



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD OAXACA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y
APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES. ESPECIALIDAD
EN BIODIVERSIDAD DEL NEOTRÓPICO**

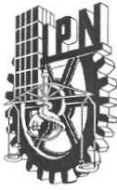
**EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DISTRIBUCIÓN
POTENCIAL DEL ORDEN SORICOMORPHA EN EL ESTADO DE
OAXACA**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
PRESENTA:
BIÓL. JOSUÉ YURIKO GARCÍA MEZA

DIRECTOR DE TESIS: DR. MIGUEL ÁNGEL BRIONES-SALAS

OAXACA DE JUÁREZ, MÉXICO.

JUNIO DE 2010



INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 14 del mes de mayo del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA)** para examinar la tesis de grado titulada: **“Efecto del cambio climático en la distribución potencial del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca”**

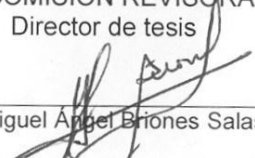
Presentada por el alumno:

García Apellido paterno	Meza materno	Josué Yuriko nombre(s)							
Con registro: <table border="1"><tr><td>A</td><td>0</td><td>8</td><td>0</td><td>3</td><td>6</td><td>8</td></tr></table>			A	0	8	0	3	6	8
A	0	8	0	3	6	8			

aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**


Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA
Director de tesis


Dr. Miguel Ángel Briones Salas


Dr. Alejandro Flores Martínez


M. en C. Carlos Raúl Bonilla Ruz


Dr. Enrique Martínez Meyer


Dr. Gabriel Ramos Fernández

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


Dr. Juan Rodríguez Ramírez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día **14** del mes **mayo** del año **2010**, el (la) que suscribe **García Meza Josué Yuriko** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **A080368**, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Miguel Ángel Briones Salas y cede los derechos del trabajo titulado: **“Efecto del cambio climático en la distribución potencial del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: **posgradoax@ipn.mx** ó **gjosue@hotmail.com** Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



García Meza Josue Yuriko



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACION PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R.
UNIDAD OAXACA
I.P.N.**

García-Meza, J., 2010. Efecto del cambio climático en la distribución potencial del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca. Tesis profesional de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca de Juárez, 114 pp.

RESUMEN:

El efecto del cambio climático es cada día más evidente en diversos aspectos relacionados con la distribución de las especies lo que sugiere que su permanencia puede ser precaria. Actualmente los sistemas de información geográfica y el modelado del nicho ecológico por métodos de entrenamiento computacional como Maxent son herramientas útiles al evaluar la distribución potencial de las especies así, en México el cuarto grupo más importante de mamíferos en cuanto a número de especies es el Orden Soricomorpha en el cual se clasifican las musarañas, Orden que encuentra en el estado de Oaxaca la mayor riqueza específica a nivel nacional. En el presente trabajo se analiza la distribución potencial de las especies del Orden Soricomorpha bajo el contexto del cambio climático basado en un escenario climático conservativo y asumiendo una capacidad de dispersión moderada para los taxa presentes en Oaxaca en cuatro diferentes tiempos: presente, 2020, 2050 y 2080. Los resultados sugieren que el cambio climático puede representar un riesgo adicional para las especies del Orden Soricomorpha presentes en el estado de Oaxaca, siendo el escenario aún más dramático para *M. gigas*, *S. veraecrucis altoensis* y *C. peregrina*. Los resultados concuerdan con aquellos de capacidad de dispersión limitada dado que éstas no responden al cambio climático desplazándose a zonas más favorables, sino que enfrentan una pérdida de su área de distribución que se mantiene con respecto al tiempo anterior para cada taxa con una dinámica de reducción de ADP más elevada para las especies endémicas y con escasas distribución.

Palabras clave: Orden Soricomorpha, Estado de Oaxaca, cambio climático, modelado, área de distribución potencial, sistemas de información geográfica.



García-Meza, J., 2010. Efecto del cambio climático en la distribución potencial del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca. Tesis profesional de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Oaxaca, Instituto Politécnico Nacional, Oaxaca de Juárez, 114 pp.

ABSTRACT:

The effect of climate change is every day more evident in various aspects related with the species distribution which suggests that his stay may be precarious. Currently, GIS and ecological niche modeling methods such as computer training like Maxent are useful tools in assessing the potential distribution of the species, in Mexico's fourth largest group of mammals in terms of numbers of species is the Order Soricomorpha which are classified in shrews, Order what found in the state of Oaxaca, the highest species richness at the national level. In this paper it is analyze the potential distribution of species Soricomorpha Order under the context of climate change based on a conservative climate scenario and assuming a moderate dispersal ability for taxa presents in Oaxaca at four different times: present, 2020, 2050 and 2080. The results suggest that climate change may represent an additional risk to the species of the Order Soricomorpha found in the state of Oaxaca, where the scene even more dramatic for *M. gigas*, *S. veraecrucis altoensis* and *C. peregrina*. The results agree with those of limited dispersal capability because they do not respond to climate change by moving to more favorable areas, but they face a loss of its range is maintained with respect to the previous time for each taxa with a reduced dynamic ADP higher for endemic species with low distribution.

Key words: Soricomopha Order, Oaxaca State, climate change, modelling, distribution potential area, GIS.



A mi papá y mamá, Francisco y Flor, los amo, a mis hermanos Gina y Adán, por quien de mi han hecho, a mi tía Nohemí y primo Ale por quienes hoy, estoy aquí, a mi amigo Santiago...

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Miguel Ángel Briones-Salas por su paciencia y dedicación, por permitirme ser parte de su familia estos años, por estar a mi lado cuando necesitaba un consejo.

Al Dr. Enrique Martínez-Meyer, por sus tantos comentarios y sugerencias, por su calidez y por su apoyo durante mi estancia de investigación en el Instituto de Biología.

Al Dr. Alejandro Flores Martínez por todos sus comentarios, sugerencias y compartir pláticas tan agradables.

Al M. en C. Carlos Raúl Bonilla Ruz, por ser parte activa de mi comité, por sus tantos comentarios, sugerencias y revisiones durante mi trabajo de tesis.

Al Dr. Víctor Sánchez-Cordero por abrirme las puertas de su laboratorio durante mi estancia de investigación en el Instituto de Biología.

Al M. en C. Daniel Fernando Díaz-Porras, por su amistad, atenciones, sugerencias y comentarios a mi tesis, surte Daniel.

A los también miembros de mi comité revisor de tesis: M. en C. Gladys Isabel Manzanero Medina y Dr. Gabriel Ramos Fernández.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca 215045 otorgada.

Al Instituto Politécnico Nacional por las becas del Programa Institucional de Formación de Investigadores, Institucional y ECOES-Santander.

Al CIIDIR Unidad Oaxaca por el apoyo brindado durante las salidas de campo con fines varios.



A ti princesa, por regalarme hasta ahora los días más felices y haber dado un vuelco a este camino.

Al Biól. Mario Lavariega Nolazco por tu amistad, por soportarme cuando más necesite, por tu ejemplo en esfuerzo y tenacidad, por ser mi chaperón, por las amenas pláticas en cafés y tantos comentarios y sugerencias a mí tesis, gracias Mario.

A la Biól. Ara Martínez Hernández, por tu preciada amistad, madurez y buen consejo, por tu apoyo y soporte, por tu buen humor, por tu confianza, paciencia y comprensión, por tus constantes buenos comentarios a mi tesis, Arita, muchas gracias.

A las Biólogas Nohemi Vianney Victoria y Bety Riveros Lara por su sincero apoyo, compañía, tiempo, comprensión, cariño, pero sobre todo por su amistad y soporte a mí persona, Bety, de verdad se te aprecia.

A todos los amigos del laboratorio de Análisis Espaciales en el Instituto de Biología, a quienes tanto tiempo me dieron en pláticas amenas, a mis tutores en turno Biól. Víctor Baruch Arroyo-Peña y M. en C. Constantino González-Salazar, a todos los atentos estudiantes del laboratorio con quienes pasé reconfortantes momentos Yajaira, Kari, Armando, Saúl, muchas gracias por su hospitalidad.

Al M. en C. Mario Peralta, al Pastor Iván Sosa y a mi amigo Romualdo López López por llegar en momentos tan decisivos, por sus consejos, por su buena fe y por su ayuda desinteresada.

Al M. en C. Margarito Ortiz Guzmán y familia por permitirme sentir el calor de su hogar, por su confianza, hospitalidad, cariño, tiempo y atenciones, profe, muchas gracias ¡¡¡



A Sarita y Geovani, por haberme abierto las puertas de su hogar, por su confianza, amistad y compañía, por la rica comida Oaxaqueña.

Al ex jefe que confió en mí, que tanto me apoyó durante mi maestría y sin el cual difícilmente habría comenzado este viaje, Sr. Jorge Jiménez, gracias por sus consejos y buena fe.

Al Lic. en Informática Javier Flores, por su amistad, confianza y apoyo al inicio de este camino.

A mi primo Martín, a su esposa Vero y a sus pequeños, que siempre estuvieron pendientes de mí en este bello estado y quienes me hacían sentir cerca de casa.

A Fernando Huerta y Mireya Valdez, a Helxine Fuentes y Aída Trejo, gracias por todas sus miles atenciones, confianza, compañía, experiencias, apoyo en todos los sentidos, por tantos buenos recuerdos.

A todos los queridos biólogos de Villahermosa Tabasco que de verdad con mucho cariño recuerdo, Lolita, Pau, Nayeli, Manasés y Chucho, gracias por todas sus atenciones, por todas las experiencias, por dejar tan buenos recuerdos, de verdad se les aprecia.

A los compañeros de la colección de mastozoología y del CIIDIR, Ivett, Mimi, Tabo, Iván, Jonathan, Pepe, María, Mago, Celina, Alejandro, Mire García, Nubia, Aarón, Rusby y Roy, gracias por las salidas de campo tan amenas con el clan Huachitos y el espía Pepe, por el tiempo compartido en laboratorio, campo y aulas.



Finalmente gracias al bello estado de Oaxaca, a su gente, gracias por permitir que en numerosos viajes al interior del estado disfrutara y apreciara su riqueza étnica, biológica y gastronómica, por ser mí casa en estos poco más de dos años, por contribuir a mi desarrollo académico y por su Guelaguetza.



ÍNDICE

I.	INTRODUCCION	1
	1.1 Modelado de nicho ecológico (MNE).....	4
	1.2 Variables ambientales y algoritmo.....	6
	1.3 Definición de área de distribución potencial (ADP).....	11
	1.4 Descripción del Orden Soricomorpha.....	13
	1.5 Taxonomía reciente del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca.....	15
	1.6 Área de estudio.....	20
II.	OBJETIVOS	24
	2.1 Objetivo General.....	24
	2.2 Objetivos Particulares.....	24
III.	METODOS	26
	3.1 Diversidad del Orden Soricomorpha.....	26
	3.2 Registros de presencia.....	28
	3.3 Desarrollo de las distribuciones potenciales.....	31
	3.4 Validación y evaluación de modelos finales.....	32
	3.5 Clasificación de ADP's.....	33
	3.6 Áreas de mayor diversidad y representatividad por tipo de vegetación.....	34



IV.	RESULTADOS.....	35
V.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	74
VI.	LITERATURA CITADA.....	81



ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura. 1.- Gráfica izquierda: Emisiones mundiales de GEI (CO₂-eq) en ausencia de políticas climáticas: seis ejemplos testimoniales IEEE (color), las emisiones abarcan los gases CO₂, CH₄, N₂O y F. Gráfica derecha: promedios mundiales multimodelo del calentamiento en superficie en diferentes escenarios y en rosa, un modelo de circulación atmósfera-oceano, en que las concentraciones atmosféricas se mantienen constantes en los valores del año 2000 (Fuente: IPCC 2001a).....**8**
- Figura 2.- *Cryptotis parva pueblensis*. Patas cortas y pentadáctilas con garras pequeñas, pelaje pardo grisáceo, rostro corto, caja craneal no especialmente angulosa, ojos pequeños, por lo general escondidos parcialmente por pelo; las orejas pequeñas. Fotos: Beatriz Riveros-Lara.....**14**
- Figura. 3.- Ubicación geográfica y geomorfología del estado de Oaxaca.....**21**
- Figura 4.- Número de taxa en cada uno de los 31 estados y el Distrito Federal (Fuente. Villa-R. y Cervantes 2003; Carraway, 2007).....**35**
- Figura 5.- Número de especies y subespecies endémicas en México y el estado de Oaxaca...**36**
- Figura 6.- Taxa del Orden Soricomorpha registrados en las regiones fisiográfico-florísticas del estado de Oaxaca.....**37**
- Figura 7.- Número de especies estimadas para el Orden Soricomorpha en México en 32 muestras (estados).....**38**
- Figura 8.- Curvas de rarefacción por estado y especie para el Orden Soricomorpha en México.....**38**
- Figura 9.- Número de especies estimadas para el Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca en 10 muestras (regiones fisiográfico-florísticas).....**39**
- Figura 10.- Curvas de rarefacción por región fisiográfico-florística y especie para el Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca.....**40**
- Figura 11.- Diferencia entre el número de registros por taxón y registros no frecuentes en la base de datos.....**40**
- Figura 12.- Modelo de relieve en donde se observa la distribución de los registros no frecuentes para los géneros *Cryptotis*, *Sorex* y *Megasorex* en el estado de Oaxaca.....**41**
- Figura 13.- ADP (Km²) para cada taxón del Orden Soricomorpha en cuatro periodos de tiempo en el estado de Oaxaca.....**42**



Figura 14.- Clasificación del ADP (Km ²) por periodo de tiempo para las especies <i>Cryptotis goldmani machetes</i> , <i>Cryptotis magna</i> , <i>Cryptotis mexicana</i> , <i>Cryptotis parva pueblensis</i> y <i>Cryptotis peregrina</i> , sin considerar el estado actual de la vegetación en el estado de Oaxaca.....	45
Figura 15.- Clasificación del ADP (Km ²) por periodo de tiempo para las especies <i>Megasorex gigas</i> , <i>Sorex veraecrucis oaxacae</i> , <i>Sorex veraecrucis altoensis</i> , <i>Sorex veraepacis mutabilis</i> y <i>Sorex ventralis</i> , sin considerar el estado actual de la vegetación en el estado de Oaxaca.....	46
Figura 16.- Tasa de cambio anual en cada taxón del Orden Soricomorpha con presencia en el estado de Oaxaca, sin considerar el estado actual de la vegetación.....	47
Figura 17.- Combinaciones de presencia y ausencia entre taxa del Orden Soricomorpha en cuatro periodos de tiempo para el estado de Oaxaca, considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.....	48
Figura 18.- Áreas de mayor riqueza del Orden Soricomorpha en cuatro escenarios de tiempo para el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.....	49
Figura 19.- Vegetación presente en el área de mayor riqueza de especies en los escenarios de tiempo presente (a), 2020 (b), 2050(c) y 2080 (d) del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.....	53
Figura 20.- Vegetación en el área de mayor riqueza en tiempo presente para el género <i>Cryptotis</i> en el estado de Oaxaca, considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.....	54
Figura 21.- Vegetación en el área de mayor riqueza en tiempo presente para el género <i>Megasorex</i> en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.....	55
Figura 22.- Vegetación en el área de mayor riqueza en tiempo presente para el género <i>Sorex</i> en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.....	56
Figura 23.- Tipos de vegetación en el ADP actual (presente) de los taxa del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando deforestación actual con ningún aumento en los próximos años.....	57
Figura 24. <i>Cryptotis goldmani machetes</i> . (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km ²) con base al tiempo anterior.....	60



Figura 25. ***Cryptotis peregrina***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....61

Figura 26. ***Cryptotis magna***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....62

Figura 27. ***Cryptotis parva pueblensis***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....63

Figura 28. ***Cryptotis mexicana***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....64

Figura 29. ***Megasorex gigas***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....65

Figura 30. ***Sorex ventralis***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....66



Figura 31. ***Sorex veraepacis mutabilis***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....**67**

Figura 32. ***Sorex veraecrucis oaxacae***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....**68**

Figura 33. ***Sorex veraecrucis altoensis***. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.....**69**

Figura 34.- Tasa de cambio anual en cada taxón del Orden Soricomorpha con presencia en el estado de Oaxaca, considerando deforestación actual y ningún aumento futuro.....**70**

Figura 35.- Disminución en el ADP (Km²) que se mantiene para las especies del género *Cryptotis* en el estado de Oaxaca considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años.....**71**

Figura 36.- Disminución en el ADP (Km²) que se mantiene para las especies del género *Megasorex* y *Sorex* en el estado de Oaxaca considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años.....**72**

Figura 37.- Presencia potencial de taxones del Orden Soricomorpha en áreas naturales protegidas (ANP) del estado el Oaxaca.....**73**



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Resumen de recientes modificaciones taxonómicas aceptadas en Ramírez-Pulido <i>et al.</i> (2005) para el Orden Soricomorpha en México.....	16
Tabla 2.- Resumen de recientes modificaciones taxonómicas aceptadas en Carraway (2007) para el Orden Soricomorpha en México.....	17
Tabla 3.- Modificaciones taxonómicas recientes en las especies presente en el estado de Oaxaca.....	18
Tabla 4.- Lista taxonómica reciente del Orden Soricomorpha para el estado de Oaxaca.....	19
Tabla 5. Área de distribución histórica y predicha en años 2020, 2050 y 2080 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca sin considerar el estado actual de la vegetación. Porcentajes de áreas de distribución potencial predicha, área que se mantiene, área perdida y área ganada con respecto a la distribución histórica. Unidades en km ²	43
Tabla 6.- Municipios y distritos en que se encuentra la mayor riqueza predicha en tiempo presente para las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca. Unidades en km ²	50
Tabla 7.- Municipios y distritos en que se encuentra la mayor riqueza predicha en tiempo 2020 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. Unidades en km ²	51
Tabla 8.- Municipios y distritos en que se encuentra la mayor riqueza predicha en tiempo 2050 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. Unidades en km ²	51
Tabla 9.- Municipios y distritos en que se encuentra la mayor riqueza predicha en tiempo 2080 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. Unidades en km ²	52
Tabla 10. Área de distribución presente y predicha en años 2020, 2050 y 2080 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años. Porcentajes de áreas de distribución potencial predicha, área que se mantiene, área perdida y área ganada con respecto a la distribución presente. Unidades en km ²	58



I. INTRODUCCIÓN

Para el IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático), el término “cambio climático” denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos.

El efecto del cambio climático ha aumentado su importancia como un complejo fenómeno que envuelve cambios en muchas dimensiones de las funciones atmosféricas de la tierra. Particularmente entre estos cambios se encuentran el incremento entre el calentamiento global y los concomitantes cambios ambientales (perdida de capa vegetal, cambio de uso de suelo, usos y costumbres entre otros) así como reordenamientos locales y regionales en varios aspectos climáticos que aparentemente son un resultado de los elevados niveles de los llamados gases con efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (Houghton *et al.*, 1995; Inouye *et al.*, 2000; Walther *et al.*, 2002), entre los que se encuentran el vapor de agua (H₂O), metano (CH₄), bióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y ozono (O₃) entre otros.



Si bien los cambios ambientales afectan directamente aspectos climáticos regionales tales como temperatura, precipitación y humedad atmosférica, también lo hacen produciendo cambios en la distribución de especies terrestres, de distribución restringida, particularmente polares y especies de montaña que muestran marcada disminución y que han sido los primeros grupos en los que especies enteras se han extinguido por efecto del cambio climático reciente (Parmesan, 2006; Parmesan y Yohe, 2003).

Tres explicaciones generales existen para las respuestas de las especies al cambio climático: movimiento, adaptación (cualquiera de los dos en términos de cambio evolutivo o de aclimatación fisiológica), o extirpación (Holt, 1990). Así, si las especies son suficientemente móviles, pueden seguir la posición geográfica de sus “nichos ecológicos” (hipervolumen N -dimensional, que es el espacio en que se encuentran las condiciones ambientales que permiten a una población existir indefinidamente sin inmigración, (Hutchinson, 1957), y ser capaces de evolucionar rápidamente o tener un amplio rango de tolerancia fisiológica ajustándose a las condiciones cambiantes y posibles paisajes. De otro modo, si movilidad y adaptabilidad no son suficientes, como resultado se da la extirpación (Holt, 1990; Merillo *et al.*, 1995; Peterson *et al.*, 2005).



Recientes esfuerzos han analizado la aproximación del modelado del nicho ecológico (MNE) de las especies proyectados en mapas geográficos para producir distribuciones potenciales (Anderson *et al.*, 2002a; Nakazawa, 2004, Peterson *et al.*, 2001, Sánchez-Cordero *et al.*, 2005, Soberón y Peterson, 2005).

El MNE es un ajuste entre registros geográficos de especies y mapas temáticos digitales, desarrollado para producir distribuciones potenciales explícitas espaciales para las especies (Araújo y Guisan, 2006) y ha sido usado para predecir geográficamente entre otros, la distribución potencial de las especies en comparaciones transferibles a hábitats inalterados (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005), así como para generar distribuciones pasadas y futuras, estas últimas considerando el efecto del cambio climático (Peterson *et al.*, 2001, *et al.*, 2002; Martínez-Meyer, 2005), donde los cambios distribucionales, pueden ser estimados basados en el precepto de la conservación del nicho ecológico (Martínez-Meyer, 2005).



1.1 Modelado de nicho ecológico (MNE)

Recientemente, se han desarrollado técnicas novedosas que permiten el modelado de la distribución de las especies basadas en su nicho ecológico (Peterson, 2001), más aún son contados los esfuerzos en el estado de Oaxaca (Illoldi *et al.*, 2004); existen diferentes métodos de predicción de presencia o ausencia de especies (análisis multivariado de patrones, modelos heurísticos, modelos de regresión y métodos de entrenamiento computacional entre otros) que emulan las condiciones medioambientales dentro del nicho ecológico de una especie. La elección correcta está en función de los datos disponibles (Margules y Sarkar, 2009) tales como registros de solo presencia o presencia-ausencia.

El MNE típicamente consiste de una lista de localidades de presencia georreferenciadas, i.e., un grupo de coordenadas geográficas donde las especies han sido observadas, además de variables ambientales de la región de interés tales como temperatura, precipitación y humedad atmosférica entre otras, las cuales son medidas o estimadas para representar las condiciones que influyen y/o representan las condiciones medioambientales en un área en que la presencia de la especie es conocida. El objetivo es predecir cuales son las áreas en la región que satisfacen los requerimientos del nicho ecológico de las especies, lo que forma parte de la *distribución potencial* (Anderson y Martínez-Meyer, 2004).



La distribución potencial describe donde se encuentran las condiciones ambientales disponibles para la sobrevivencia de la especie, aún en regiones en donde no se han colectado (Peterson, 2001; Peterson *et al.*, 1999), lo que es de gran importancia para la conservación (Phillips *et al.*, 2004).



1.2 Variables ambientales y algoritmo

Una variable ambiental representa tendencias anuales (e.g. temperatura anual media, precipitación anual) o temporalidad (e.g. rango anual en temperatura y precipitación) o extremos o factores limitantes ambientales (e.g. temperatura del mes frío y caluroso y precipitación de los cuartos húmedos y secos entre otros) (Hijmans *et al.*, 2005) útiles en el MNE. (Ver anexo 2).

Para obtener las variables ambientales, es necesario utilizar la técnica de *interpolación* basada en lecturas tomadas de estaciones climáticas alrededor del mundo de 1950 a 2000 (Hijmans *et al.*, 2005). La interpolación espacial, se puede definir como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral con valor estimado), conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio (puntos muestrales con valores reales) (Bosque, 1992) así, para estimar los cambios climáticos futuros proyectados en las variables climáticas, se utilizan modelos de circulación general atmósfera-océano (MCGAO) que emulan procesos e interacciones en el sistema climático y que se generan con estimaciones para los escenarios del IPCC; en el presente trabajo se utilizaron MCGAO generados en el Centro Climático Canadiense.

En 1996, el IPCC comenzó a desarrollar un conjunto de escenarios de emisiones con el fin de describir de manera coherente las relaciones entre las fuerzas determinantes de las emisiones y su evolución, y para añadir un contexto a la cuantificación de los escenarios, se desarrollaron seis líneas



evolutivas diferentes a las que se ordenó en familias (Nakićenović y Swart, 2000) que sirven como base para evaluar las consecuencias climáticas y medioambientales de las emisiones futuras de GEI descritas en el *Informe especial del IPCC sobre escenarios de emisiones* (IEEE) (Nakićenović y Swart, 2000) (Ver anexo 1).

