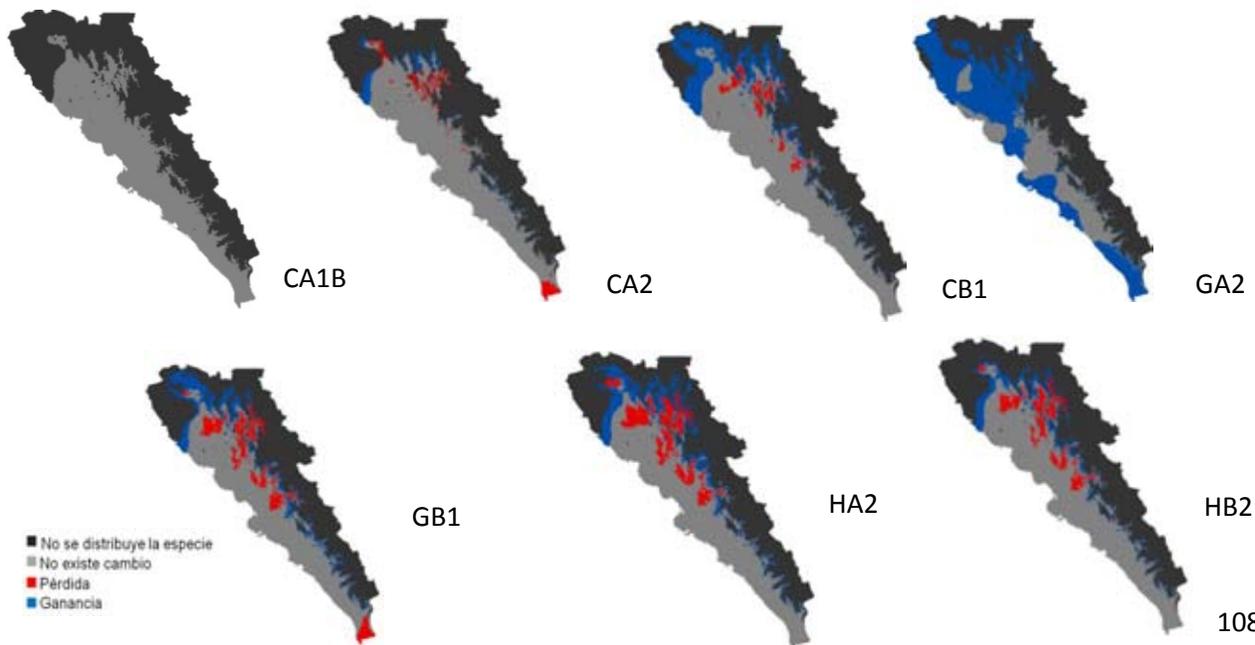
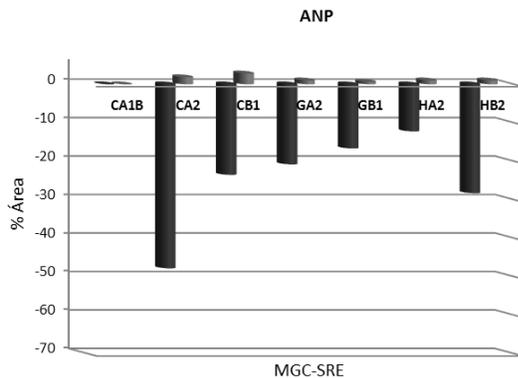
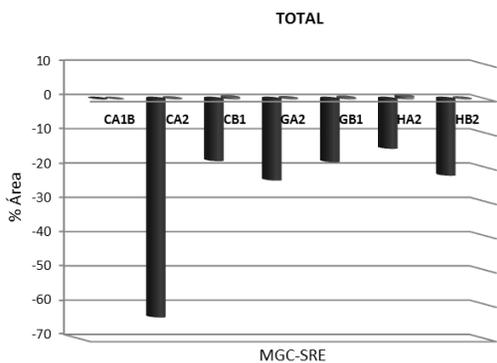
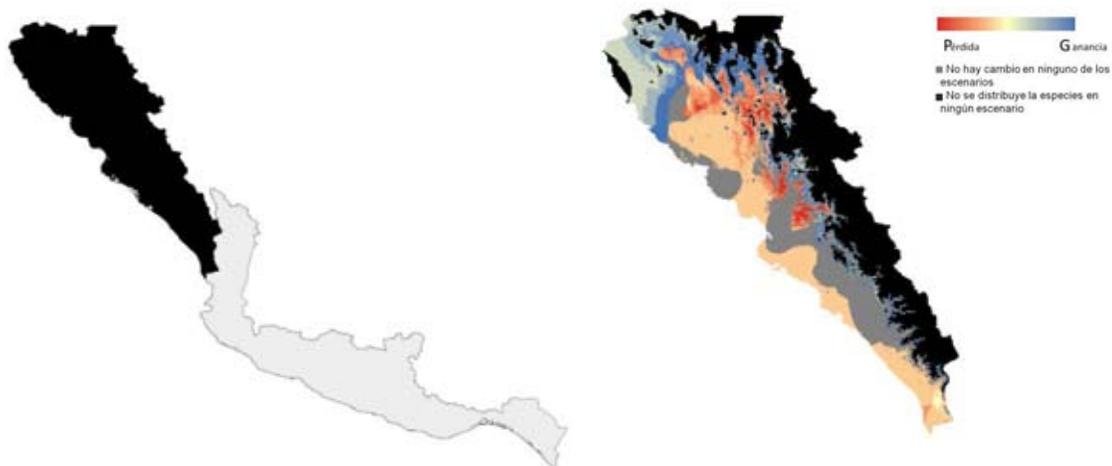