Cada una de las familias evolutivas incluye un escenario ilustrativo (Figura 1) para cada una de las familias A1B, A2, B1, B2 y dos escenarios adicionales para los grupos A1F1 y A1T, en donde los escenarios ilustrativos B describen un mundo convergente en los aspectos social, económico y tecnológico, lo que los convierte en escenarios ambientalmente más amigables o menos conservativos mientras que en los escenarios ilustrativos A, se supone un mundo divergente en el que las emisiones de GEI son mayores, siendo así escenarios ambientalmente más agresivos (conservativos) (Ver Anexo1).



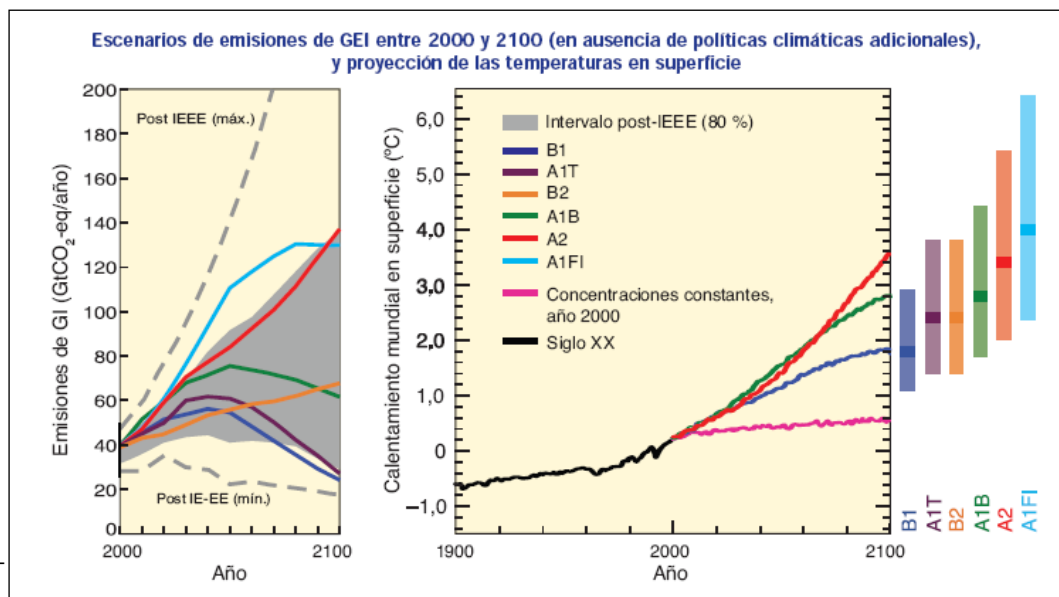


Figura. 1.- Gráfica izquierda: Emisiones mundiales de GEI ($\text{CO}_2\text{-eq}$) en ausencia de políticas climáticas: seis escenarios ilustrativos IEEE (color), las emisiones abarcan los gases CO_2 , CH_4 , N_2O y F. Gráfica derecha: promedios mundiales multimodelo del calentamiento en superficie en diferentes escenarios y en rosa, un modelo de circulación atmósfera-oceano, en que las concentraciones atmosféricas se mantienen constantes en los valores del año 2000 (Nakićenović y Swart, 2000).

Al margen de la obtención de las variables ambientales, las investigaciones en el desarrollo de técnicas de modelado de distribución potencial se han enfocado en el uso de registros de presencia/ausencia o de abundancia, donde las regiones de interés han sido muestreadas sistemáticamente (Austin y Cunningham, 1981; Hirzel y Guisan, 2002). Sin embargo, en ocasiones los datos de presencia para muchas especies han sido registrados sin esquemas de muestreo planeado y la gran mayoría de ellos consisten en registros de solo presencia (Soberón y Peterson, 2005). El problema principal con estos registros es que los métodos de colecta son raramente conocidos, porque las ausencias no pueden ser inferidas con certidumbre (Elith *et al.*, 2006).



No obstante, entre los métodos de modelado de distribución de las especies se encuentran aquellos que utilizan el entrenamiento computacional para modelar las preferencias ambientales de las especies a partir de una serie de puntos de incidencia geográfica (registros de presencia), los cuales son particularmente útiles cuando solo se tienen datos de presencia, lo que excluye la utilización de técnicas estadísticas, sin embargo, se debe ser cuidadoso al asegurar que existe correspondencia temporal entre los puntos de incidencia geográfica y las variables ambientales (Margules y Sarkar, 2009) además de presentar una adecuada resolución espacial que permita la correcta función de cada una de ellas, tal como peso en su contribución y predicción geográfica de patrones de presencia (Guisan y Zimmerman, 2000; Burgman *et al.*, 2005).

En el grupo de los métodos de entrenamiento computacional se encuentra Maxent (Phillips *et al.*, 2004, 2006, 2008), un *algoritmo* (reglas de decisión definidas, ordenadas y finitas que dirigen un proceso) que fue desarrollado para garantizar la convergencia óptima de distribución probabilística, que presenta una definición matemática concisa, que utiliza el principio de la máxima entropía (Phillips *et al.*, 2006) y presenta mayor éxito predictivo que otros algoritmos tal como GARP (Stockwell y Noble, 1992) o las redes neurales (Pearson *et al.*, 2002).

La estimación de la distribución probabilística a partir de la distribución de máxima entropía (lo más cercana a la uniformidad), está sujeta a la limitación de que el valor esperado de cada variable ambiental, bajo la



distribución de este estimador es igual a su promedio empírico (Phillips *et al.*, 2004). El resultado del modelo expresa el hábitat idóneo para la especie en función de las variables ambientales, donde un valor alto indica condiciones muy favorables para la presencia de la especie. Formalmente la entropía es la misma función que el índice de Shannon de diversidad alfa, pero en este caso, la probabilidad de incidencia de una sola especie en diferentes localidades geográficas reemplaza a la frecuencia relativa de cada especie en el índice de Shannon (Margules y Sarkar, 2009) así, los resultados de Maxent son las probabilidades relativas de incidencia para la especie en cada uno de *grids* (sistema de computación distribuido que permite compartir recursos no centrados geográficamente para resolver problemas de gran escala).

Durante la generación del modelo de nicho ecológico, el algoritmo de Maxent utilizan la variable de ganancia (probabilidad logarítmica promedio de las muestras de presencia menos una constante que hace que la distribución uniforme tenga ganancia = 0), una medida de precisión de ajuste que comienza en 0 e incrementa hacia una asíntota durante la corrida. Durante este proceso, Maxent genera una distribución de probabilidad de los píxeles en la cuadrícula (*grids*), comenzando desde la distribución uniforme mejorando reiteradamente el ajuste de los datos. Al final de la corrida, la ganancia indica que tan concentrado está el modelo alrededor de las muestras de presencia (puntos de incidencia geográfica) (Phillips *et al.*, 2004).



1.3 Definición de área de distribución potencial (ADP)

El *área de distribución potencial* (ADP) constituye el espacio geográfico en que la ecología e historia evolutiva interactúan (Brown, 1995) y es delimitada por diversos factores operando a diversas escalas (Gaston, 2003; Pearson y Dawson, 2003).

Factores como disponibilidad de recursos, competencia intra e interespecífica, barreras geográficas y tolerancia a factores medioambientales afectan la distribución geográfica de las especies (MacArthur, 1972) entre ellos se encuentran los requerimientos autoecológicos de las especies que constituyen su nicho fundamental, i.e. temperatura, precipitación o disponibilidad de sitios de refugio y otros recursos clave (Hutchinson, 1957). La disponibilidad de condiciones puede existir en muchos lugares, pero otras realidades históricas y biológicas típicamente evitan la existencia de una especie a lo largo de toda su distribución geográfica potencial (Brooks y McLennan, 1991; Brown *et al.*, 1996), por ejemplo, algunas áreas de presencia potencial pueden estar ya ocupadas por especies que utilicen recursos similares o la disponibilidad de corredores adecuados para su dispersión se vea limitada con barreras geográficas (Anderson *et al.*, 2002b).

Soberón y Peterson (2005) clasifican a los factores en cuatro distintos grupos para determinar ADP en, condiciones abióticas (aspectos climáticos, ambientes físicos), factores bióticos (interacciones con otras especies que modifican la habilidad de la especie para ocupar nuevos espacios), regiones



accesibles para la dispersión (escenarios y capacidad de dispersión) y capacidad evolutiva de la especie a adaptarse a nuevas condiciones.

Más aún, la escala de análisis, es un factor determinante para que las especies puedan no necesariamente ser encontradas en todos los macro o micro hábitats representados dentro de los píxeles de un mapa de distribución potencial (Anderson *et al.*, 2002b), por lo que los registros distribucionales documentados de los rangos geográficos de las especies, constituyen la base para subsecuentes investigaciones biogeográficas (Anderson *et al.*, 2002a).



1.4 Descripción del Orden Soricomorpha

Las musarañas son el tercer Orden más grande de mamíferos con 77 géneros y 429 especies descritas (Vaughan *et al.*, 2000). Anteriormente se clasificaban en el Orden Insectívora (Carroll, 1988; Hall, 1981; Reumer, 1998), actualmente el estado taxonómico ha cambiado al Orden Soricomorpha (Mc Kenna y Bell, 1997; Ramírez-Pulido *et al.*, 2005) y se trata del Orden más antiguo de los mamíferos placentarios (Hall, 1981; Sarah, 1986; Villa-R. y Cervantes, 2003).

El Orden Soricomorpha incluye a las familias Tenrecidae, Solenodontidae, Potamogalidae, Chrysochloridae, Erinaceidae, Talpidae y Soricidae, solamente las dos últimas se encuentran en México (Villa-R. y Cervantes, 2003) y a esta última es a la que corresponden las musarañas (Figura 2). Recientemente Villa-R. y Cervantes (2003) y Carraway (2007) reportan 30 especies de musarañas en México, lo que hace del Orden Soricomorpha el cuarto Orden de mamíferos más importante en México, después de roedores, murciélagos y carnívoros considerando el número de especies (Cervantes *et al.*, 2008).

Las musarañas se distribuyen principalmente en las regiones templadas de Norteamérica, Eurasia y África (Yates, 1984). En México se han registrado 30 especies monotípicas, cinco politípicas y 14 subespecies en cuatro géneros (*Notiosorex*, *Cryptotis*, *Megasorex* y *Sorex*) incluidos en las tribus Blarinini, Notiosoricini y Soricini (Carraway, 2007); en el estado de Oaxaca se registran los géneros *Cryptotis*, *Megasorex* y *Sorex* (Briones-Salas y Sánchez-Cordero,



2004) dentro de los cuales se clasifican siete especies monotípicas, tres politípicas y seis subespecies, de ellas tres especies y una subespecie son endémicas para el estado.



Figura 2.- *Cryptotis parva pueblensis*. Patas cortas y pentadáctilas con garras pequeñas, pelaje pardo grisáceo, rostro corto, caja craneal no especialmente angulosa, ojos pequeños, por lo general escondidos parcialmente por pelo; las orejas pequeñas. Fotos: Beatriz Riveros-Lara.



1.5 Taxonomía reciente del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca

Recientes modificaciones taxonómicas propuestas en Ramírez-Pulido *et al.* (2005), se han aceptado a nivel de especie y subespecie para el Orden Soricomorpha en México, donde de Woodman y Timm (1999) a *Cryptotis alticola*, antes subespecie de *C. goldmani*, se le asigna el nivel de especie monotípica; *C. goodwini* se convierte en politípica, con una subespecie en México (*C. g. goodwini*); y *C. griseoventris*, antes en la sinonimia de *C. goldmani*, se le reconoce como una especie monotípica. El grupo “mexicana” se desintegra y a los componentes se les identifica a nivel específico con la categoría de monotípicas (*C. mexicana*, *C. nelsoni*, *C. obscura*). Woodman y Timm (2000) proponen el cambio de *C. mexicana peregrina* en *C. peregrina* y a *Notiosorex phillipsii*, conocida como sinónimo de *C. mexicana peregrina*, le otorga el nivel de especie monotípica dentro del género *Cryptotis*, todo ello con base en el estudio de caracteres morfológicos.

De México se conocían dos subespecies de *Notiosorex crawfordi*, *N. c. crawfordi* y *N. c. evotis*, pero en el trabajo de Carraway y Timm (2000), se da a conocer una nueva especie (*N. villai*) y a las subespecies anteriores se les reasigna con la categoría de especie. Finalmente, con base en secuencias de ADN del citocromo *b* mitocondrial y de un “Intrón” del fibrinógeno beta nuclear, Baker *et al.* (2003) describieron un nueva especie (*Notiosorex crockrumi*), cuya distribución incluye dos localidades de la región central de Sonora (Tabla 1).



Tabla 1.- Resumen de recientes modificaciones taxonómicas aceptadas en Ramírez-Pulido et al. (2005) para el Orden Soricomorpha en México.

<i>Anterior</i>			<i>Posterior</i>		
<i>Género</i>	<i>Especie</i>	<i>Subespecie</i>	<i>Género</i>	<i>Especie</i>	<i>Subespecie</i>
Woodman y Timm (1999)					
<i>Cryptotis</i>	<i>goldmani</i>	<i>alticola</i>	<i>Cryptotis</i>	<i>alticola</i>	
			<i>Cryptotis</i>	<i>goldmani</i>	
<i>Cryptotis</i>	<i>goodwini</i>		<i>Cryptotis</i>	<i>goodwini</i>	<i>goodwini</i>
			<i>Cryptotis</i>	<i>goodwini</i>	
<i>Cryptotis</i>	<i>goldmani</i>		<i>Cryptotis</i>	<i>griseoventris</i>	
<i>Cryptotis</i>	<i>griseoventris</i>				
<i>Cryptotis</i>	<i>mexicana</i>		<i>Cryptotis</i>	<i>mexicana</i>	
			<i>Cryptotis</i>	<i>nelsoni</i>	
			<i>Cryptotis</i>	<i>obscura</i>	
Woodman y Timm (2000)					
<i>Cryptotis</i>	<i>mexicana</i>	<i>peregrina</i>	<i>Cryptotis</i>	<i>peregrina</i>	
<i>Cryptotis</i>	<i>mexicana</i>	<i>peregrina</i>			
<i>Notiosorex</i>	<i>phillipsii</i>		<i>Cryptotis</i>	<i>phillipsii</i>	
Carraway y Timm (2000)					
<i>Notiosorex</i>	<i>crawfordi</i>	<i>crawfordi</i>	<i>Notiosorex</i>	<i>crawfordi</i>	
		<i>evotis</i>	<i>Notiosorex</i>	<i>evotis</i>	
<i>Notiosorex</i>	<i>villai</i>		<i>Notiosorex</i>	<i>villai</i>	
Baker et al. (2003)					
<i>Notiosorex</i>	<i>crockrumi</i>		<i>Notiosorex</i>	<i>crockrumi</i>	

Fuente (Ramírez-Pulido et al. 2005).

Carraway (2007) restablece a *Cryptotis goldmani* con base en el color del pelaje ventral al nivel de especie antes considerada como subespecie nominal. *Sorex veraepacis mutabilis* fue dividida al separar los dos morfotipos de distribución simpátrica en *Sorex veraepacis mutabilis* y la nueva especie, *Sorex ixtlanensis*. Originalmente *Sorex saussurei* estaba representado por cuatro



subespecies de las cuales *S. saussurei saussurei* incluía tres morfotipos, de los cuales, uno de ellos corresponde con el holotipo y presenta una distribución limitada al Eje Neovolcánico transversal y son referidas a *Sorex saussurei*, ahora considerada monotípica. Los especímenes del segundo morfotipo son considerados en la nueva especie *Sorex mediopua*, registrada en los estados de Guerrero, Jalisco, Estado de México y Michoacán (Carraway, 2007). Los especímenes del tercer morfotipo no solo incluyen una porción de los ejemplares inicialmente incluidos en *Sorex saussurei saussurei*, sino a todos los que previamente eran referidos a las otras tres subespecies de *S. saussurei*: *crystalensis*, *oaxaca* y *veraacruzis*, registrados en los estados de Colima, Estado de México, Jalisco, Michoacán y el Distrito Federal. Por prioridad *veraacruzis* es elevada a nivel específico quedando *crystalensis* y *oaxaca* como subespecies, finalmente los especímenes asignados dentro de *Sorex saussurei saussurei* son referidos a la nueva subespecie *Sorex veraacruzis altoensis* (Tabla 2).

Tabla 2.- Resumen de recientes modificaciones taxonómicas aceptadas en Carraway (2007) para el Orden Soricomorpha en México.

<i>Anterior</i>			<i>Posterior</i>		
<i>Género</i>	<i>Especie</i>	<i>Subespecie</i>	<i>Género</i>	<i>Especie</i>	<i>Subespecie</i>
<i>Carraway (2007)</i>					
<i>Sorex</i>	<i>veraepacis</i>	<i>mutabilis</i>	<i>Sorex</i>	<i>veraepacis</i>	<i>mutabilis</i>
			<i>Sorex</i>	<i>ixtlanensis</i>	
<i>Cryptotis</i>	<i>goldmani</i>		<i>Cryptotis</i>	<i>goldmani</i>	
<i>Sorex</i>	<i>saussurei</i>	(politépica)	<i>Sorex</i>	<i>saussurei</i>	(monotípica)
			<i>Sorex</i>	<i>mediopua</i>	



(Tabla 2. Continuación)

<i>Sorex</i>	<i>saussurei</i>	<i>veraecrucis</i> <i>oaxacae</i> <i>crystalbalensis</i> <i>saussurei</i>	<i>Sorex</i>	<i>veraecrucis</i> <i>oaxacae</i> <i>crystalbalensis</i> <i>Altoensis</i>
--------------	------------------	--	--------------	--

Fuente (Carraway, 2007).

De los cuadros anteriores se desprenden aquellos cambios que corresponden a las especies y subespecies presentes en el estado de Oaxaca (Tabla 3).

Tabla 3.- Modificaciones taxonómicas recientes en las especies presente en el estado de Oaxaca.

<i>Anterior</i>			<i>Posterior</i>		
<i>Género</i>	<i>Especie</i>	<i>Subespecie</i>	<i>Género</i>	<i>Especie</i>	<i>Subespecie</i>
<i>Cryptotis</i>	<i>mexicana</i>	<i>peregrina</i>	<i>Cryptotis</i>	<i>peregrina</i>	
<i>Cryptotis</i> <i>Notiosorex</i>	<i>mexicana</i> <i>phillipsii</i>	<i>peregrina</i>	<i>Cryptotis</i>	<i>phillipsii</i>	
<i>Sorex</i>	<i>veraepacis</i>	<i>mutabilis</i>	<i>Sorex</i> <i>Sorex</i>	<i>veraepacis</i> <i>ixtlanensis</i>	<i>mutabilis</i>
<i>Cryptotis</i> <i>Sorex</i>	<i>goldmani</i> <i>saussurei</i>	<i>veraecrucis</i> <i>oaxacae</i> <i>crystalbalensis</i> <i>saussurei</i>	<i>Cryptotis</i> <i>Sorex</i>	<i>goldmani</i> <i>veraecrucis</i>	<i>oaxacae</i> <i>crystalbalensis</i> <i>altoensis</i>
<i>Sorex</i>	<i>saussurei</i>	(politépica)	<i>Sorex</i>	<i>saussurei</i>	(monotépica)

Fuente: (Woodman y Timm, 2000; Carraway, 2007).

De los anteriores cambios, la lista de taxa del Orden Soricomorpha para el estado de Oaxaca se describe en la tabla 4.



Tabla 4.- Lista taxonómica reciente del Orden Soricomorpha para el estado de Oaxaca.

Género	Especie	Subespecie	Endémicas	Categoría de riesgo (NOM-059-Ecol-1994, 2001, 2002).
<i>Megasorex</i>	<i>gigas</i>		MEX	En, A
<i>Cryptotis</i>	<i>goldmani</i>	<i>machetes</i>	MEX	-
	<i>magna</i>		OAX	En, Pr
	<i>mexicana</i>		MEX	-
	<i>peregrina</i>		OAX	En, Pr
	<i>parva</i>			-
		<i>pueblensis</i>	MEX	-
		<i>phillipsii</i>	OAX	En, Pr
<i>Sorex</i>	<i>veraecrucis</i>			-
		<i>oaxacae</i>	OAX	En, Pr
		<i>altoensis</i>	MEX	-
		<i>ventralis</i>	MEX	-
		<i>ixtlanensis</i>	OAX	En, Pr
		<i>veraepacis</i>	<i>mutabilis</i>	MEX

Fuente: (Ramírez-Pulido *et al.*, 2005; Carraway, 2007).



1.6 Área de estudio

El estado de Oaxaca en el suroeste de México contiene excepcionalmente una alta biodiversidad entre las regiones de Norte y Sudamérica (Sánchez-Cordero, 2001), lo cual, puede ser atribuido en parte a su localización en una zona de transición entre las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical (Halffter, 1965; Ortega y Arita, 1998). Si bien Oaxaca consiste de solo el 5% del área de la República Mexicana, contiene el 50% de las especies de plantas vasculares, 35% de especies de anfibios, 26% de especies de reptiles, 63% de especies de aves y 55% de especies de mamíferos terrestres (Flores-Villela y Gerez, 1994; Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004). El total de los diez órdenes de mamíferos terrestres en México se encuentran en Oaxaca; el 77% (27) de las familias y 66% (40) de los géneros (Goodwin, 1969). 190 especies de mamíferos terrestres se han registrado en el estado de Oaxaca (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004).

El estado de Oaxaca se ubica en la porción meridional de la República Mexicana, limita al norte con Veracruz y Puebla, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Guerrero (Figura 3). Las coordenadas extremas de Oaxaca son: 18° 39' N, 15° 39' y S, 93° 52' E, 98° 32' O (INEGI, 2004).

El estado cuenta con una superficie de 95,364 km², que representa un 4.8% del territorio nacional (INEGI, 2004). Por su extensión ocupa el quinto lugar del país después de los estados de Chihuahua, Sonora, Coahuila y Durango (Briones-Salas y Sánchez-Cordero, 2004).



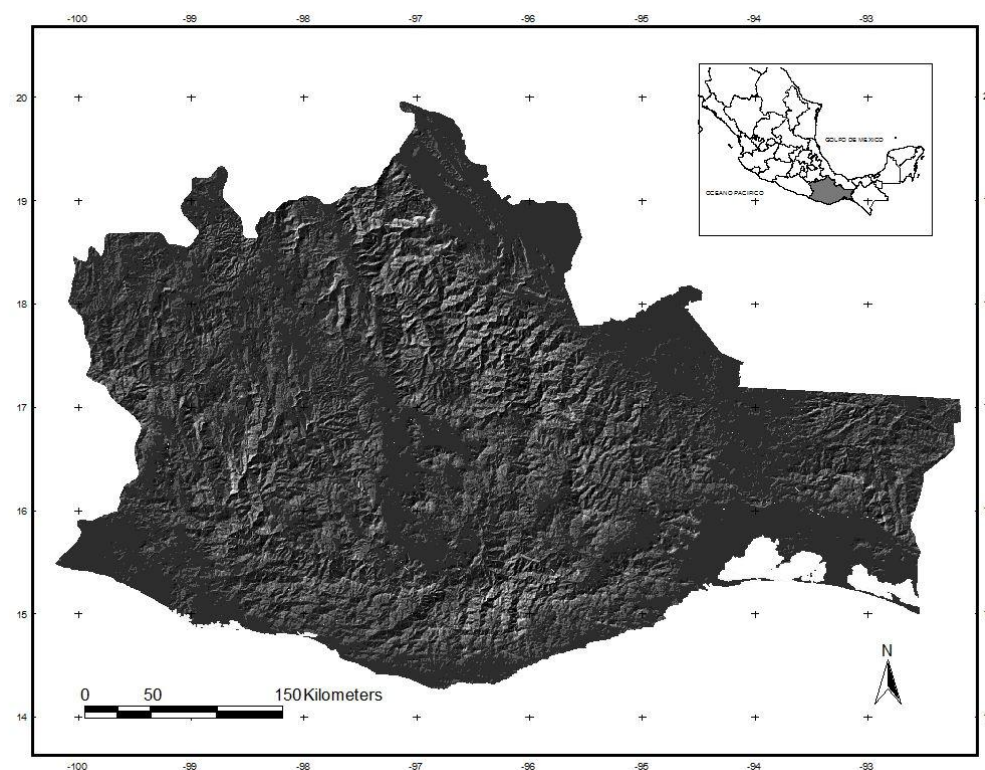


Figura. 3.- Ubicación geográfica y geomorfología del estado de Oaxaca

A partir de la delimitación de los rasgos de la topografía, geología, geomorfología y el arreglo fisiográfico de los elementos orográficos e hidrológicos, se identifican las siguientes subprovincias: Depresión del Balsas (1788.17 km²), Montañas y Valles de Occidente de Oaxaca (21262.73 km²), Fosa de Tehuacán (1134.21 km²), Sierra Madre de Oaxaca (17519.96 km²), Planicie Costera del Golfo (Papaloapan y Coatzacoalcos) (7975.92 km²), Valles Centrales de Oaxaca (2267.42 km²), Montañas y Valles del Centro (6662.62 km²), Depresión Ístmica de Tehuantepec (2114.12 km²), Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Región de los Chimalapas) (5816.08 km²), Sierra Madre del Sur (12350.15 km²), Planicie Costera del Pacífico (9262.06 km²) y Planicie Costera de Tehuantepec (4298.77 km²) (Ortiz P. *et al.*, 2004).