TOTAL

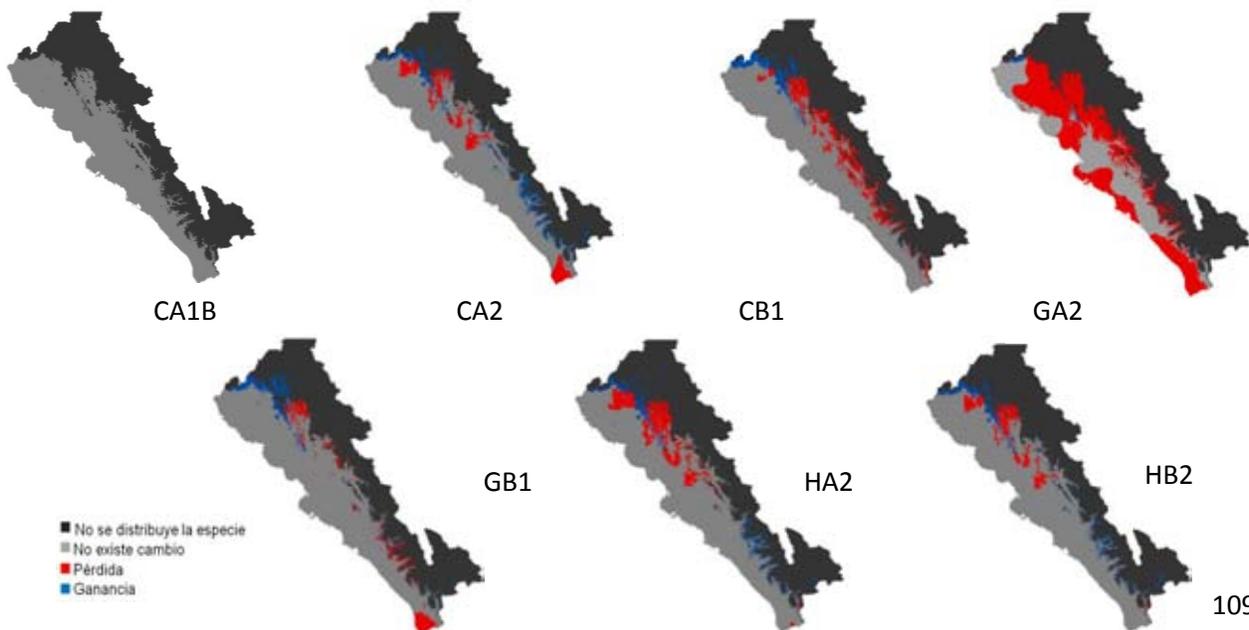
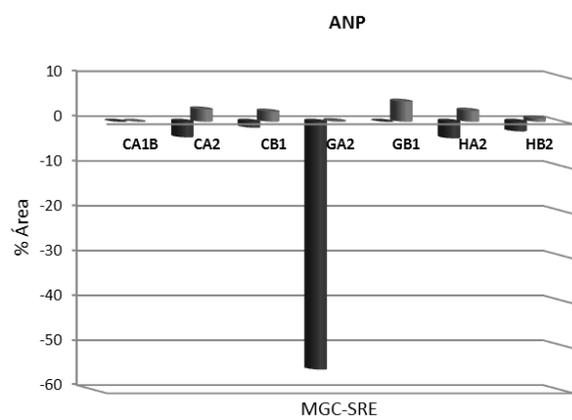
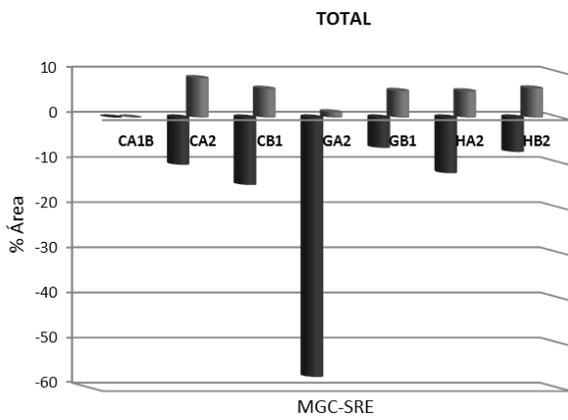