Entre las montañas más altas en el estado se encuentran los Cerros Quiexobra (3750 m.s.n.m.), C. Yucuyacua (3380 m.s.n.m.), C. Piedra de Olla (3350 m.s.n.m.), C. Pelón (3270 m.s.n.m.), C. Negro, C. Yucuiña, C. Amarillo, C. Siempre Viva, C. La Peña, C. Humo Grande y Volcán Prieto (todos con 3250 m.s.n.m.), C. La Sirena (3150 m.s.n.m.), Sierra Peñoles (3050 m.s.n.m.), C. El Labrador (3000 m.s.n.m.) y C. Piedra Larga (2850 m.s.n.m.) distribuidos en la sierra madre del sur, montañas y valles del occidente de Oaxaca, sierra madre de Oaxaca y montañas y valles del occidente de Oaxaca (CGSNEGI, 1978, 1981, en Arellanes-Meixueiro, 1996; Ortiz P. *et al*, 2004).

Las unidades de suelo en la entidad son Acrisol (24.93% del total de territorio estatal), Regosol (20.13%), Luvisol (13.98%), Cambisol (9.44%), Litosol (9.29%), Feozem (9.15%), Rendzina (7.16%), Vertisol (3.12%), Gleysol (1.58%), Solonchak (0.45%), Fluvisol (0.42%), Arenosol (0.16%), Planosol (0.12%), Xerosol (0.05%) y Nitosol (0.03%) (Alfaro S., 2004).

En el estado de Oaxaca según el sistema Köppen, modificado por García (1997), posee los siguientes climas: cálido húmedo, cálido subhúmedo, semicálido húmedo, semicálido subhúmedo, templado húmedo, templado subhúmedo, semifrío húmedo, semifrío subhúmedo, semiárido cálido, semiárido templado, árido cálido y muy árido cálido. Los promedios de precipitación anual en el estado tienen un amplio espectro y fluctúan entre los 300 y 4500 mm sin embargo, las precipitaciones entre los 600 y 1200 mm cubren cerca del 49.09% del total de la superficie del estado. De acuerdo con



Trejo I. (2004), la mayor parte de Oaxaca ($\approx 90\%$) la lluvia es marcadamente estacional con picos en los meses considerados como húmedos (mayo-octubre), donde solamente en la zona orientada hacia el Golfo de México la precipitación se deposita en época fría (noviembre-abril) así, además de ser la zona en donde la cantidad de lluvia es mayor (>4000 mm), la distribución a lo largo del año se encuentra homogéneamente repartida.

Tradicionalmente se ha considerado al clima como uno de los factores determinantes para la distribución de la vegetación; de hecho se observa que plantas adaptadas a un régimen climático en particular presentan morfologías similares o ciertas formas de crecimiento (Cain, 1950).

Torres-Colín (2004) describe en el estado de Oaxaca 26 tipos de vegetación reconocidos donde considera la clasificación de Miranda y Hernández (1963) con algunas adecuaciones de Rzedowski (1978) y Salas-Morales (2002), donde refiere los siguientes tipos de vegetación: Bosque de abetos u oyameles, Bosque de enebros, Bosque caducifolio, Bosque mesófilo de montaña, Encinares, Pinares, Cardonales y tetecheras, Chaparral, Matorral espinoso, Izotal, Selva alta perennifolia, Selva alta o mediana subcaducifolia, Selva alta o mediana subperennifolia, Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa caducifolia, Selva mediana caducifolia, Manglar, Popal, Tular y carrizal, Vegetación flotante y sumergida, Bosque de galería, Palmar, Pastizal, Sabana, Vegetación de dunas costeras y agrupaciones de halófitos.



II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Estimar el efecto del cambio climático en el área de distribución potencial (ADP) del Orden Soricomorpha en cuatro escenarios de tiempo diferentes: un presente y tres futuros (año 2020, 2050 y 2080) correspondientes a la familia climática A2 en el estado de Oaxaca.

2.2 Objetivos Particulares

Estimar el área de mayor riqueza de especies del Orden Soricomorpha en cuatro escenarios de tiempo diferentes: un presente y tres futuros (año 2020, 2050 y 2080) correspondientes a la familia climática A2 en el estado de Oaxaca.

Identificar el tipo de vegetación y representatividad en el área de mayor riqueza del Orden Soricomorpha en cuatro escenarios de tiempo diferentes: un presente y tres futuros (año 2020, 2050 y 2080) correspondientes a la familia climática A2 en el estado de Oaxaca.

Identificar el tipo de vegetación y su representatividad en el área de mayor riqueza de los géneros del Orden Soricomorpha en el tiempo presente para el estado de Oaxaca.



Identificar la representatividad por género del Orden Soricomorpha en áreas naturales protegidas (ANP) del estado de Oaxaca para el tiempo presente.



III. MÉTODOS

3.1 Diversidad del Orden Soricomorpha

Para determinar la riqueza específica del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca se recabó información existente en la literatura científica sobre listas taxonómicas y de distribución del Orden en México, destacando los trabajos de Villa-R. y Cervantes (2003) y Carraway (2007) además de recabar información sobre registros de presencia en base de datos GBIF (Global Biodiversity Information Facility) <http://www.gbif.org/>, donde se consideró la nomenclatura taxonómica propuesta por Carraway (2007) para los siguientes análisis.

Para estimar el número de especies no representadas a nivel nacional y por regiones fisiográfico-florística en el estado de Oaxaca y considerar su efecto en la competencia intraespecífica y ADP's se utilizó el estadístico Chao2 (Chao, 1984, 1987).

$$Chao_2 = S_{obs} + \frac{Q^2}{2Q_2}$$

Donde:

Q = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies únicas)

Q₂ = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras



Chao2 es el estimador menos sesgado para muestras pequeñas Colwell y Coddington (1994) y se calculó con el programa de cómputo StimateS^{7.5.2} (<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>), el cual a la par genera otros estimadores de riqueza como la rarefacción que se calculó porque permite hacer comparaciones de números de especies entre comunidades cuando el tamaño no es igual (Coleman *et al.*, 1982; 1981). La rarefacción calcula el número esperado de especies de cada muestra si todas las muestras fueran reducidas a un tamaño estándar, es decir si la muestra fuera considerada de n individuos ($n < N$) (Coleman *et al.*, 1982; 1981).

$$E(S) = \sum 1 - \frac{(N - N_i)/n}{N/n}$$

Donde:

$E(S)$ = número esperado de especies

N = número total de individuos en la muestra

N_i = número de individuos en la i ésima especie

N = tamaño de la muestra estandarizado

El límite máximo de la extrapolación por rarefacción es determinado por el tamaño de la muestra más grande. Entre las restricciones que presenta este método se encuentra el que las muestras a ser comparadas deben ser consistentes desde el punto de vista taxonómico (todos los organismos deben pertenecer al mismo grupo taxonómico), el diseño de muestreo puede diferir en la intensidad del muestreo pero no en el método de colecta, los tipos de hábitat de donde se obtienen las muestras tienen que ser similares.



3.2 Registros de presencia

Los modelos de nicho ecológico fueron generados con puntos de registros de presencia que corresponden a ubicaciones geográficas que ubican en el globo terráqueo a cada una de las observaciones registradas (presencias) de musarañas en el estado de Oaxaca.

Los registros de presencia fueron obtenidos de la base de datos de la colección mastozoológica del IPN CIIDIR-UNIDAD OAXACA con clave: OAX.MA.026.0497, que contiene registros de las colecciones biológicas siguientes: Universidad Nacional Autónoma de México (CNMA-IBUNAM); University of Kansas Natural History Museum (KUNHM), American Museum of Natural History, New York (AMNH); National Museum of Natural History, Washington, D.C. (NMNH); Field Museum of Natural History, Chicago, Illinois (FMNH); Museum of Zoology, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan (UMMZ); Michigan State University Museum, East Lansing, Michigan (MSU); Museum of Vertebrate Zoology, University of California, Berkeley, California (MVZ).

La base de datos obtenida cuenta 381 registros de presencia, distribuidos entre los años 1901 a 2000 para diez especies y cinco subespecies; de los cuales 193 son no frecuentes, es decir que no repiten su ubicación geográfica, no se consideraron registros para *Cryptotis phillipsii* antes *Cryptotis mexicana peregrina* sinonimia de *Notiosorex phillipsii* y para la nueva especie *Sorex ixtlanensis* antes categorizada dentro de la subespecie *Sorex*



veraepacis mutabilis debido a la imprecisión taxonómica de los registros. Cada registro fue ubicado usando mapas topográficos escala 1:250,000 (Comisión Nacional Forestal; <http://www.conafor.gob.mx>), Programas de acceso en línea Google Earth, Directorios de Sitios y Ciudades del estado de Oaxaca (<http://www.fallingrain.com/world/MX/20/>) y gaceteros.

Los registros de los taxa fueron ingresados a la reciente versión del programa Maxent 3.3.1 a la par de 19 variables bioclimáticas para cada tiempo (presente, 2020, 2050 y 2080) derivadas de precipitaciones medias mensuales y temperaturas mínimas y máximas para el tiempo presente y de estimaciones en emisiones de gases con efecto invernadero de IPCC para los tiempos 2020, 2050 y 2080, derivados de modelos de circulación general del escenario A2 CGCM2 SRES del Centro Climático Canadiense con una resolución aproximada de 1 Km² (30 arc-segundos). Tal escenario en el presente análisis describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales y considera altas concentraciones de CO₂ atmosférico y moderado a alto incremento en temperaturas (Ver Anexo 1), además se asume una moderada capacidad de dispersión en los taxones del Orden Soricomorpha.

Con la finalidad de observar el comportamiento del error de omisión por réplica con respecto a su máximo y mínimo en la distribución potencial base, se obtuvieron tres réplicas de las que se seleccionó la de menor error de omisión en las proyecciones de distribución potencial para cada tiempo con pruebas de



entrecruzamiento, *jacknife*, 20% del total de registros de presencia para prueba de modelo y un máximo de 500 iteraciones para las especies *Megasorex gigas*, *Cryptotis goldmani machetes*, *Cryptotis magna*, *Cryptotis mexicana*, *Cryptotis peregrina*, *Cryptotis parva*, *Cryptotis parva pueblensis*, *Sorex veraecrucis oaxacae*, *Sorex veraecrucis altoensis*, *Sorex ventralis* y *Sorex veraepacis mutabilis*.

Para estimar la tasa de cambio en el ADP en términos de área a través del tiempo se usó una fórmula adaptada de FAO (1996),

$$t = \left(1 - \frac{S_1 - S_2}{S_1}\right)^{1/n} - 1$$

Donde:

t = la tasa de cambio

S₁ = superficie de un ADP determinada en el tiempo inicial del análisis (t₁)

S₂ = superficie de esa ADP para el tiempo final

n = número de años entre las dos fechas.

El resultado indica la velocidad a la que ocurren cambios en términos de aumento o disminución en el ADP y sirve para comparar y conocer si el cambio en el ADP provocado por el efecto del cambio climático en una especie es más dinámico o estable que en otra. La tasa expresa el porcentaje de cambio en la superficie al inicio de cada año y, para ello, el valor resultante de la ecuación se multiplicó por 100.



3.3 Desarrollo de las distribuciones potenciales

Maxent es un método de cómputo evolutivo que detecta relaciones no aleatorias entre la presencia de las especies y las condiciones ambientales, usando los puntos de presencia de las especies y las capas ambientales para caracterizar sus nichos ecológicos por medio de maximizar una distribución uniforme en el espacio ambiental al promedio de los valores de los datos de entrada; posteriormente, una vez construido el modelo de nicho es proyectado al espacio geográfico para producir un mapa probabilístico de distribución potencial para cada una de las especies (Phillips *et al.*, 2004, 2006).

Durante el modelado, una muestra de registros fue extraída al azar, generándose un modelo para cada extracción de muestra. Tres diferentes secuencias (réplicas) fueron modeladas para cada especie; el mapa probabilístico (escala 0 a 1) con menor error de omisión fue seleccionado para evaluar la distribución potencial en cada caso disminuyendo así la probabilidad de eliminar áreas con poblaciones importantes en el caso del recambio genético. El mapa probabilístico en formato ASCII se importó al programa ArcView GIS 3.2, en donde se eliminó el diez percentil que representa el área que tiene el 10% de probabilidad más baja de presencia propuesta por el mapa y se reclasificó para obtener el área que representen exclusivamente la presencia de la especie en cada caso.



3.4 Validación y evaluación de modelos finales

Para comparar la capacidad de discriminación de los distintos modelos generados en Maxent se ha seleccionado la técnica de área bajo la curva ROC (Receiver Operating Characteristic) (Hanley y McNeil, 1982), procedente del procesamiento de señales de radar, que ha sido aplicado con éxito en la evaluación de modelos de distribución basados tanto en algoritmos de presencia-ausencia (Muñoz y Felicísimo, 2004; Segurado y Araujo, 2004), como de solo presencia (Phillips *et al.*, 2004, 2006). El área bajo la curva ROC (AUC) indica, para un punto de presencia y uno aleatorio seleccionados al azar, la probabilidad de que el valor de idoneidad previsto por el modelo para el punto de presencia sea mayor que el previsto para el punto aleatorio, siendo entonces una medida de capacidad de discriminación del modelo que toma valores próximos a uno cuando existen un buen ajuste con los datos de evaluación y, cercanos a 0.5 cuando el ajuste no es mejor que el obtenido por azar (Segurado y Araujo, 2004). El procedimiento se encuentra automatizado por el programa Maxent siendo evaluados cada uno de los modelos de cada especie.

Para corroborar la predicción de las ADP's considerando que el ADP se generó con 80% del total muestral, se sobrepuso el total de los registros de presencia en las distribuciones potenciales históricas para cada taxón.



3.5 Clasificación de ADP´s

La clasificación constó de dos tratamientos en tres categorías; el primer tratamiento corresponde a la comparación entre tiempos a partir de la distribución histórica (ADP obtenida con los registros históricos); las categorías fueron las siguientes: a) área que se mantiene, b) área que se gana y c) área que se pierde; las tres categorías se obtuvieron con respecto al tiempo anterior; a partir de la suma del área que se mantiene y gana, se obtuvo la distribución potencial predicha en cada periodo de tiempo.

El segundo tratamiento, corresponde a la comparación entre tiempos a partir de la distribución presente, misma que se obtuvo al cortar áreas que con respecto al mapa de Uso de suelo y vegetación (2002), escala 1:250000 modificado de CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx>) que representan ciudades, asentamientos humanos, cuerpos de agua y zonas de cultivo agrícola, donde se asume a estas áreas como representantes de las condiciones actuales al igual que la distribución de la vegetación; el mismo corte se realiza en los tiempos 2020, 2050 y 2080, por lo que se considera el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.



3.6 Áreas de mayor diversidad y representatividad por tipo de vegetación

Para generar, estimar y evaluar a la vegetación presente en el área de mayor diversidad de taxa del Orden Soricomorpha, se combinó a las ADP con el segundo tratamiento, por periodo de tiempo y por género únicamente para el tiempo presente; se multiplicaron por el mapa de uso de suelo y vegetación de donde se obtuvieron los tipos de vegetación en que los taxa del Orden Soricomorpha se encuentran mejor representados en los cuatro periodos de tiempo.

Finalmente se reclasificó el mapa de uso de suelo y vegetación a los tipos de vegetación con más presencia donde se considera que la permanencia de la especie es viable y donde se elimina a los tipos de vegetación con escasa presencia por considerar su vulnerabilidad al cambio en el paisaje. Así se acotó nuevamente a las ADP de cada periodo de tiempo para obtener modelos de distribución potencial con menor sesgo en la predicción.



IV. RESULTADOS

En México la familia Soricidae a la cual corresponden las musarañas, presenta mayor riqueza específica en el estado de Oaxaca con 14 taxa, seguido de Chiapas con 11, Estado de México, Puebla y Jalisco con diez, Michoacán con nueve, Distrito Federal con ocho y Veracruz con siete, entre otros; todos ellos localizados en la zona centro y sur de México y en cuerpos geomorfológicos como el Eje Neovolcánico Transversal, Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Madre del Sur; hoy día todos los estados de la república tienen registrado al menos un taxa del Orden Soricomorpha (Figura 4).

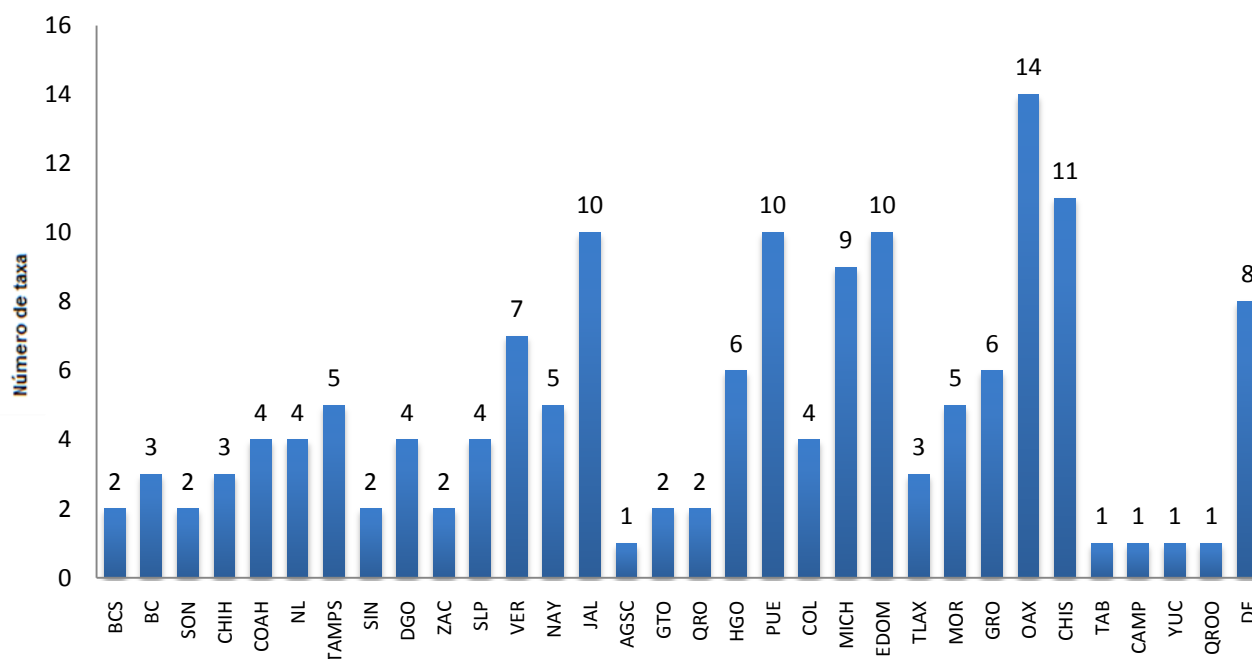


Figura 4.- Número de taxa en cada uno de los 31 estados y el Distrito Federal (Fuente. Villa-R. y Cervantes, 2003; Carraway, 2007).



La representatividad de taxa en el estado de Oaxaca con respecto a México a nivel de género, especie y subespecie se da en las proporciones 3:4, 10:35 y 6:14 respectivamente (Ver anexo 3).

Al comparar nuevamente al estado de Oaxaca con México a nivel de especie y subespecie se encuentra que de 22 especies y 12 subespecies, ambas endémicas en México, tres y una lo son para Oaxaca (Figura 5).

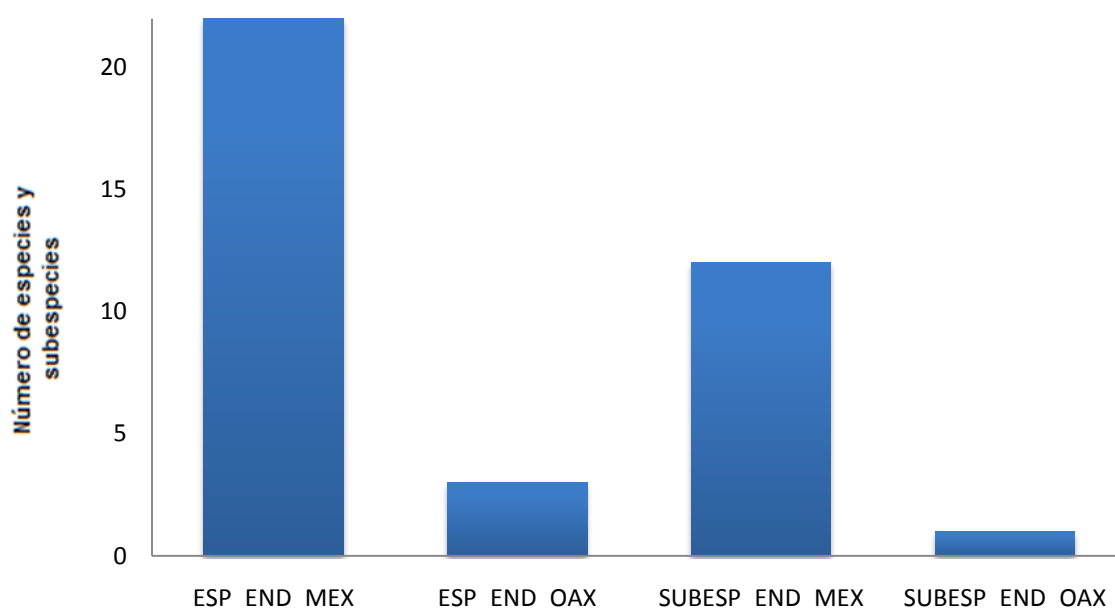


Figura 5.- Número de especies y subespecies endémicas en México y el estado de Oaxaca.

Al examinar la representatividad de los taxa en el estado de Oaxaca con respecto a registros de presencia actualizados taxonómicamente, se encuentra que en las regiones fisiográfico-florísticas Depresión del Balsas, Planicie Costera del Golfo y Mixteca Alta no hay registros concretos acerca de la presencia de los taxa del Orden Soricomorpha (Figura 6).