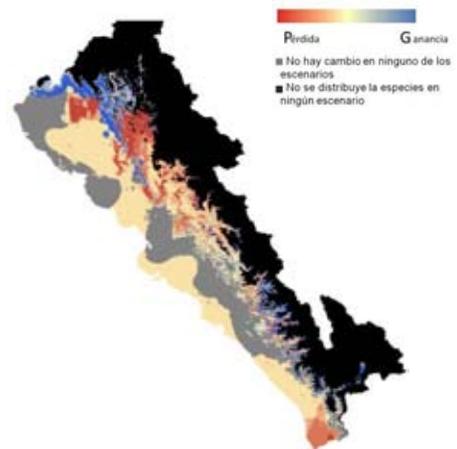
ANP



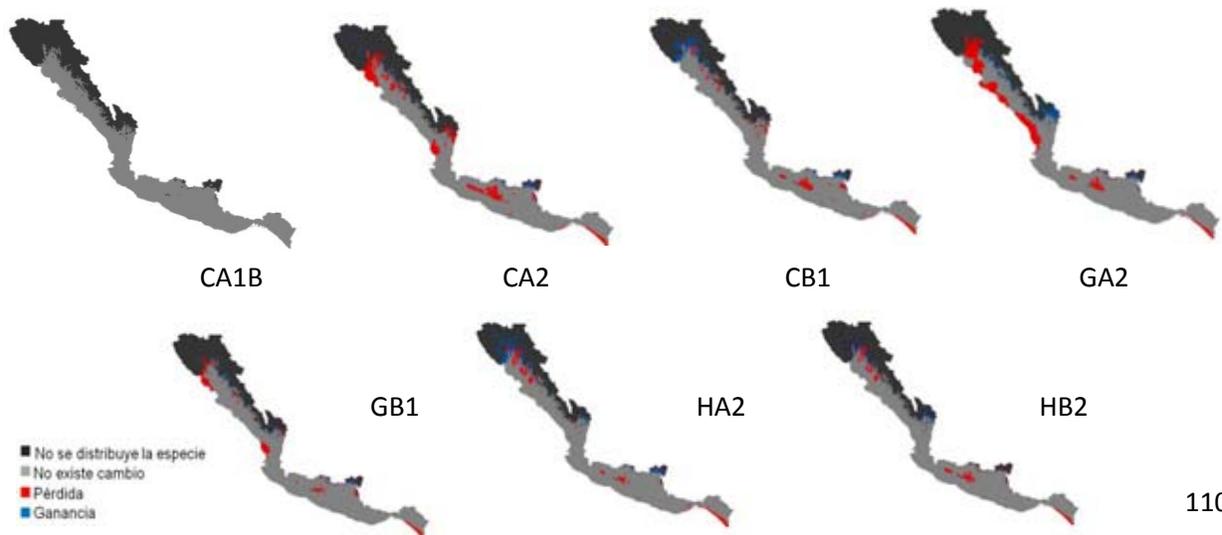
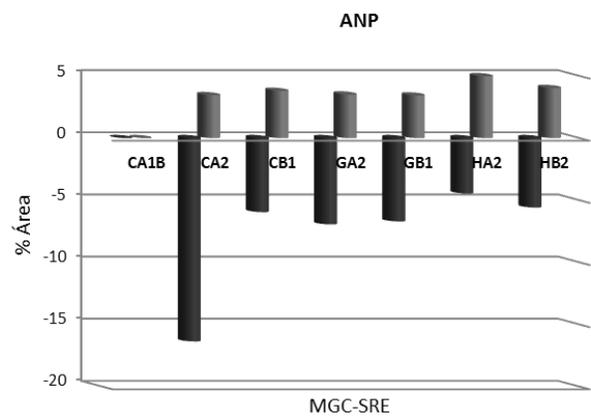
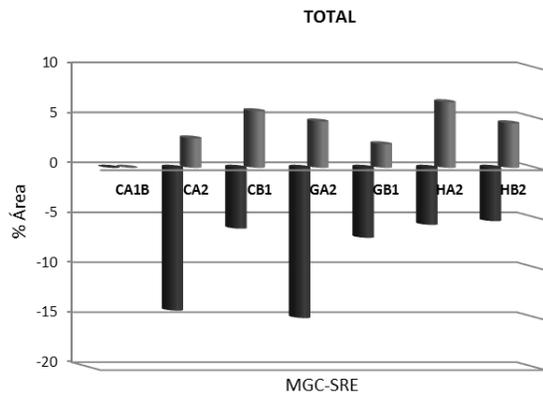