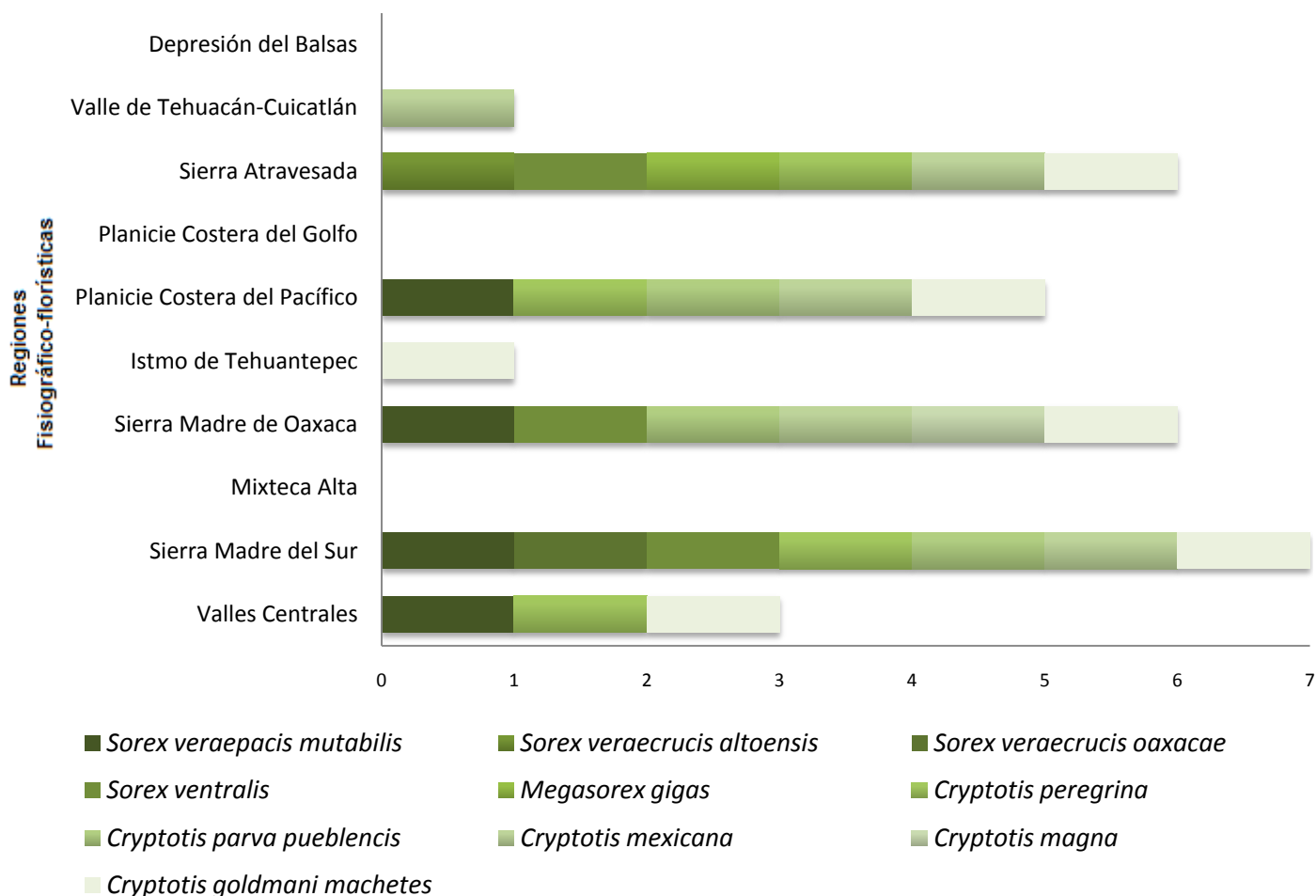


Figura 6.- Taxa del Orden Soricomorpha registrados en las regiones fisiográfico-florísticas del estado de Oaxaca.

Las estimaciones sobre la riqueza específica a través de modelado con los índices Chao2 y rarefacción a nivel nacional, donde se considera a cada estado como un área de estudio (muestra) e indican que al menos por el método de rarefacción (44 ± 0.76) se ha cubierto el total de taxa que hasta ahora son 44, sin embargo el modelado por el método del estimador Chao2 (64 ± 28.08) indica que aún faltan 21 especies por encontrar (Figura 7).



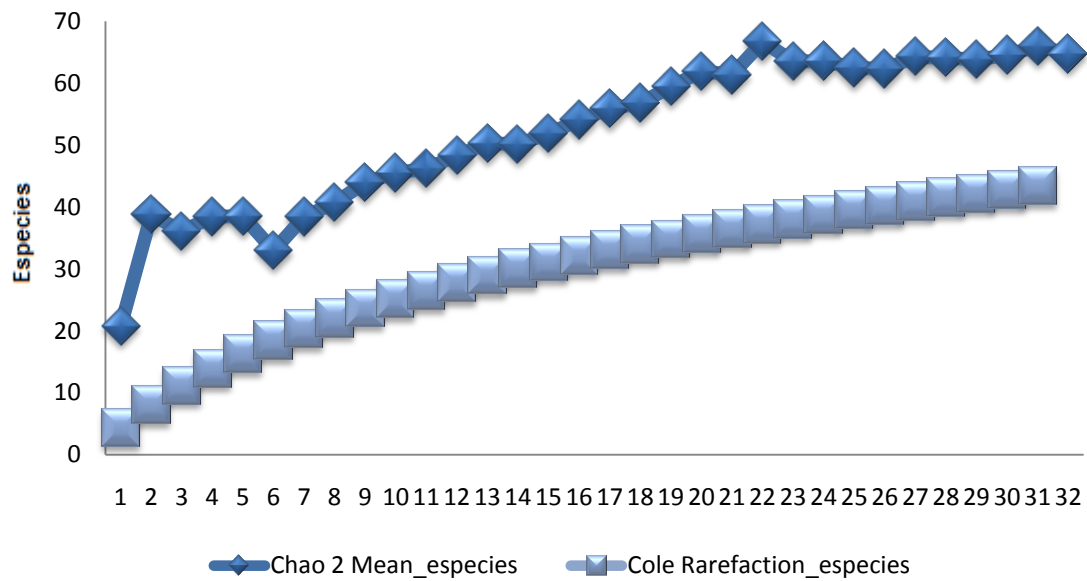


Figura 7.- Número de especies estimadas para el Orden Soricomorpha en México en 32 muestras (estados).

Al comparar las curvas de rarefacción basadas en especies (taxa) contra la de muestras (estados) se observa que la curva de rarefacción de especies se encuentra sobre la de estados, lo que indica que los taxa tienden a agregarse (de manera no aleatoria) entre muestras (Figura 8).

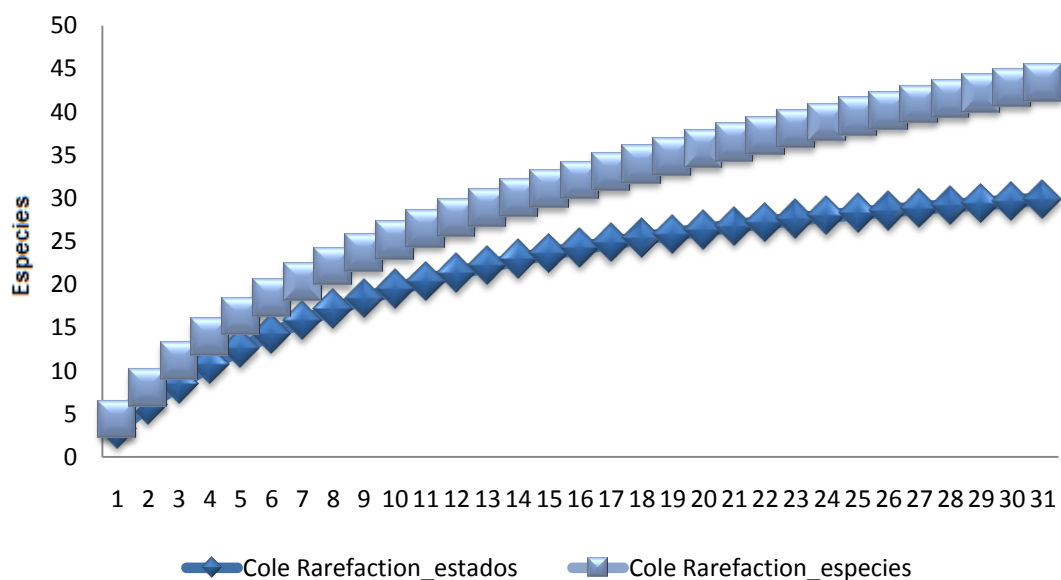


Figura 8.- Curvas de rarefacción por estado y especie para el Orden Soricomorpha en México.



Al aplicar este análisis en el estado de Oaxaca y considerar a cada una de las regiones fisiográfico-florísticas como muestras y a los registros de presencia encontrados en cada una de ellas, el estimador Chao2 (15 ± 16.7) indica que faltan cinco taxones por registrar en diez regiones, mientras que el método de estimación por rarefacción (9.6 ± 0.6) coincide con la cantidad de taxa observados (Figura 9).

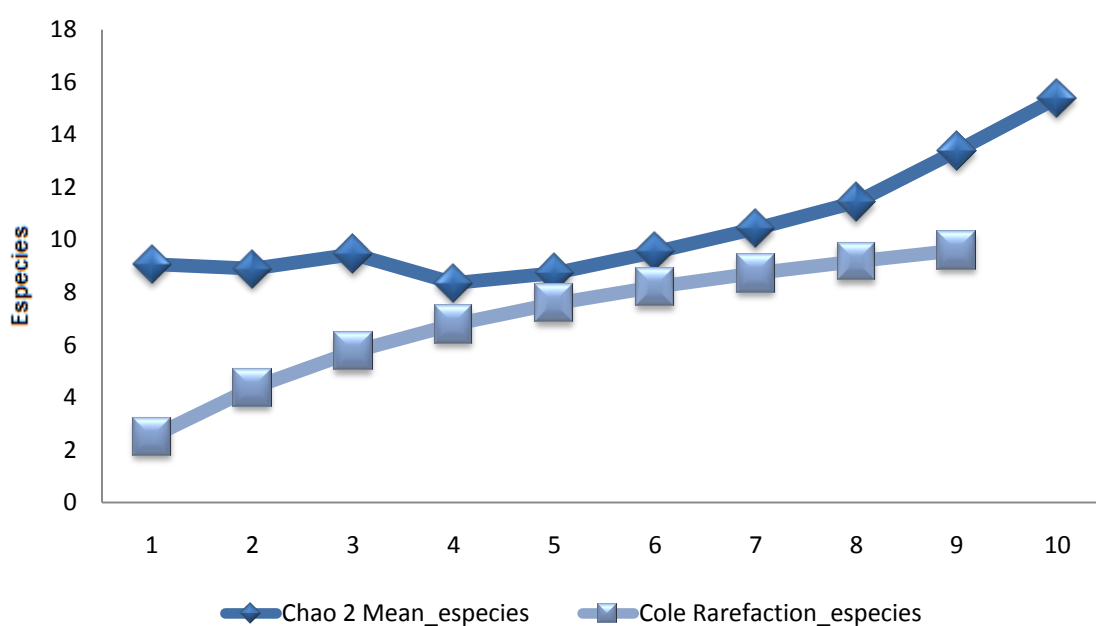


Figura 9.- Número de especies estimadas para el Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca en 10 muestras (regiones fisiográfico-florísticas).

Al comparar las curvas de rarefacción basadas en especies (taxa) contra la de muestras (regiones fisiográfico-florísticas) se observa nuevamente que la curva de rarefacción de especies se encuentra sobre la de regiones, lo que indica la tendencia de los taxa a agregarse entre muestras (Figura 10).



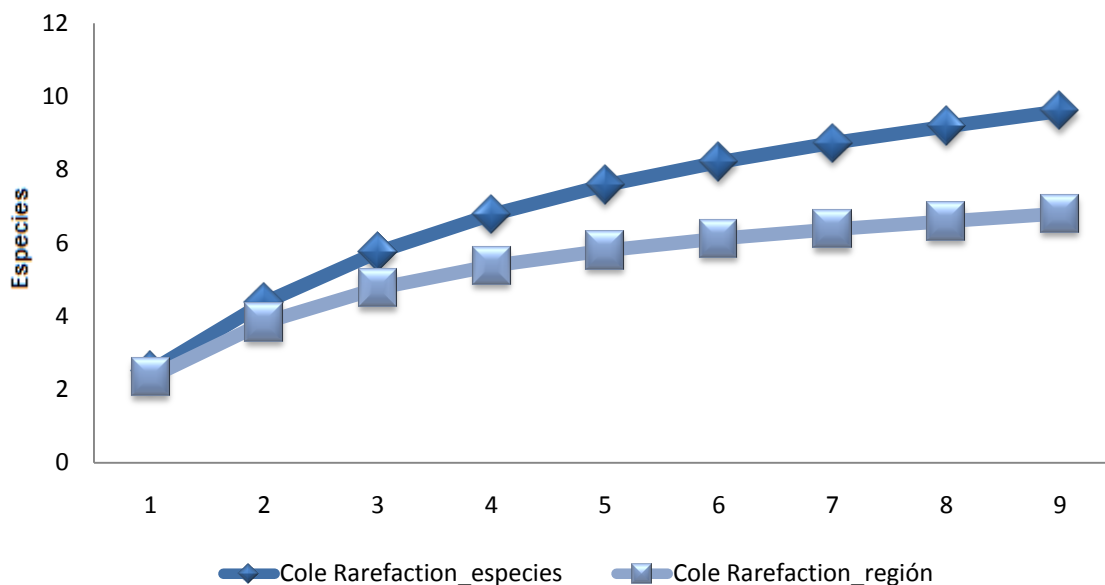


Figura 10.- Curvas de rarefacción por región fisiográfico-florística y especies para el Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca.

Con respecto a los registros obtenidos de la base de datos y con los cuales se modeló el ADP de cada taxón se contabilizaron 381 registros identificables y compatibles con la taxonomía reciente de los cuales, 193 corresponden a registros no frecuentes (Figura 11).

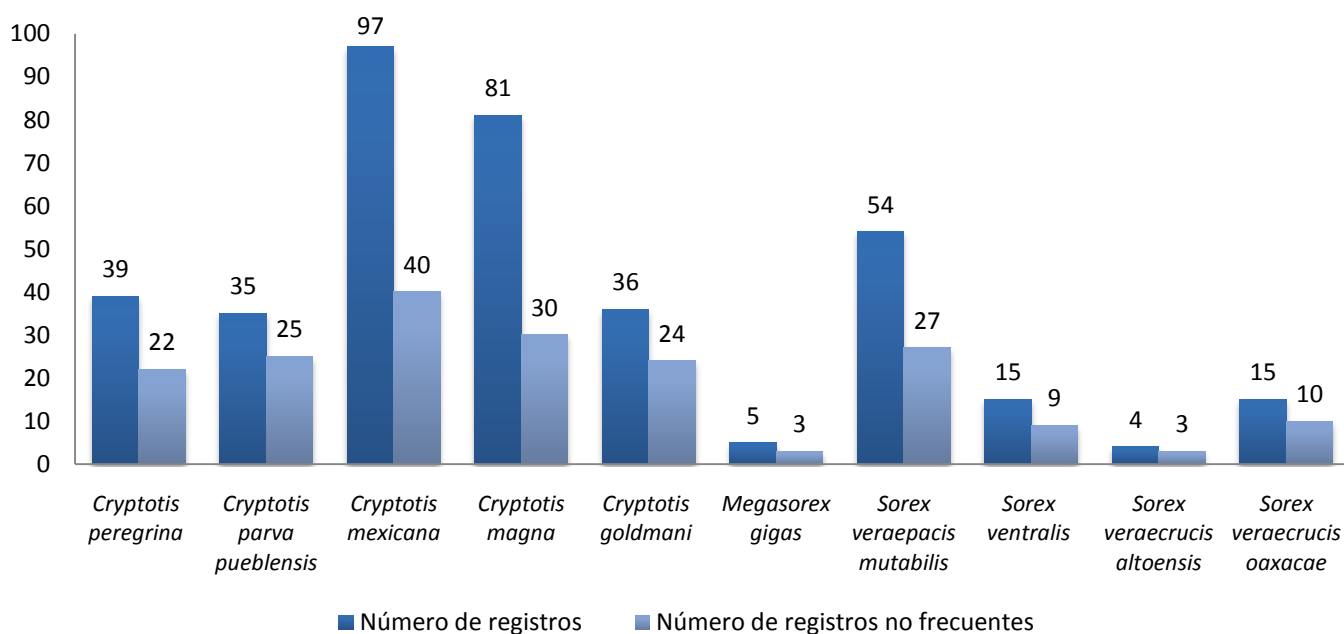


Figura 11.- Diferencia entre el número de registros por taxón y registros no frecuentes en la base de datos.



La distribución de los registros no frecuentes puede observarse sobre todo en las regiones fisiográfico-florísticas de la Sierra Madre del Sur, Sierra Madre de Oaxaca y Sierra Atravesada, mientras que Mixteca Alta, Depresión del Balsas y Planicie Costera del Golfo se encuentran escasamente representada (Figura 12).

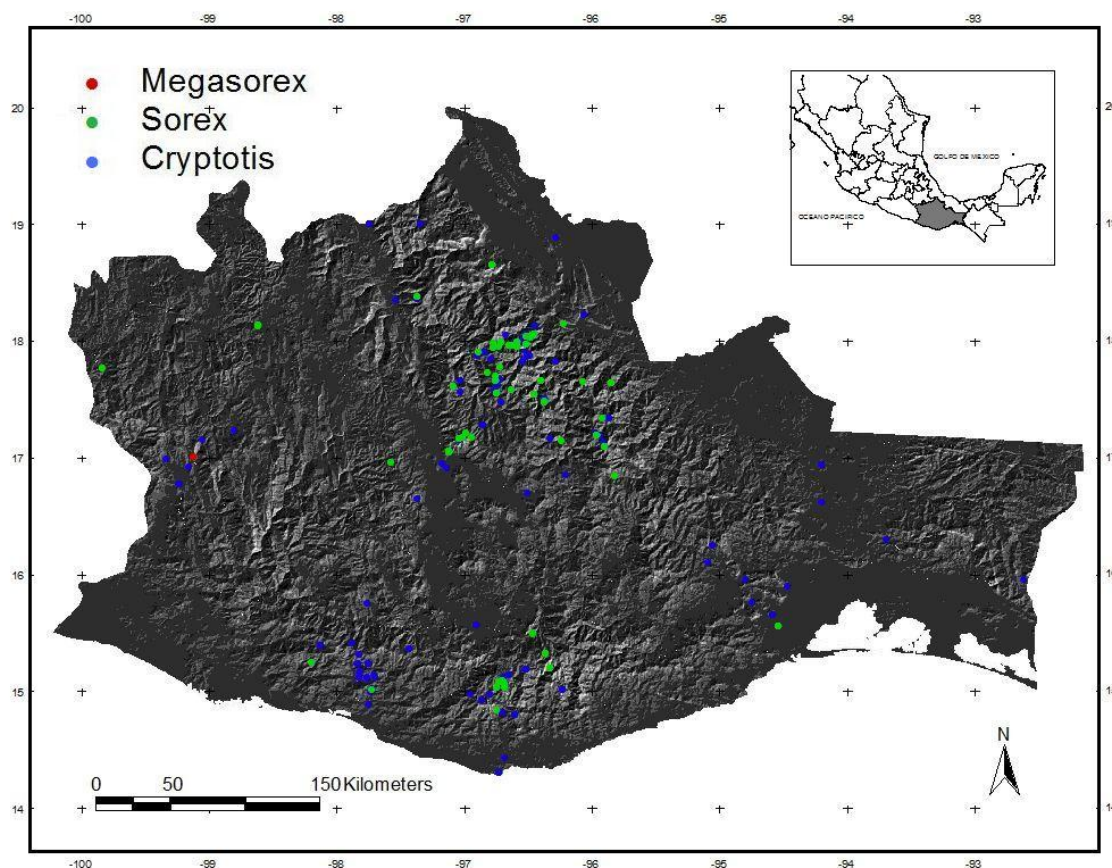


Figura 12.- Modelo digital de relieve en donde se observa la distribución de los registros no frecuentes para los géneros *Cryptotis*, *Sorex* y *Megasorex* en el estado de Oaxaca.

Con respecto a las ADP sin considerar deforestación actual se observa que el género *Cryptotis* es el que presenta mayores ADP's en todas la categorías de tiempo, mientras que los géneros *Megasorex* y *Sorex* salvo la especie *Sorex veraepacis mutabilis* de amplia distribución, presentan comparativamente menores ADP's, así, *Cryptotis parva pueblensis* es la



especie que en cada categoría de tiempo presenta áreas de distribución mayores, mientras que *Cryptotis goldmani machetes* y *Cryptotis peregrina* lo son únicamente en su distribución histórica. En contraparte *Cryptotis magna*, *Megasorex gigas*, *Sorex veraecrucis oaxacae*, *Sorex veraecrucis altoensis* y *Sorex ventralis* presentan una menor ADP en todas las categorías de tiempo con respecto a las del género *Cryptotis* (Figura 13).

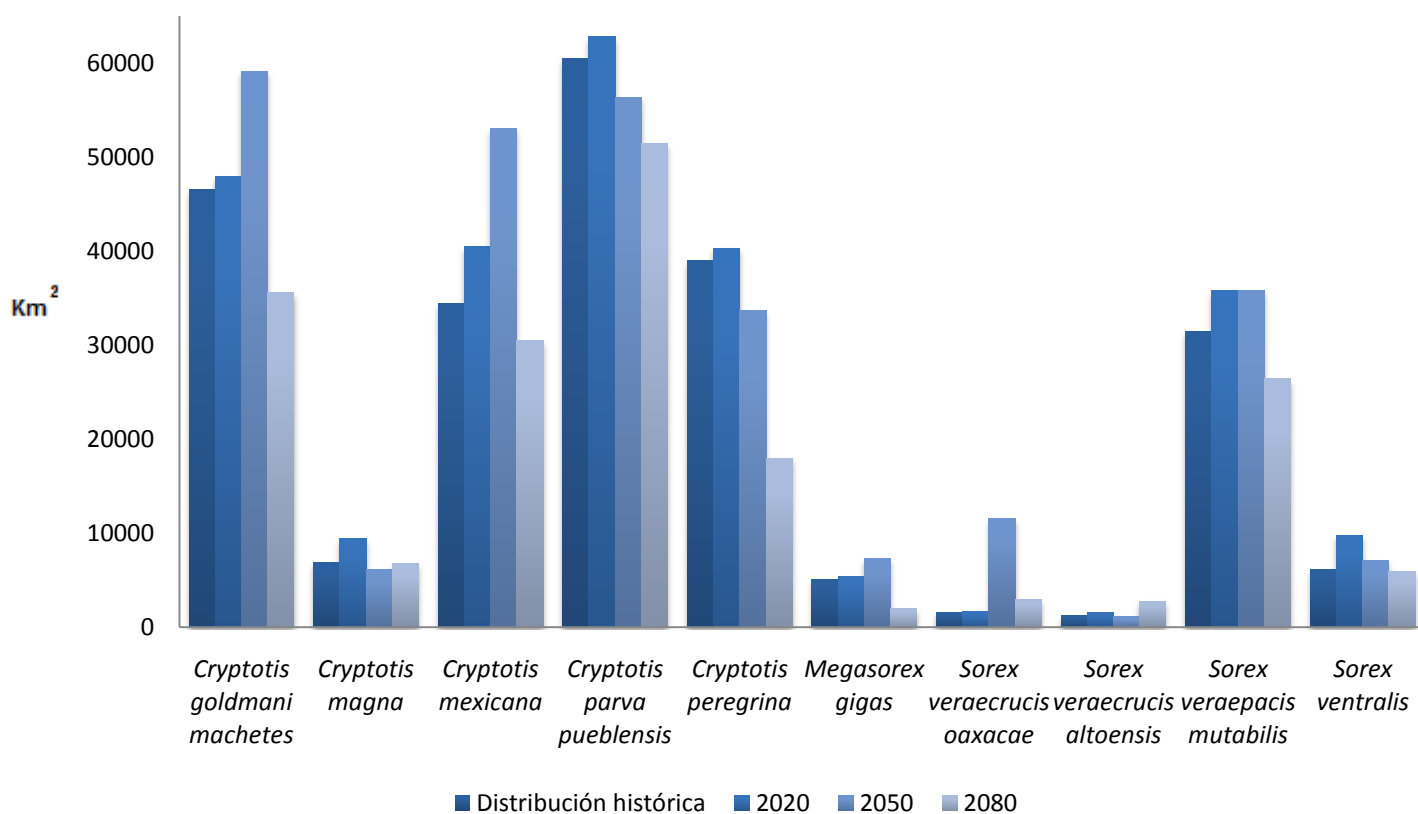


Figura 13.- ADP (Km²) para cada taxón del Orden Soricomorpha en cuatro periodos de tiempo en el estado de Oaxaca.

Las extensiones de las ADP en Km², representatividad en porcentaje por periodo con respecto al tiempo anterior se muestran en la Tabla 5.



Tabla 5. Área de distribución histórica y predicha en años 2020, 2050 y 2080 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca sin considerar el estado actual de la vegetación. Porcentajes de áreas de distribución potencial predicha, área que se mantiene, área perdida y área ganada con respecto a la distribución histórica. Unidades en km².

<i>Especie</i>	<i>Dist. Hist.</i>	<i>Año</i>	<i>Dist. pot. pred. (%)</i>	<i>A. mantiene (%)</i>	<i>A. perdida (%)</i>	<i>A. ganada (%)</i>					
<i>C. goldmani machetes</i>	46554.5643	100%	2020	39464.9161	84.77	38078.2169	81.79	8476.3474	18.21	1386.6992	2.98
			2050	57969.7975	124.52	35794.4914	76.89	1155.0169	2.48	22175.3061	47.63
			2080	34632.6853	74.39	33590.5392	72.15	930.9725	2.00	1042.1460	2.24
<i>Cryptotis magna</i>	6860.5118	100%	2020	7922.1769	115.48	5365.1850	78.20	1495.3268	21.80	2556.9919	37.27
			2050	4663.3489	67.97	4220.3520	61.52	1473.2618	21.47	442.9969	6.46
			2080	5822.6091	84.87	4157.5516	60.60	947.0969	13.81	1665.0574	24.27
<i>Cryptotis mexicana</i>	34423.9166	100%	2020	36256.1587	105.32	30161.1320	87.62	4262.7846	12.38	6095.0267	17.71
			2050	53009.4200	153.99	30138.2183	87.55	4.2433	0.01	22871.2016	66.44
			2080	30454.7659	88.47	30138.2183	87.55	0.0000	0.00	316.5476	0.92
<i>Cryptotis parva pueblensis</i>	60463.989	100%	2020	60737.2553	100.45	58361.0266	96.52	2102.9624	3.48	2376.2287	3.93
			2050	54931.6193	90.85	54408.8490	89.99	1424.0399	2.36	522.7703	0.86
			2080	50363.3195	83.29	50255.5406	83.12	1082.8814	1.79	107.7789	0.18
<i>Cryptotis peregrina</i>	38958.2702	100%	2020	17309.1291	44.43	15958.0733	40.96	23000.1969	59.04	1351.0558	3.47
			2050	12745.0726	32.71	12737.4347	32.70	20954.9429	53.79	7.6379	0.02
			2080	17234.4476	44.24	12737.4347	32.70	757.8472	1.95	4497.0129	11.54



Tabla 5 (Continuación). Área de distribución histórica y predicha en años 2020, 2050 y 2080 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca sin considerar el estado actual de la vegetación. Porcentajes de áreas de distribución potencial predicha, área que se mantiene, área perdida y área ganada con respecto a la distribución histórica. Unidades en km².

<i>Especie</i>	<i>Dist. Hist.</i>	<i>Año</i>	<i>Dist. pot. pred. (%)</i>	<i>A. mantiene (%)</i>	<i>A. perdida (%)</i>	<i>A. ganada (%)</i>					
<i>Megasorex gigas</i>	5108.0431	100%	2020	1431.6778	28.03	1157.5629	22.66	3950.4803	77.34	274.1150	5.37
			2050	6713.6949	131.43	1088.8220	21.32	547.3813	10.72	5624.8729	110.12
			2080	1690.5170	33.10	998.8647	19.55	328.4288	6.43	691.6523	13.54
<i>Sorex veraecrucis oaxacae</i>	1614.1382	100%	2020	1508.9053	93.48	1428.2832	88.49	185.8550	11.51	80.6220	4.99
			2050	11522.1634	713.83	1261.9472	78.18	71.2869	4.42	10260.2162	635.65
			2080	2992.3509	185.38	1261.9472	78.18	0.0000	0.00	1730.4037	107.20
<i>Sorex veraecrucis altoensis</i>	1272.9796	100%	2020	874.1127	68.67	585.5707	46.00	687.4090	54.00	288.5421	22.67
			2050	855.4423	67.20	471.0025	37.00	249.5040	19.60	384.4399	30.20
			2080	2656.2843	208.67	323.3368	25.40	134.9358	10.60	2332.9474	183.27
<i>Sorex veraepacis mutabilis</i>	31428.1710	100%	2020	35355.7377	112.50	30997.0553	98.63	431.1158	1.37	4358.6824	13.87
			2050	35798.7347	113.91	30105.9695	95.79	40.7353	0.13	5692.7651	18.11
			2080	26375.2904	83.92	25954.3584	82.58	23.7623	0.08	420.9319	1.34
<i>Sorex ventralis</i>	6091.6321	100%	2020	9408.1685	154.44	5738.5924	94.20	353.0397	5.80	3669.5761	60.24
			2050	6985.2638	114.67	5499.2722	90.28	74.6815	1.23	1485.9916	24.39
			2080	5875.2256	96.45	5461.9315	89.66	74.6815	1.23	413.2941	6.78



En la clasificación de las ADP sin considerar la deforestación actual puede observarse en general una tendencia a disminuir en el área que se mantiene a través de cada periodo de tiempo en los tres géneros del Orden Soricomorpha (Figuras 14 y 15).

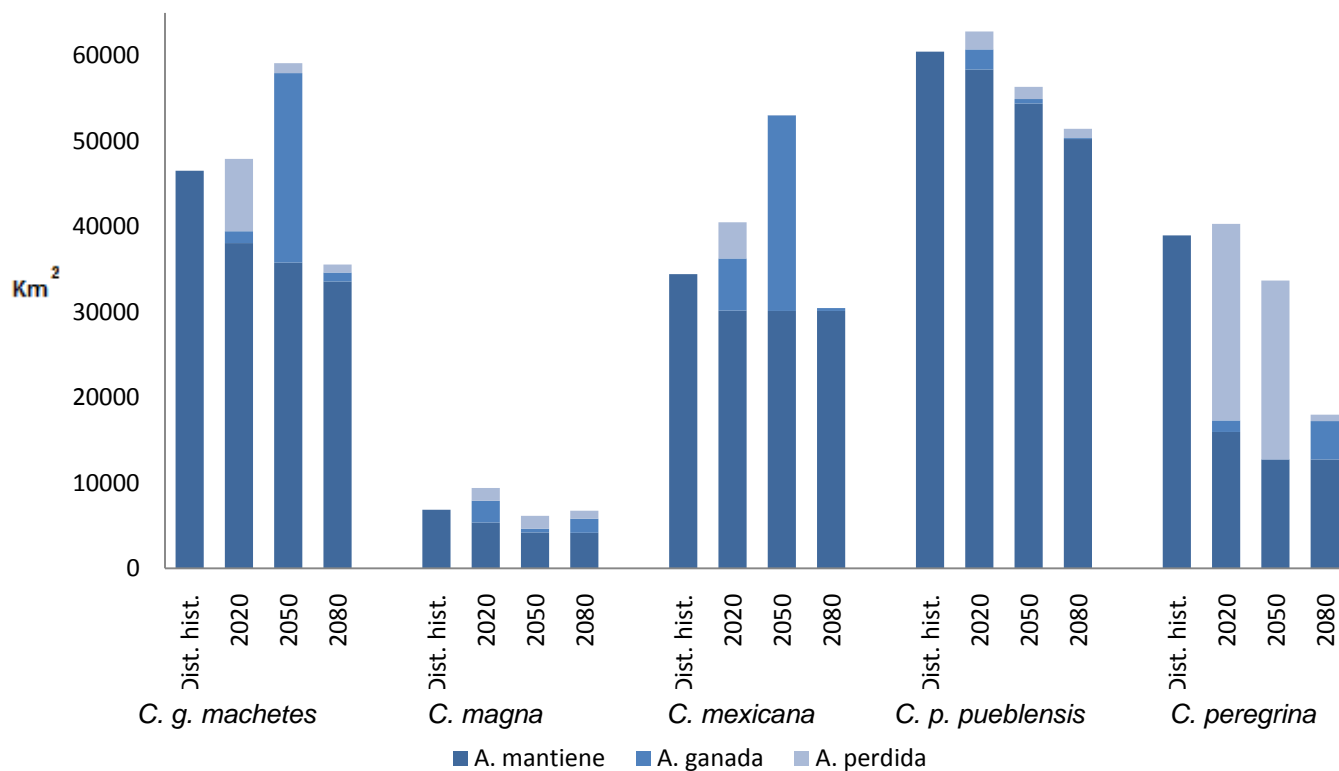


Figura 14.- Clasificación del ADP (Km²) por periodo de tiempo para las especies *Cryptotis goldmani machetes*, *Cryptotis magna*, *Cryptotis mexicana*, *Cryptotis parva pueblensis* y *Cryptotis peregrina*, sin considerar el estado actual de la vegetación en el estado de Oaxaca.



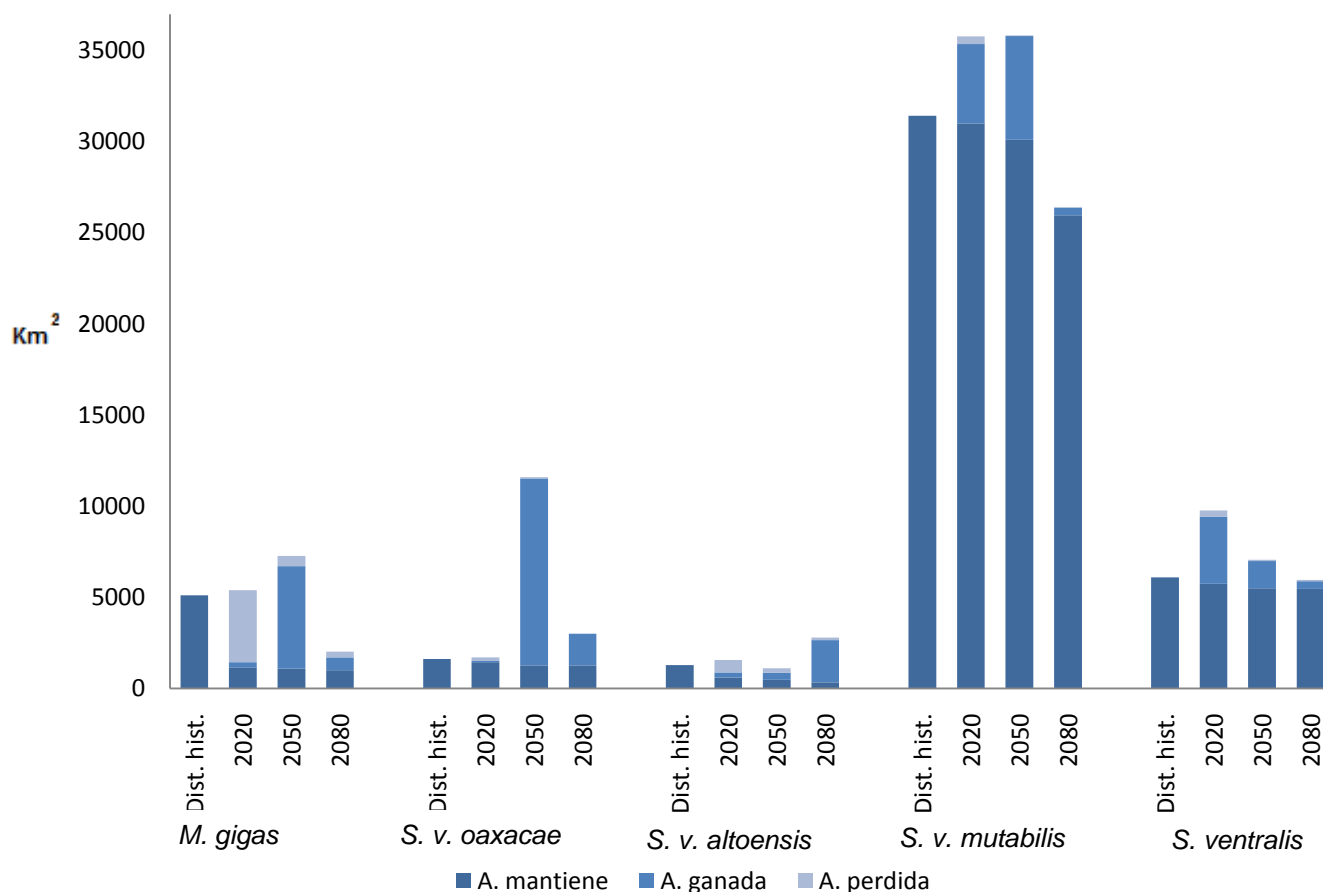


Figura 15.- Clasificación del ADP (Km²) por periodo de tiempo para las especies *Megasorex gigas*, *Sorex veraecrucis oaxacae*, *Sorex veraecrucis altoensis*, *Sorex veraepacis mutabilis* y *Sorex ventralis*, sin considerar el estado actual de la vegetación en el estado de Oaxaca.

Con respecto a la tasa de cambio en el área que se mantiene en cada periodo de tiempo puede observarse que *Megasorex gigas* es la especie que presenta la tasa de cambio más elevada (-2.01), seguido de las especies *Sorex veraecrucis altoensis*, *Cryptotis peregrina*, *Cryptotis magna*, *Cryptotis goldmani machetes*, *Sorex veraecrucis oaxacae*, *Sorex veraepacis mutabilis*, *Cryptotis parva pueblensis*, *Cryptotis mexicana* y *Sorex ventralis* con tasas de cambio de -1.69, -1.38, -0.62, -0.40, -0.30, -0.23, -0.23, -0.16 y -0.13 respectivamente (Figura 16).



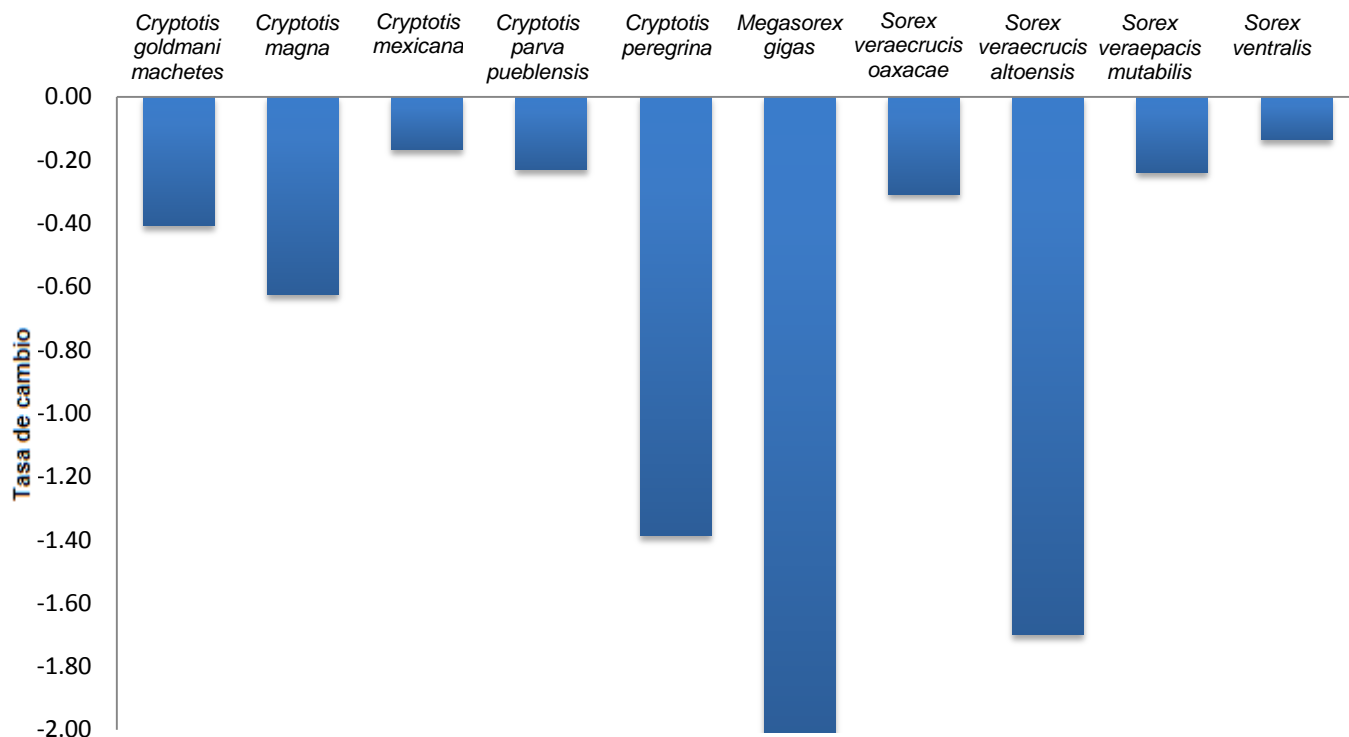


Figura 16.- Tasa de cambio anual en cada taxón del Orden Soricomorpha con presencia en el estado de Oaxaca, sin considerar el estado actual de la vegetación.

A razón de generar el total de combinaciones de presencia y ausencia entre los diferentes taxa por periodos de tiempo (Figura 17), se obtuvo a partir de la matriz de datos asociada a cada combinación el área de mayor riqueza por tiempo en el estado de Oaxaca (Figura 18), es decir, aquella que se mantendrá a través de los años con el supuesto de que no existan más cambios en la vegetación actual; potencialmente todas la especies del Orden Soricomorpha están presentes excepto *Sorex veraecrucis altoensis* y *Cryptotis magna*.



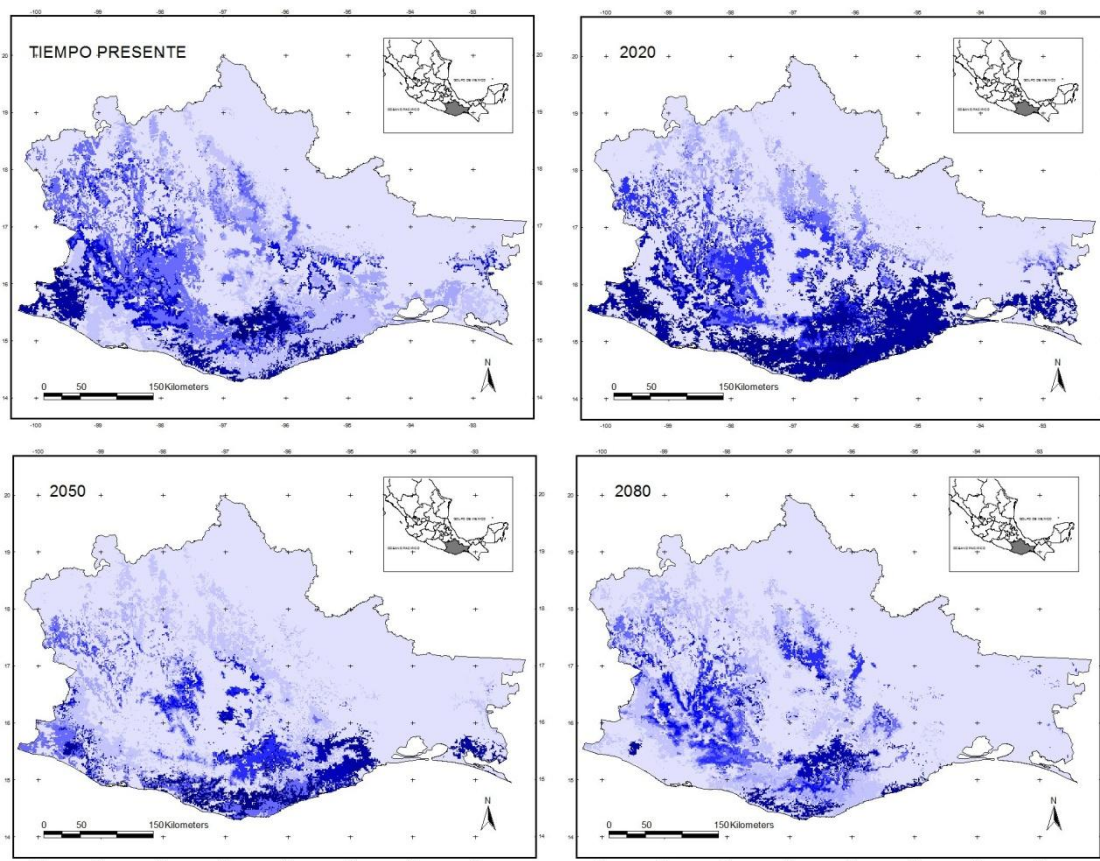


Figura 17.- Combinaciones de presencia y ausencia entre taxa del Orden Soricomorpha en cuatro periodos de tiempo para el estado de Oaxaca, considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.

Así, el área consta de 1214.4 km² y se ubica en la Sierra Madre del Sur, en los distritos de Yautepec, Miahuatlán y Pochutla (Tablas 6-9); en ella se aprecia la distribución en los periodos de tiempo presente, 2020, 2050 y 2080, cuyas áreas corresponden a 807.91, 78.07, 117.96 y 210.46 Km² respectivamente.



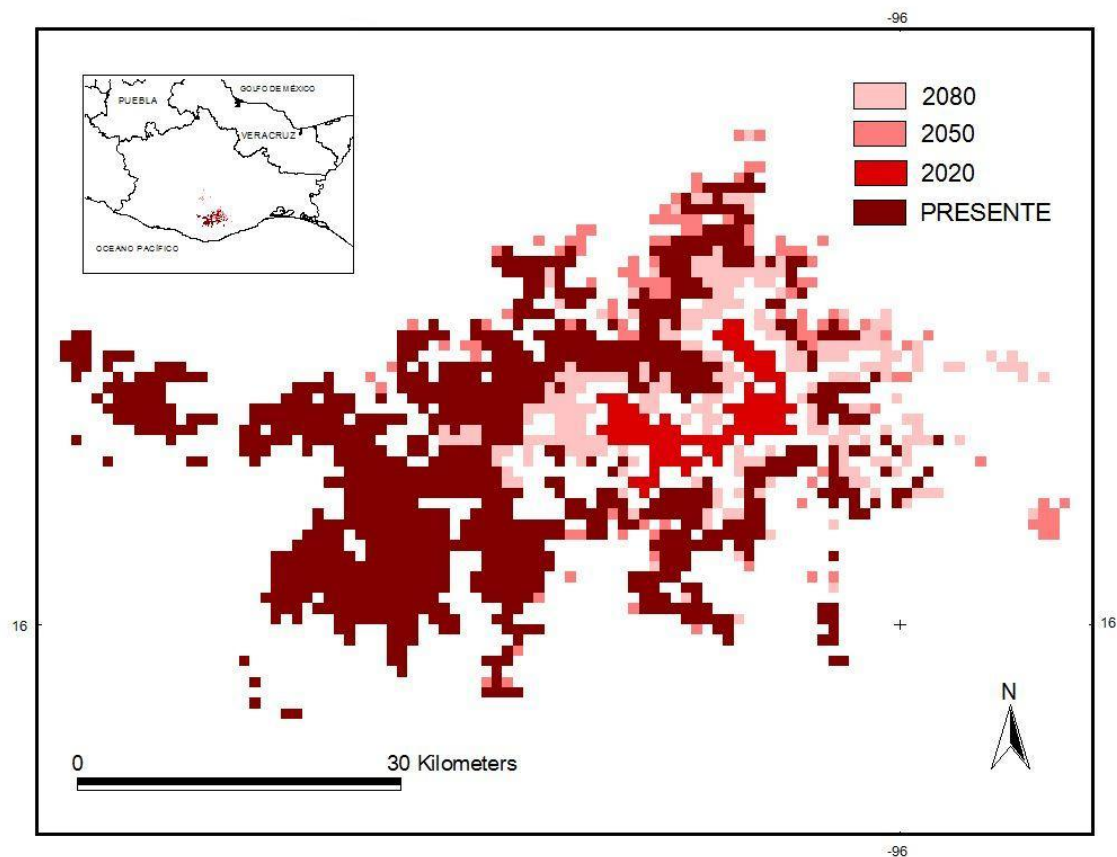


Figura 18.- Áreas de mayor riqueza del Orden Soricomorpha en cuatro escenarios de tiempo para el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.