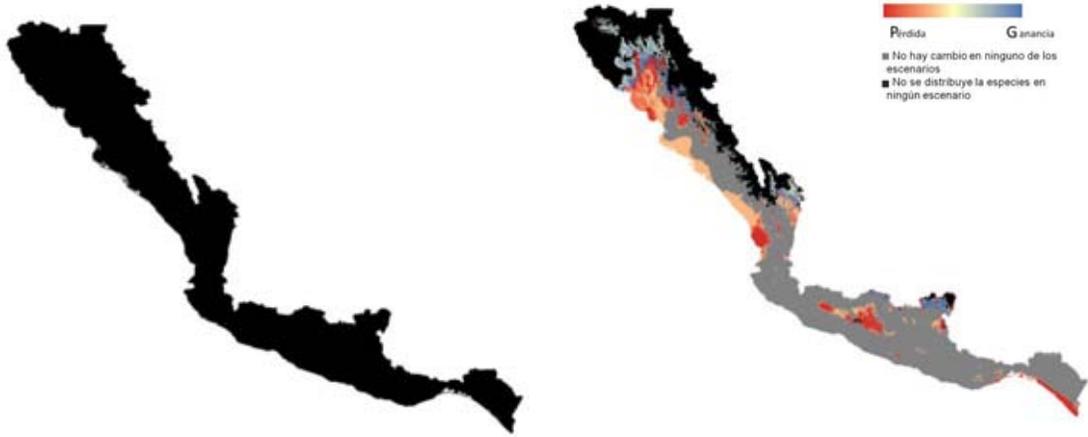
Chaetodipus goldmani



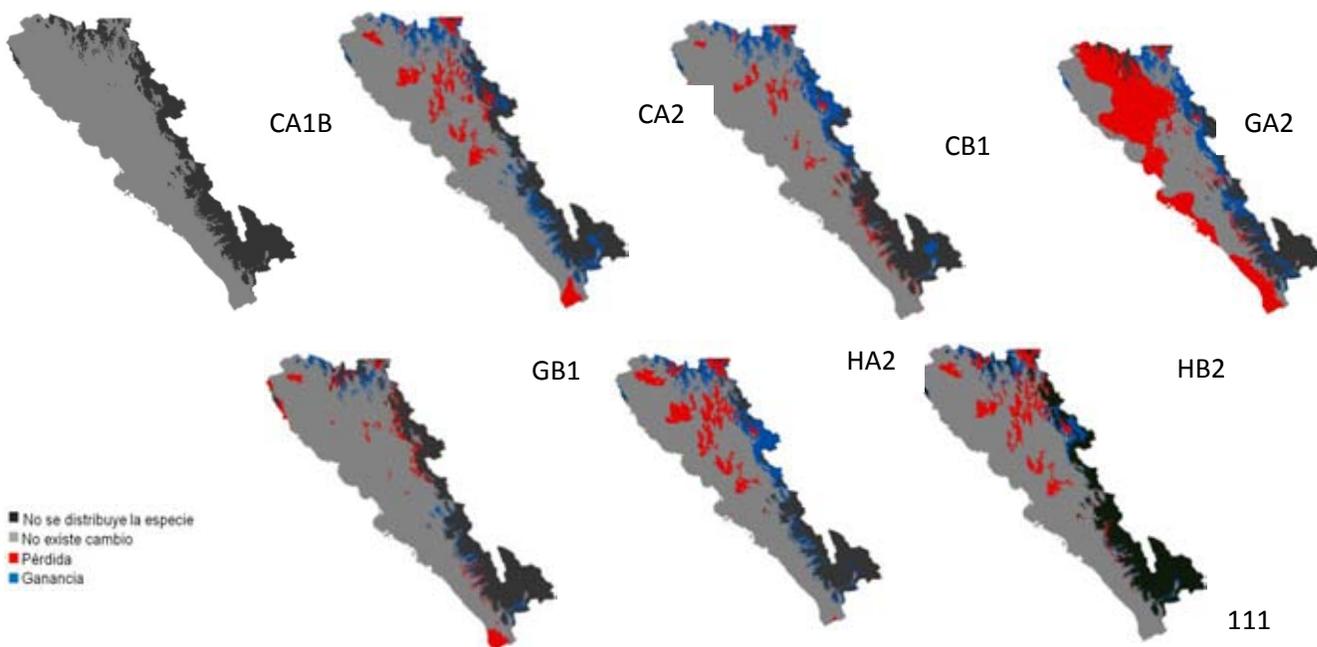
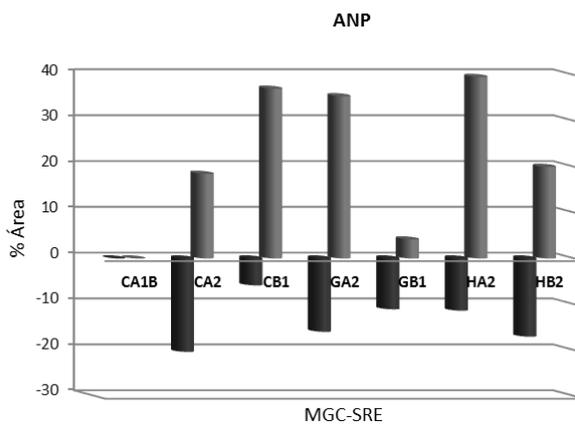