Como resultado de juntar las áreas de mayor riqueza de especies para el Orden Soricomorpha en la figura anterior, ninguno de los grids para cada periodo de tiempo se sobrepuso y debido a que las capas bioclimáticas con las que se modeló para cada tiempo fueron elaboradas por medio de interpolación de registros altitudinales como variable independiente, de manera que se puede interpretar a la figura anterior como comportamiento del Orden Soricomorpha a través de gradientes altitudinales por periodo de tiempo con la reserva de considerar la moderada capacidad de movimiento de los taxa.



Tabla 6.- Municipios y distritos en que se encuentra la mayor riqueza predicha en tiempo presente para las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca. Unidades en km².

<i>Municipio</i>	<i>Distrito</i>	<i>Km²</i>
San Carlos Yautepec	Yautepec	50.9192
San Pedro Martir Quiéchapa	Yautepec	5.0919
Miahuatlan de Porfirio Diaz	Miahuatlán	23.7623
San Francisco Logueche	Miahuatlán	2.5460
Santa Catalina Quieri	Yautepec	23.7623
Santa Maria Quiégolani	Yautepec	2.5460
San Cristobal Amatlan	Miahuatlán	49.2219
Santa Catarina Quióquitani	Yautepec	11.8811
San Ildelfonso Amatlan	Miahuatlán	20.3677
San Juan Mixtepec - Distr. 26	Miahuatlán	23.7623
San Jose del Peñasco	Miahuatlán	1.6973
San Pedro Mixtepec - Distr.26	Miahuatlán	49.2219
San Pablo Coatlan	Miahuatlán	1.6973
Santo Tomas Tamazulapan	Miahuatlán	12.7298
San Sebastian Rio Hondo	Miahuatlán	70.4382
San Miguel Coatlan	Miahuatlán	17.8217
San Andres Paxtlan	Miahuatlán	39.8867
Santa Lucia Miahuatlan	Miahuatlán	16.1244
Santo Domingo Ozolotepec	Miahuatlán	9.3352
San Juan Ozolotepec	Miahuatlán	74.6815
San Mateo Rio Hondo	Miahuatlán	115.4168
Santa Maria Ozolotepec	Miahuatlán	60.2544
San Miguel Suchixtepec	Miahuatlán	56.8598
San Francisco Ozolotepec	Miahuatlán	5.9406
San Marcial Ozolotepec	Miahuatlán	23.7623
San Agustin Loxicha	Pochutla	7.6379
San Miguel del Puerto	Pochutla	3.3946
Santiago Xanica	Miahuatlán	6.7892
San Pedro el Alto	Pochutla	17.8217
San Mateo Piñas	Pochutla	2.5460
	TOTAL	807.9178



Tabla 7.- Municipios y distritos en que se encuentra la mayor riqueza predicha en tiempo 2020 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años. Unidades en km².

<i>Municipio</i>	<i>Distrito</i>	<i>Km²</i>
San Carlos Yautepec	Yautepec	6.7892
Santa Catalina Quieri	Yautepec	1.6973
San Juan Mixtepec - Distr. 26	Miahuatlán	12.7298
San Pedro Mixtepec - Distr.26	Miahuatlán	40.7353
Santo Domingo Ozolotepec	Miahuatlán	1.6973
San Juan Ozolotepec	Miahuatlán	14.4271
TOTAL		78.0761

Tabla 8.- Municipios y distritos en que se encuentra la mayor riqueza predicha en tiempo 2050 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años. Unidades en km².

<i>Municipio</i>	<i>Distrito</i>	<i>Km²</i>
San Carlos Yautepec	Yautepec	28.8542
Santa Catarina Minas	Ocotlán	0.8487
Yaxe	Ocotlán	0.8487
Heroica Ciudad de Ejutla de Crespo	Ejutla	21.2163
San Pedro Martir Quiechapa	Yautepec	6.7892
Santa Maria Ecatepec	Yautepec	1.6973
San Francisco Logueche	Miahuatlán	4.2433
Santa Catalina Quieri	Yautepec	8.4865
Santa Maria Quiegolani	Yautepec	4.2433
San Cristobal Amatlan	Miahuatlán	3.3946
Santa Catarina Quiquitani	Yautepec	5.9406
San Ildefonso Amatlan	Miahuatlán	5.9406
San Juan Mixtepec - Distr. 26	Miahuatlán	2.5460
San Jose del Peñasco	Miahuatlán	0.8487
San Pedro Mixtepec - Distr.26	Miahuatlán	4.2433
San Andres Paxtlan	Miahuatlán	1.6973
San Juan Ozolotepec	Miahuatlán	8.4865
Santa Maria Ozolotepec	Miahuatlán	3.3946
San Francisco Ozolotepec	Miahuatlán	0.8487
San Marcial Ozolotepec	Miahuatlán	2.5460
Santiago Xanica	Miahuatlán	0.8487
TOTAL		117.9631



Tabla 9.- Municipios y distritos en que se encuentra la mayor riqueza predicha en tiempo 2080 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años. Unidades en km².

Municipio	Distrito	Km²
San Carlos Yautepec	Yautepec	56.8598
San Pedro Martir Quiéchapa	Yautepec	1.6973
Santa Maria Ecatepec	Yautepec	5.9406
Santa Catalina Quieri	Yautepec	18.6704
Santa Maria Quiegolani	Yautepec	16.9731
San Cristobal Amatlan	Miahuatlán	6.7892
Santa Catarina Quioquitani	Yautepec	5.9406
San Juan Mixtepec - Distr. 26	Miahuatlán	20.3677
San Pedro Mixtepec - Distr.26	Miahuatlán	31.4002
San Sebastian Rio Hondo	Miahuatlán	9.3352
Santo Domingo Ozolotepec	Miahuatlán	14.4271
San Juan Ozolotepec	Miahuatlán	19.5190
Santa Maria Ozolotepec	Miahuatlán	1.6973
San Francisco Ozolotepec	Miahuatlán	0.8487
TOTAL		210.4660

Entre los tipos de vegetación que mayor representatividad tienen en el área de mayor riqueza para los periodos de tiempo presente, 2020, 2050 y 2080 se encuentran el Bosque de encino, Bosque mesófilo de montaña y Bosque de pino, siendo éste último el que destaca con un total de 1008.25 km², mientras que los Bosques de encino y Mesófilos de montaña representan 176.49 y 77.22 km² respectivamente.

Así para el tiempo presente la representatividad del Bosque mesófilo de montaña, Bosque de encino y Bosque de pino es de 72.14, 118.81 y 616.16 km² respectivamente, mientras que en el periodo de 2020 el Bosque de encino, Bosque de pino y Bosque de coníferas distintas a *Pinus sp.* representan 1.69,



74.68 y 1.69 km²; en el periodo de 2050, el Bosque mesófilo de montaña, Bosque de encino y Bosque de pino representan 4.24, 47.52 y 115.42 km² respectivamente y finalmente para el tiempo 2080 la representatividad en el mismo sentido es de 0.84, 6.78 y 201.99 km² (Figura 19).

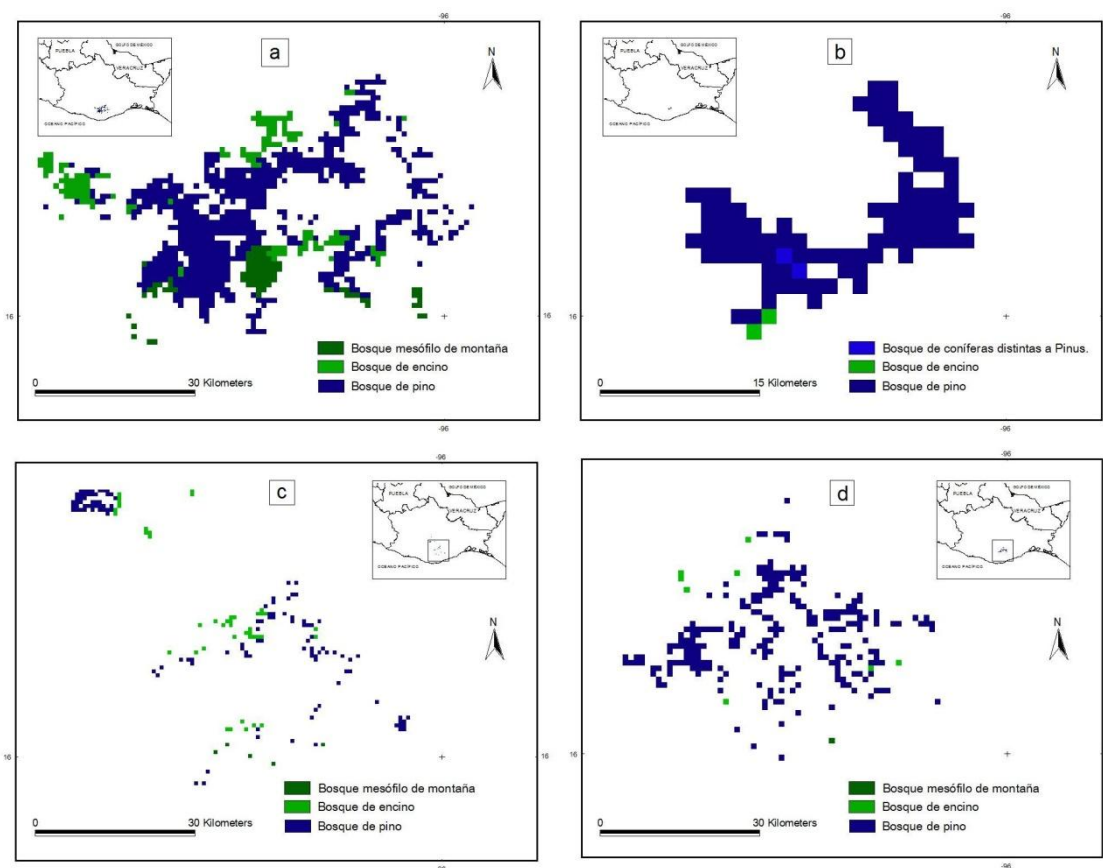


Figura 19.- Vegetación presente en el área de mayor riqueza de especies en los escenarios de tiempo presente (a), 2020 (b), 2050(c) y 2080 (d) del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.

En un análisis similar solo para el tiempo presente y considerando áreas de mayor riqueza por género, se encuentra que para el género *Cryptotis* el área de mayor riqueza en el tiempo presente se encuentra en la Sierra Madre del Sur, Sierra Atravesada y Valles Centrales principalmente (Figura 20); en este



análisis, el número de tipos de vegetación aumenta considerablemente debido a dos factores que tienen relación con la información de origen; el primero corresponde *per se* a que la selección del área de mayor riqueza únicamente se acota a la distribución espacial de las especies del género *Cryptotis*; el segundo factor corresponde a la influencia de especies como *C. mexicana* y *C. p. pueblensis* que son de amplia distribución, por lo que el área de mayor riqueza se ve influenciada por las afinidades a hábitats característicos; sin embargo, los tipos de vegetación que tienen mayor representatividad en el área nuevamente son Bosque de pino, Bosque de encino y Bosque mesófilo de montaña.

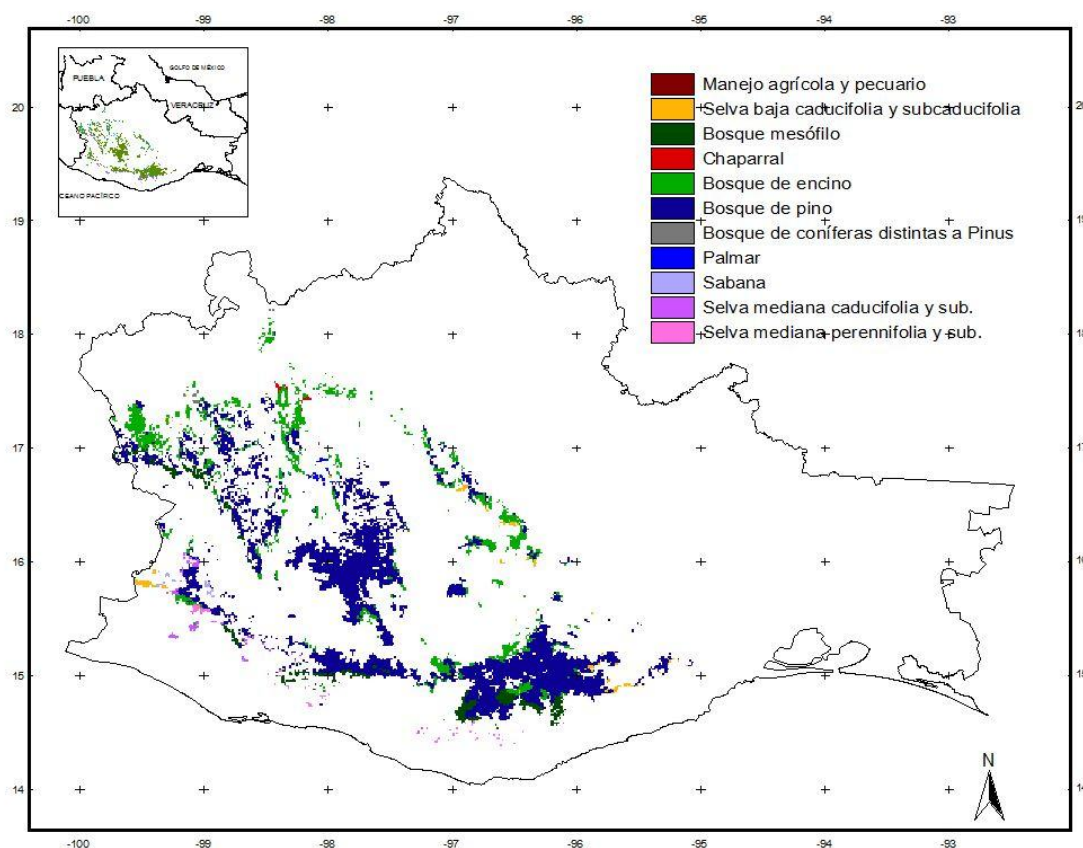


Figura 20.- Vegetación en el área de mayor riqueza en tiempo presente para el género *Cryptotis* en el estado de Oaxaca, considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.



En el análisis con el género *Megasorex*, los tipos de vegetación más abundantes son Selva baja caducifolia y subcaducifolia, Selva mediana caducifolia y subcaducifolia, mientras que los Bosques de pino, Encino y Mesófilo de montaña quedan desplazados por la afinidad de la especie quien habita en zonas vegetación arbustiva, lejos de bosques en condiciones semiáridas (Figura 21).

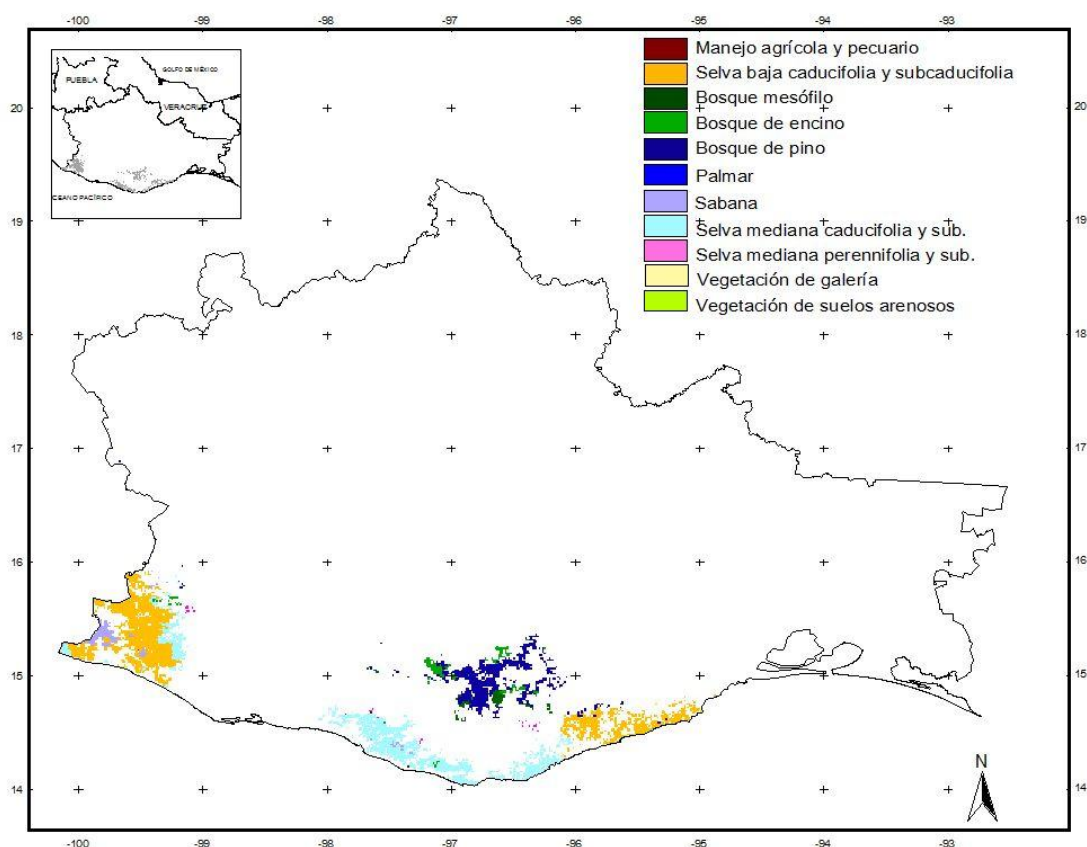


Figura 21.- Vegetación en el área de mayor riqueza en tiempo presente para el género *Megasorex* en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.

El análisis con el género *Sorex* es menos descriptivo ya que el área de mayor riqueza en que se encuentran todas las especies del género excepto *Sorex veraecrucis oaxacae* y describe un área pequeña de apenas 88.26 km² entre Chaparral y Bosque de encino (Figura 22).



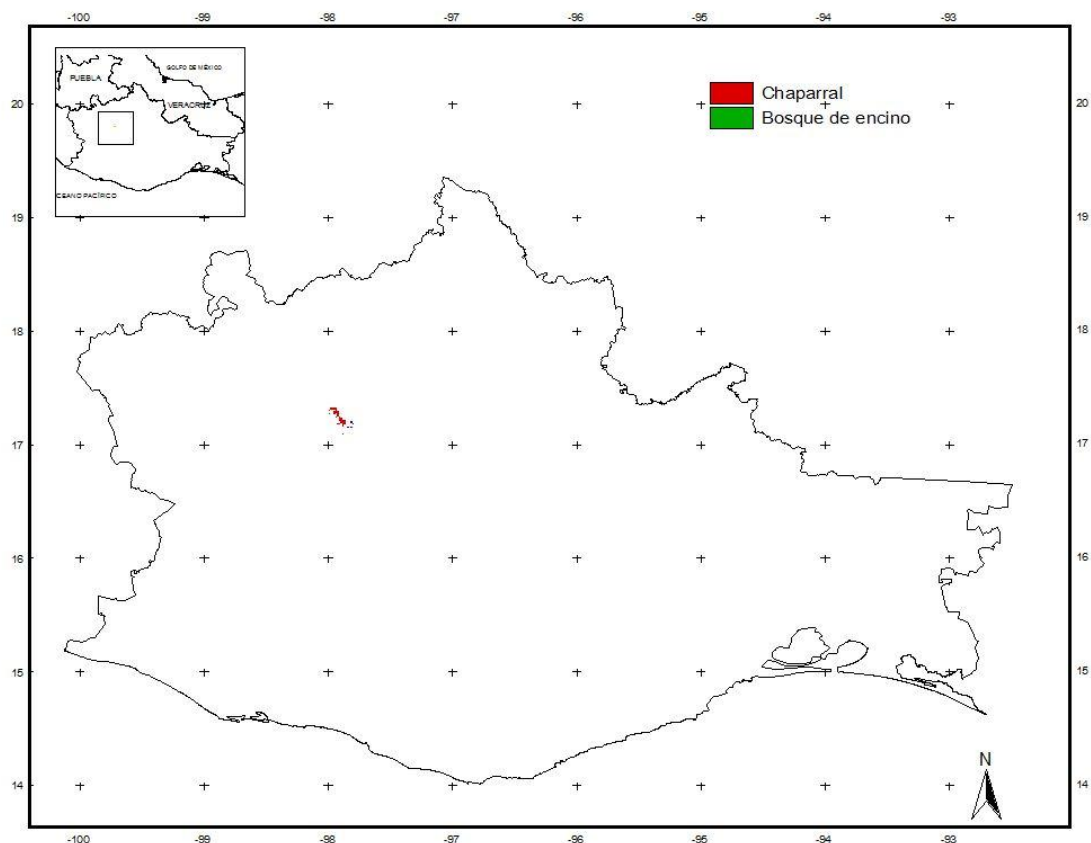


Figura 22.- Vegetación en el área de mayor riqueza en tiempo presente para el género *Sorex* en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.

El ADP presente, nuevamente fue modificada al considerarse a los tipos de vegetación que encontraron mayor representatividad en los análisis por género y por periodo de tiempo; la relación por afinidad biológica de cada especie del Orden Soricomorpha se marca fuertemente con el Bosque de pino, Encino y Mesófilo de montaña (Figura 23).



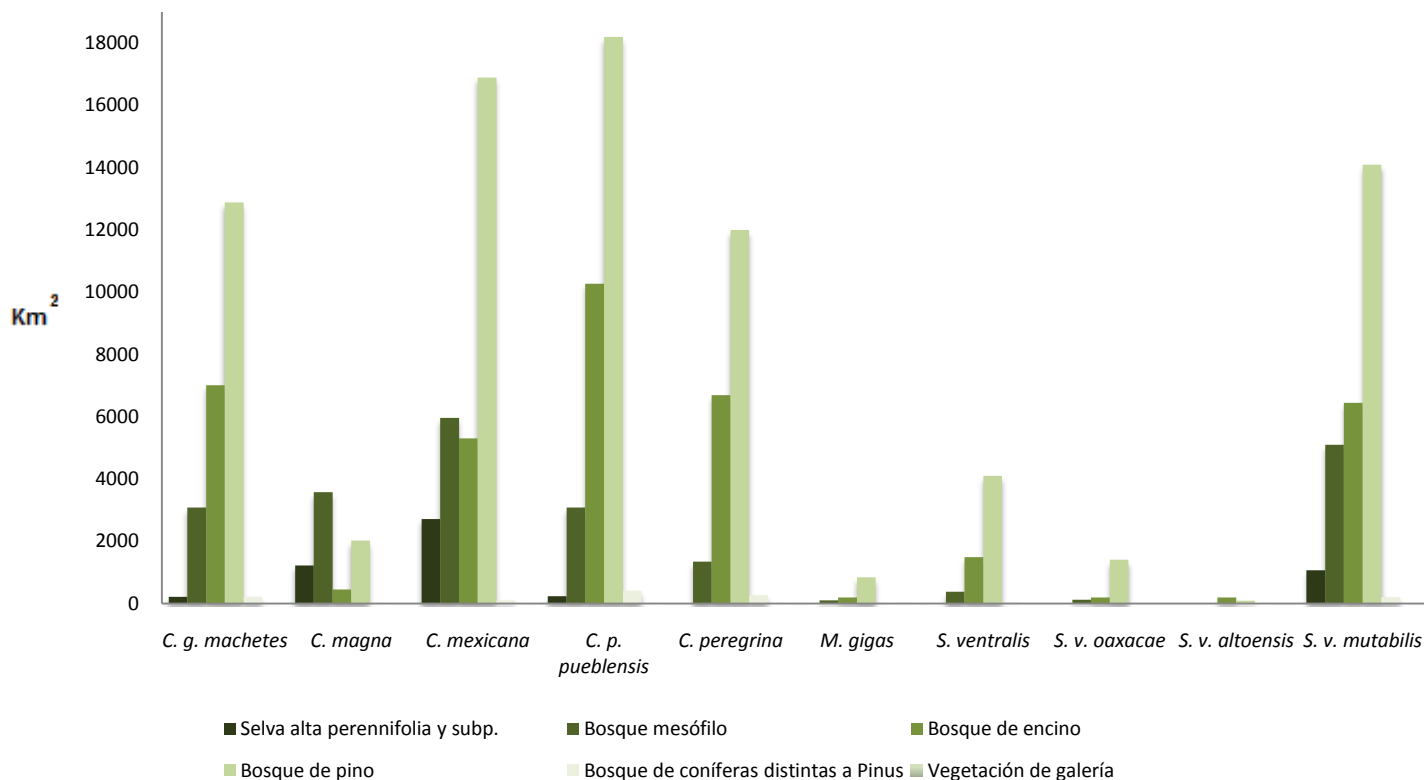


Figura 23.- Tipos de vegetación en el ADP actual (presente) de los taxa del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años.

Las áreas, porcentajes y comparación entre área que se mantiene, gana y pierde por especie y periodo de tiempo muestran un comportamiento similar al tratamiento anterior; en este tratamiento se toma en consideración a los tipos de vegetación con mejor representatividad en los dos análisis anteriores (Tabla 6); las ADP para cada especie taxonómicamente actualizada e identificable fue generada correctamente para los taxa de los géneros *Sorex* y *Cryptotis*, sin embargo en caso del representante del género *Megasorex* la predicción fue sobreestimada debido al tamaño de la muestra (Figuras 24-33).



Tabla 10. Área de distribución presente y predicha en años 2020, 2050 y 2080 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años. Porcentajes de áreas de distribución potencial predicha, área que se mantiene, área perdida y área ganada con respecto a la distribución presente. Unidades en km².

<i>Especie</i>	<i>Dist. Pres.</i>		<i>Año</i>	<i>Dist. pot. pred. (%)</i>		<i>A. mantiene (%)</i>		<i>A. perdida (%)</i>		<i>A. ganada (%)</i>	
<i>C. goldmani machetes</i>	34232.121	100%	2020	17293.8533	50.52	16731.1963	48.88	4048.92405	11.83	562.65702	1.64
			2050	27289.2898	79.72	16717.6179	48.84	194.341565	0.57	10571.6719	30.88
			2080	17627.374	51.49	16711.6773	48.82	0.84865312	0.00	915.696719	2.67
<i>Cryptotis magna</i>	6198.5624	100%	2020	6757.82481	109.02	4812.71186	77.64	1377.36402	22.22	1945.11296	31.38
			2050	4183.01124	67.48	3808.75521	61.45	1359.5423	21.93	374.256027	6.04
			2080	5173.38943	83.46	3770.56582	60.83	855.442347	13.80	1402.82361	22.63
<i>Cryptotis mexicana</i>	27896.0768	100%	2020	26429.6042	94.74	23133.4355	82.93	3461.65609	12.41	3296.16873	11.82
			2050	32793.6539	117.56	23133.4355	82.93	2.54595937	0.01	9660.21849	34.63
			2080	23424.5235	83.97	23133.4355	82.93	0	0.00	291.088021	1.04
<i>Cryptotis parva pueblensis</i>	43480.7427	100%	2020	27857.0387	64.07	27426.7716	63.08	1061.66506	2.44	430.267133	0.99
			2050	26792.8277	61.62	26629.0377	61.24	614.424861	1.41	163.790053	0.38
			2080	24802.7362	57.04	24802.7362	57.04	612.727554	1.41	0	0.00
<i>Cryptotis peregrina</i>	27867.2226	100%	2020	9192.61062	32.99	8214.11357	29.48	9963.18766	35.75	978.49705	3.51
			2050	6727.2733	24.14	6719.63542	24.11	9173.94025	32.92	7.6378781	0.03
			2080	9262.20018	33.24	6719.63542	24.11	184.157728	0.66	2542.56475	9.12



Tabla 10 (Continuación). Área de distribución presente y predicha en años 2020, 2050 y 2080 de las especies del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años. Porcentajes de áreas de distribución potencial predicha, área que se mantiene, área perdida y área ganada con respecto a la distribución presente. Unidades en km².

<i>Especie</i>	<i>Dist. Pres.</i>		<i>Año</i>	<i>Dist. pot. pred. (%)</i>		<i>A. mantiene (%)</i>		<i>A. perdida (%)</i>		<i>A. ganada (%)</i>	
<i>Megasorex gigas</i>	4053.16731	100%	2020	5.09191873	0.13	5.09191873	0.13	987.832234	24.37	0	0.00
			2050	796.885282	19.66	5.09191873	0.13	252.049977	6.22	791.793363	19.54
			2080	334.36933	8.25	5.09191873	0.13	86.5626185	2.14	329.277411	8.12
<i>Sorex veraecrucis oaxacae</i>	1499.57007	100%	2020	1409.61284	94.00	1330.6881	88.74	130.692581	8.72	78.9247404	5.26
			2050	3984.42641	265.70	1168.59535	77.93	71.2868623	4.75	2815.83106	187.78
			2080	2725.02518	181.72	1168.59535	77.93	0	0.00	1556.42983	103.79
<i>Sorex veraecrucis altoensis</i>	441.299624	100%	2020	289.390715	65.58	134.087193	30.38	117.962784	26.73	155.303521	35.19
			2050	221.498465	50.19	93.3518434	21.15	43.2813092	9.81	128.146621	29.04
			2080	943.702272	213.85	51.7678405	11.73	26.3082468	5.96	891.934431	202.12
<i>Sorex veraepacis mutabilis</i>	23769.0766	100%	2020	25156.6245	105.84	22521.5566	94.75	390.380436	1.64	2635.06794	11.09
			2050	24445.4532	102.85	21844.3314	91.90	38.1893905	0.16	2601.12182	10.94
			2080	20217.4633	85.06	19838.1154	83.46	22.9136343	0.10	379.347946	1.60
<i>Sorex ventralis</i>	5204.7896	100%	2020	6860.51184	131.81	4808.46859	92.39	283.450143	5.45	2052.04325	39.43
			2050	5992.3397	115.13	4746.51691	91.20	50.0705342	0.96	1245.82278	23.94
			2080	5010.44803	96.27	4721.90597	90.72	50.0705342	0.96	288.542062	5.54



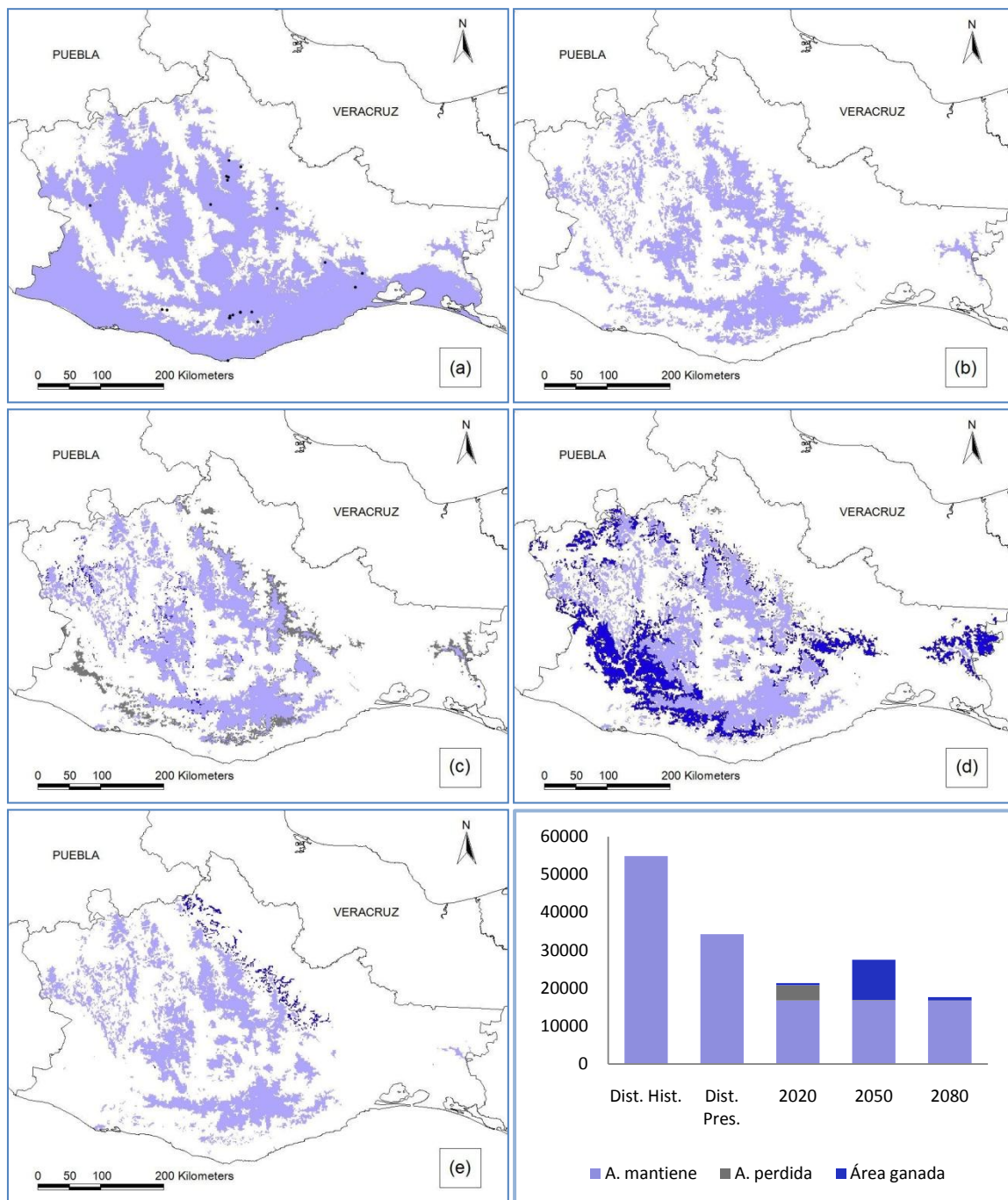


Figura 24. *Cryptotis goldmani machetes*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.



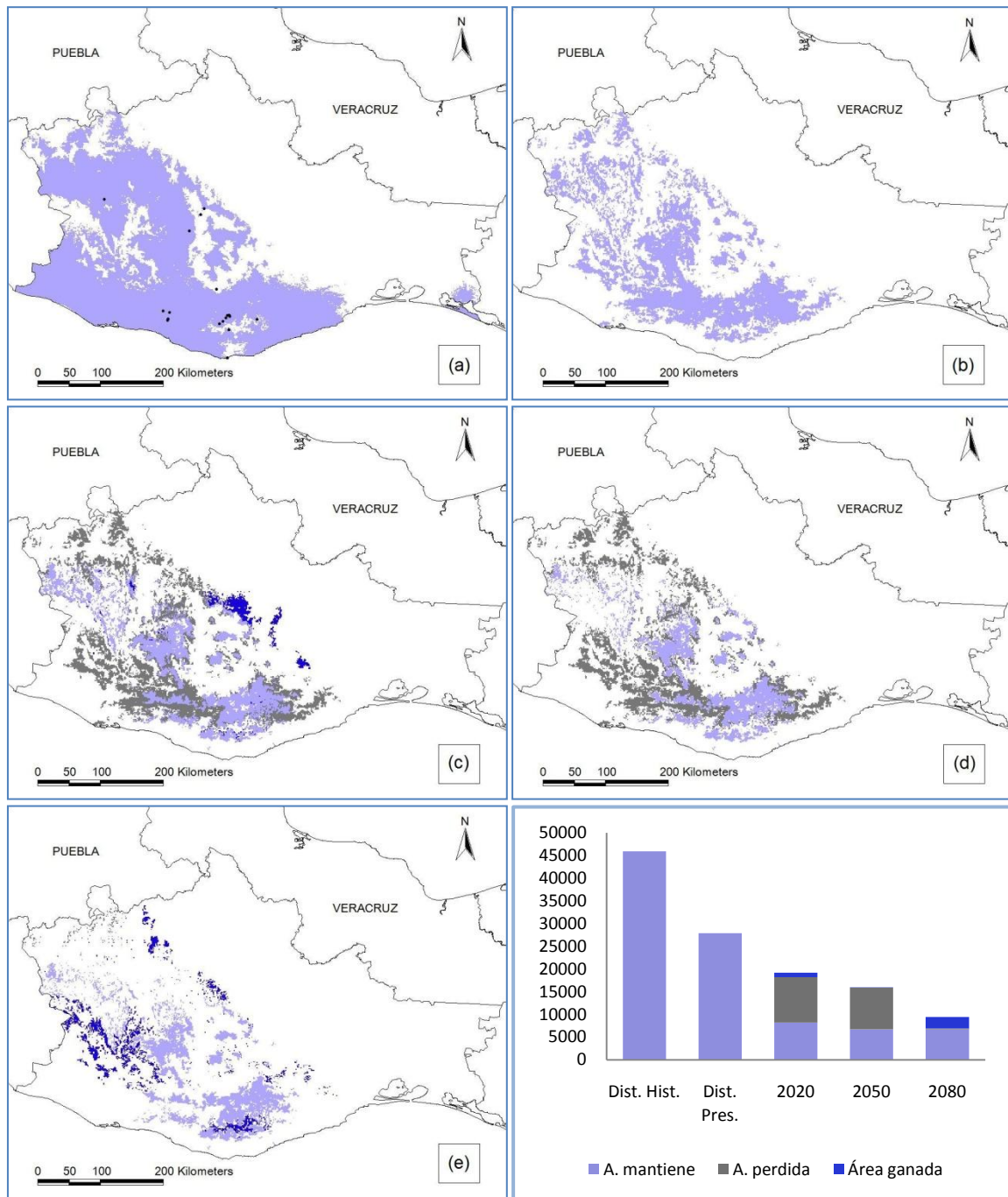


Figura 25. *Cryptotis peregrina*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.



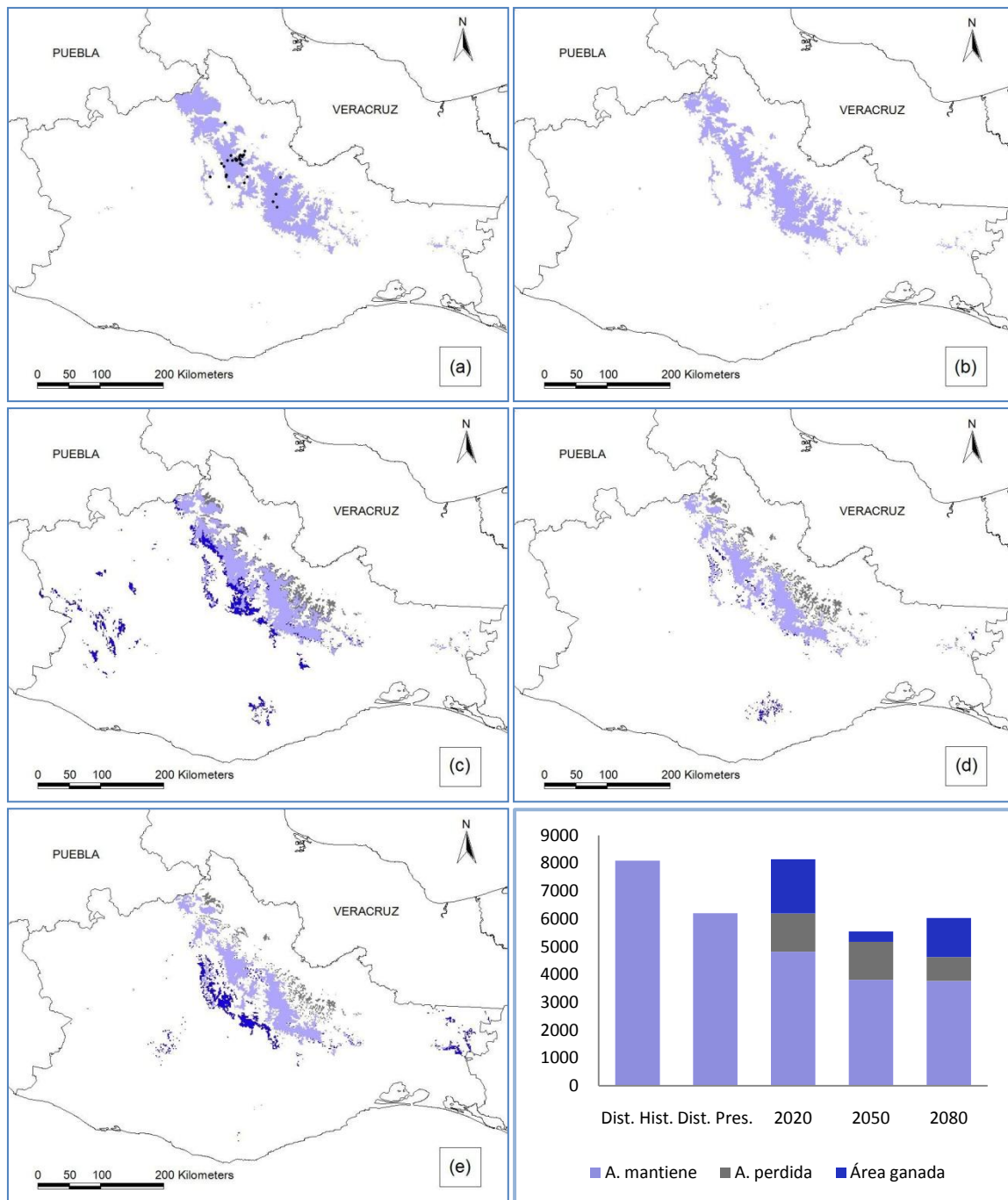


Figura 26. *Cryptotis magna*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.



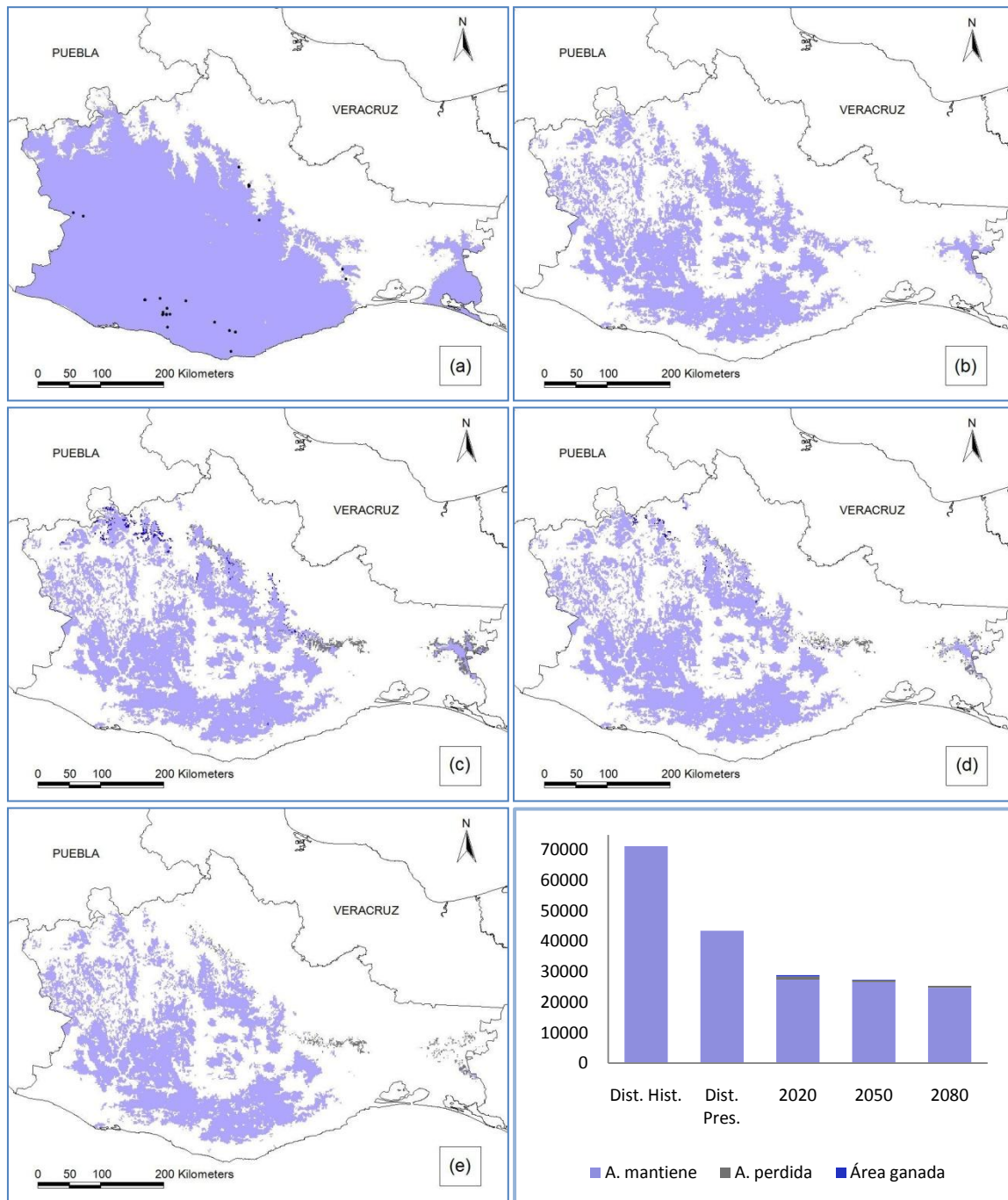


Figura 27. *Cryptotis parva pueblensis*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.



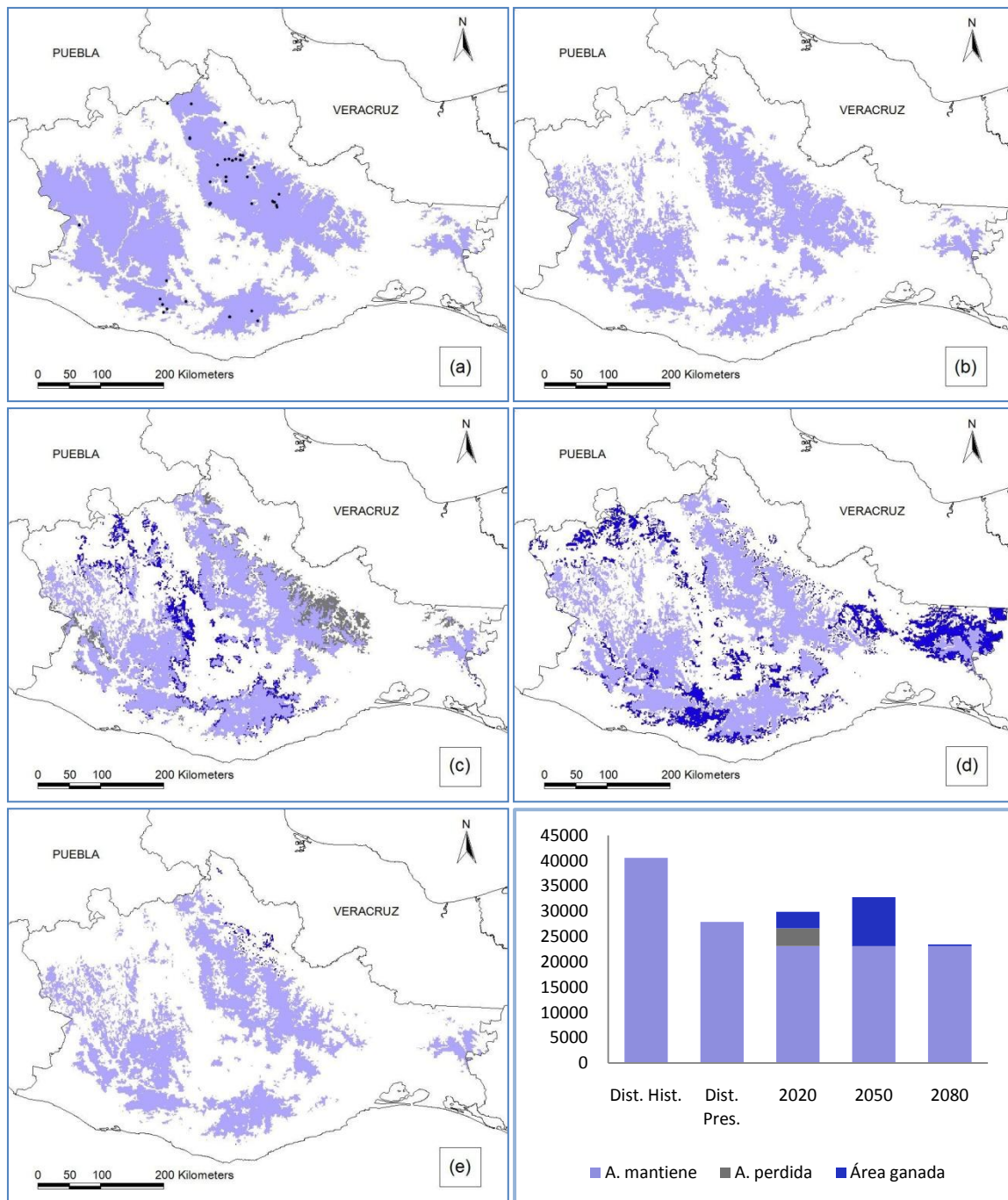


Figura 28. *Cryptotis mexicana*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km^2) con base al tiempo anterior.