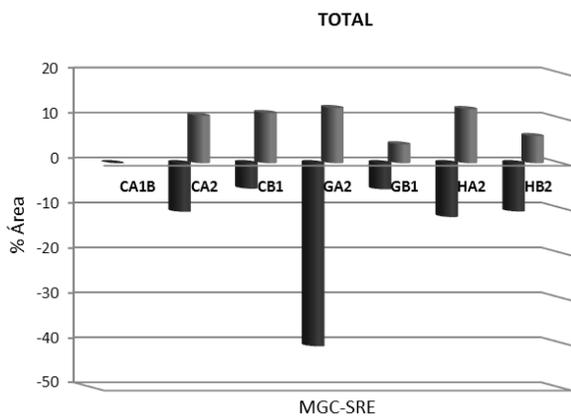
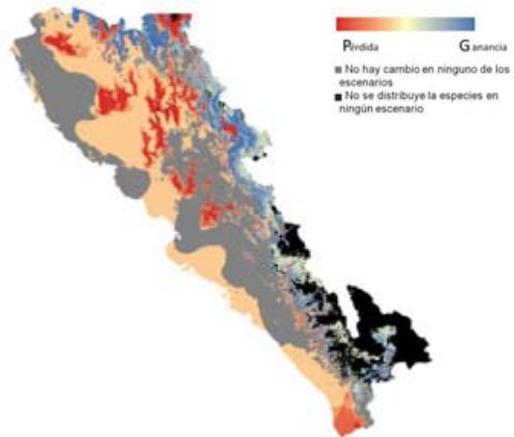
Chaetodipus pernix



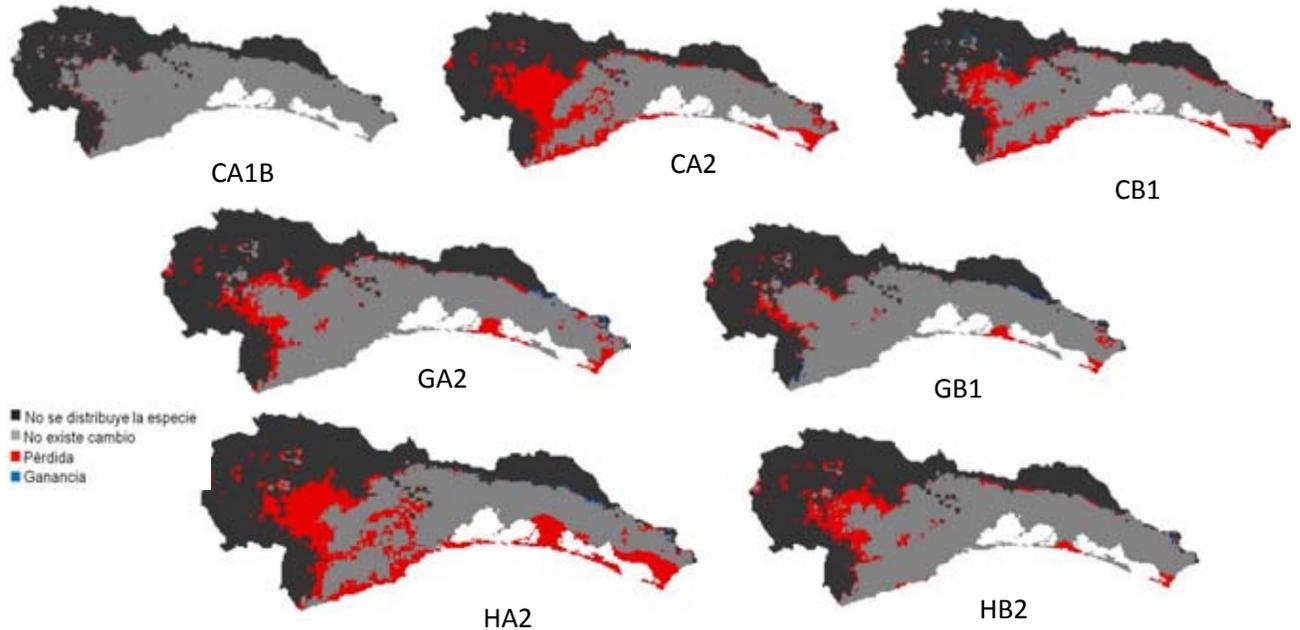
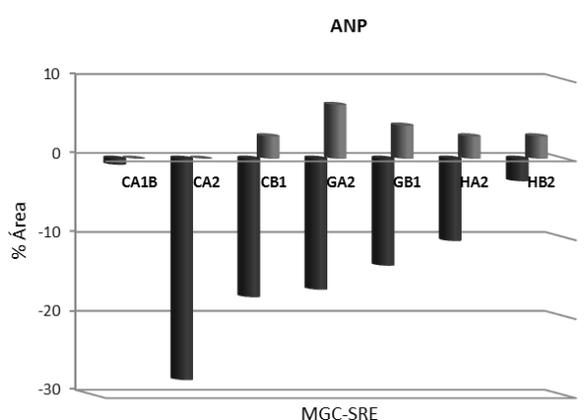
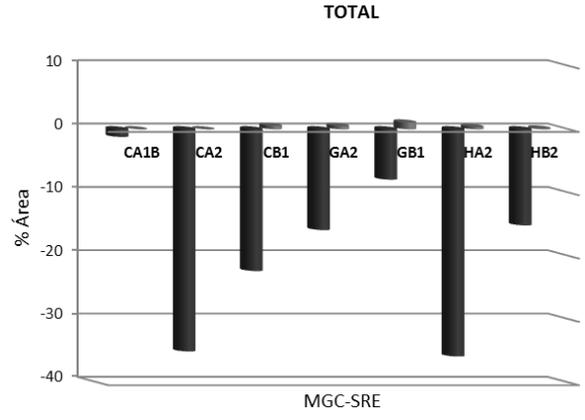
Liomys pictus



Lepus alleni



Lepus flavigularis



Sylvilais cunicularius