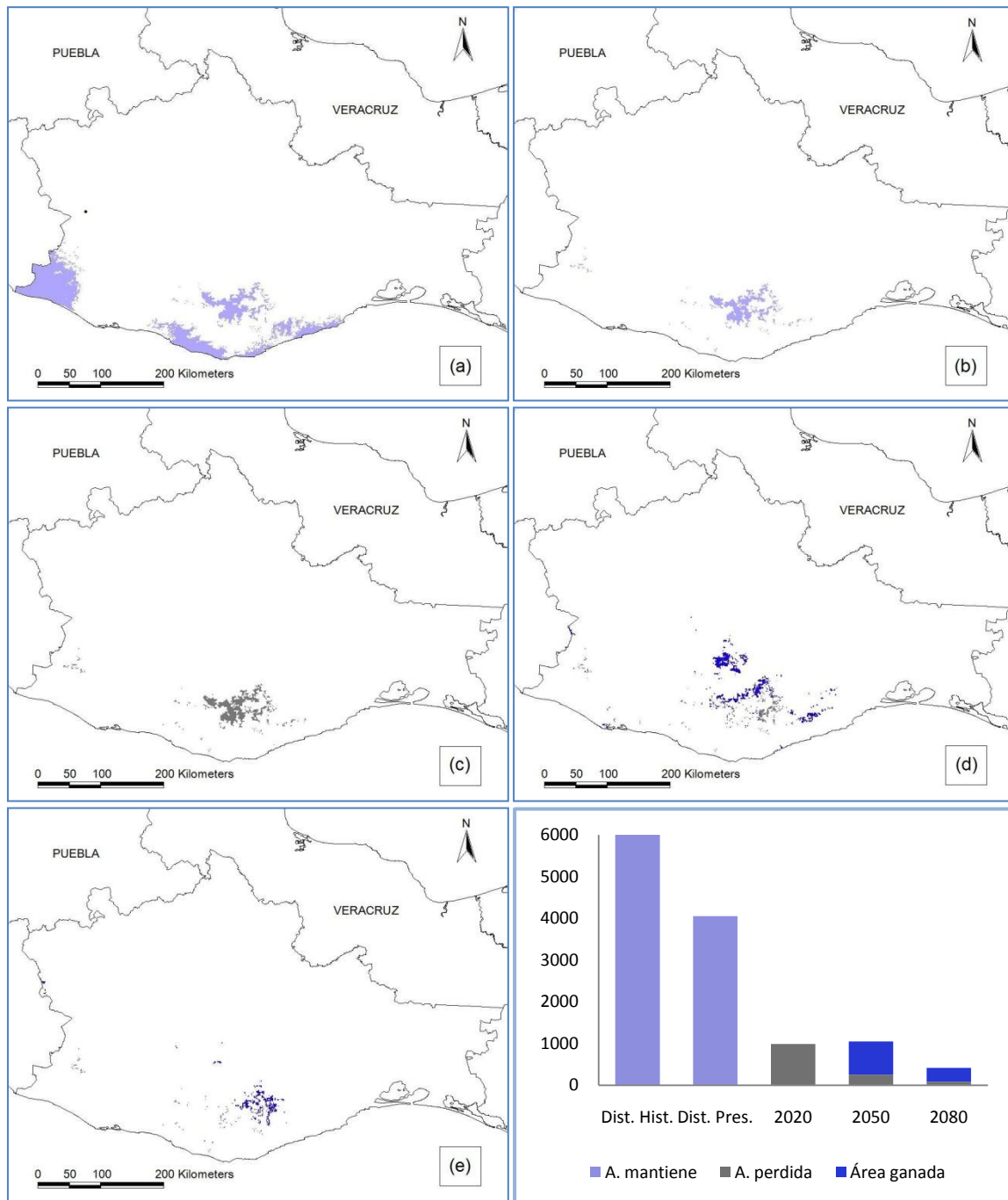


Figura 29. *Megasorex gigas*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.



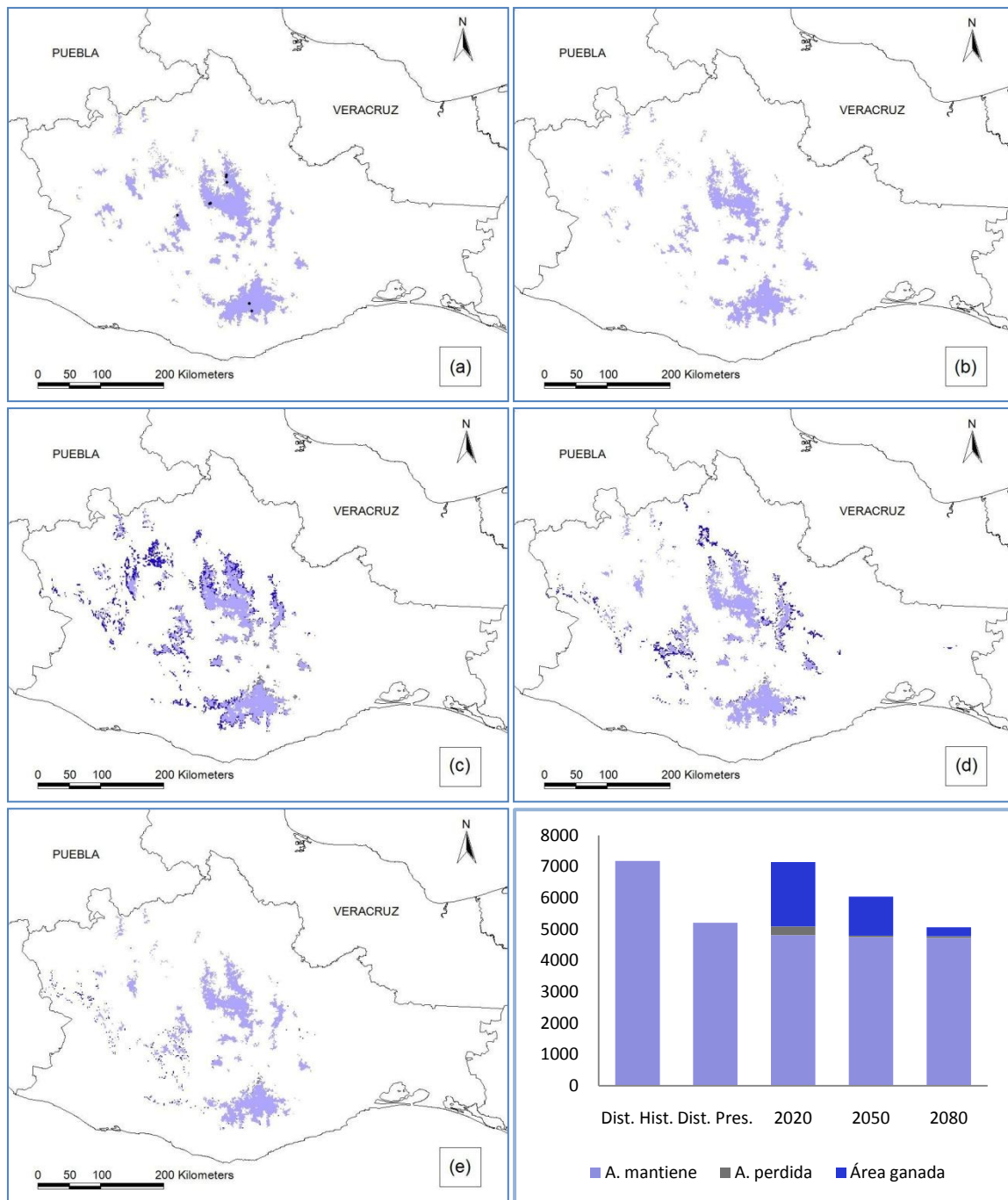


Figura 30. *Sorex ventralis*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km^2) con base al tiempo anterior.



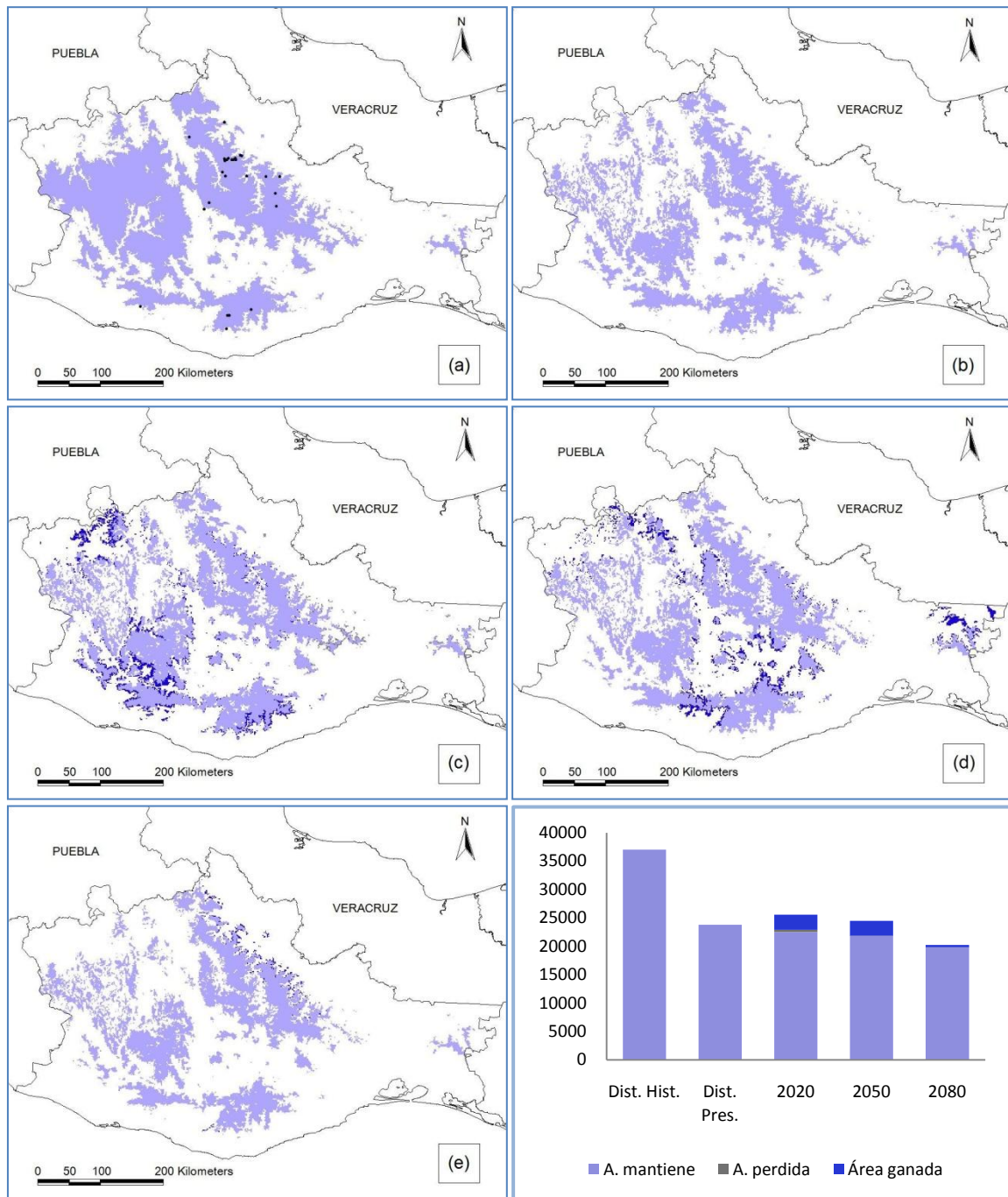


Figura 31. *Sorex veraepacis mutabilis*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.



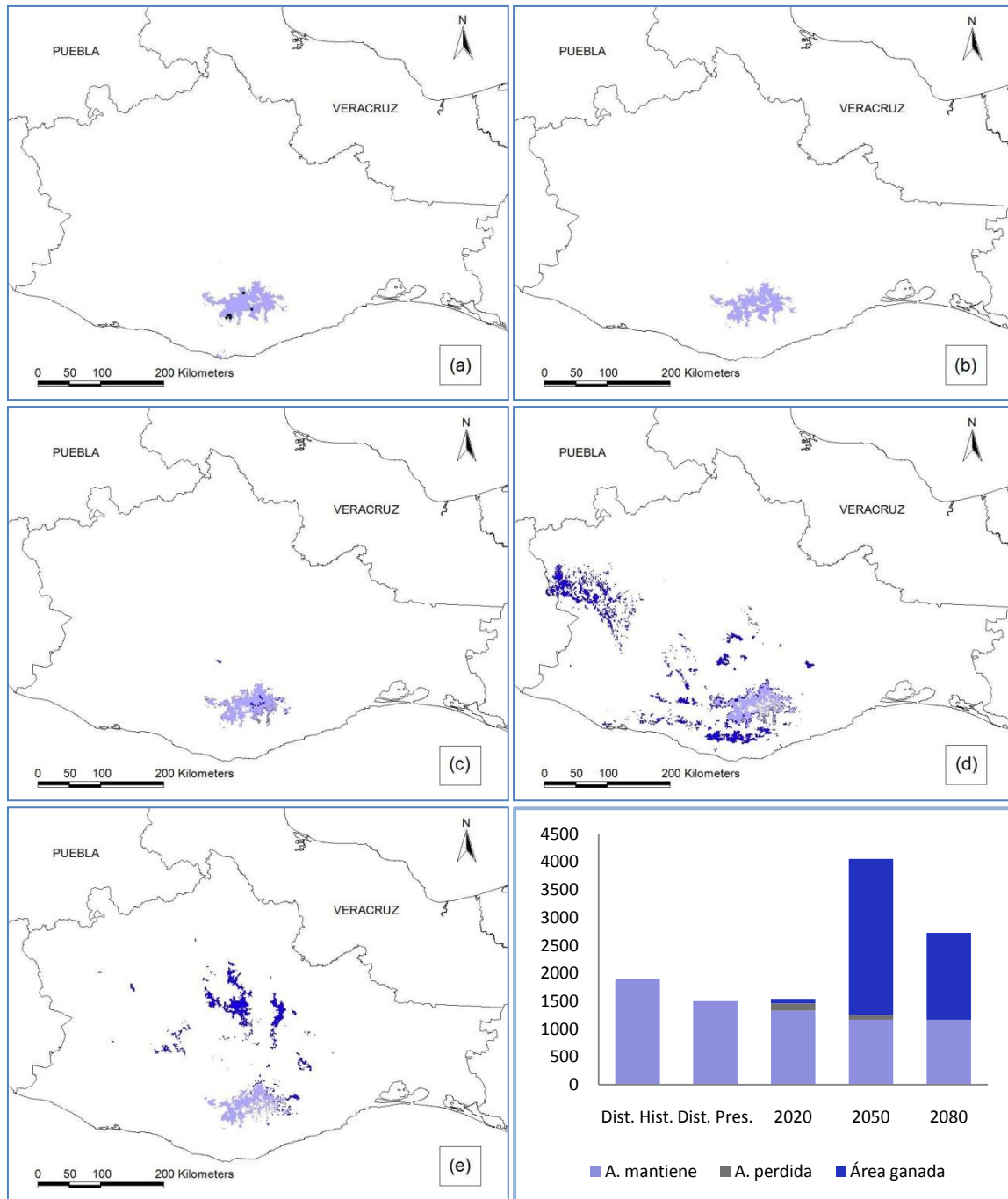


Figura 32. *Sorex veraecrucis oaxacae*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.



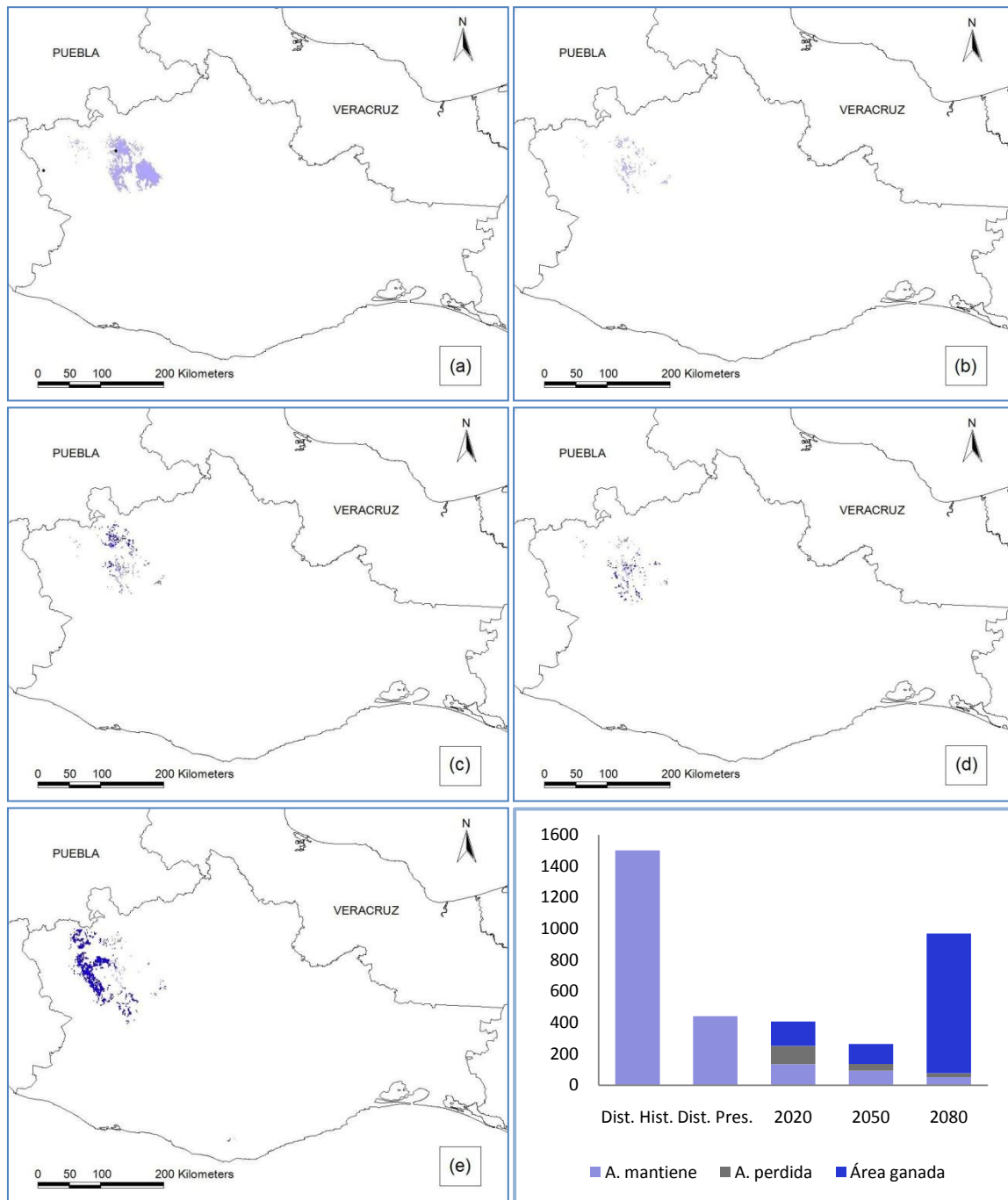


Figura 33. *Sorex veraecrucis altoensis*. (a) Distribución histórica, (b) presente, (c) en 2020, (d) 2050 y (e) 2080. En las ADP para cada tiempo, los colores azul claro, azul marino y gris corresponden al área que se mantiene, área ganada y área perdida respectivamente con respecto a la distribución presente y considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años. En (a) se representa con puntos negros a los registros de presencia con los cuales se ha generado el modelo de distribución histórica. Esquina inferior derecha: gráfica del área que se mantiene, pierde y gana (km²) con base al tiempo anterior.



Con respecto a la tasa de cambio en el área que se mantiene en cada periodo de tiempo puede observarse que *Megasorex gigas* es la especie que comparativamente con las demás del Orden Soricomorpha presenta una tasa de cambio elevada (-8.01), mientras que en un segundo segmento se encuentran las especies *Sorex veraecrucis altoensis* (-2.64) y *Cryptotis peregrina* (-1.76) y en un tercer segmento se ubican las especies *Cryptotis goldmani machetes*, *Cryptotis parva pueblensis*, *Cryptotis magna*, *Sorex veraecrucis oaxacae*, *Cryptotis mexicana*, *Sorex veraepacis mutabilis* y *Sorex ventralis* con tasas de cambio de -0.89, -0.69, -0.61, -0.31, -0.23, -0.22 y -0.12 respectivamente (Figura 34).

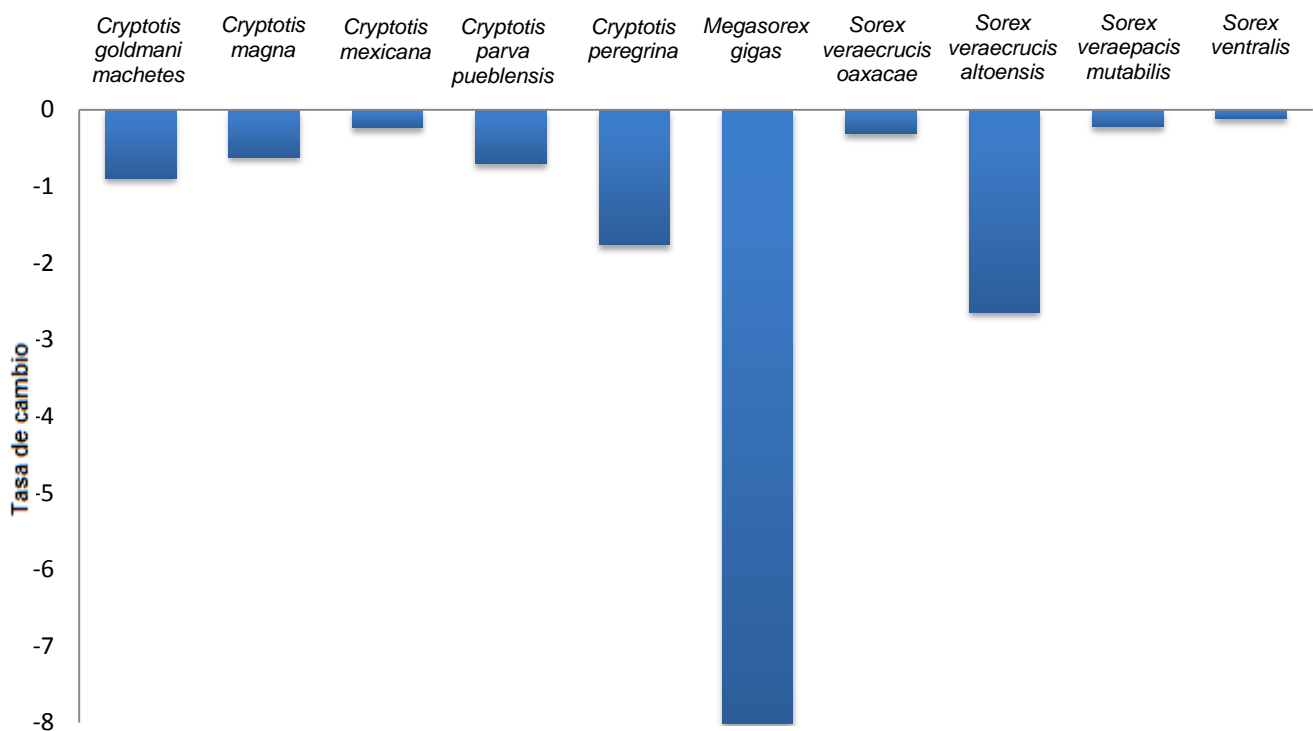


Figura 34.- Tasa de cambio anual en cada taxón del Orden Soricomorpha con presencia en el estado de Oaxaca, considerando deforestación actual y ningún aumento futuro.



El área que se mantiene con respecto al tiempo anterior muestra nuevamente un comportamiento de reducción (Figuras 35 y 36), similar al del primer tratamiento.

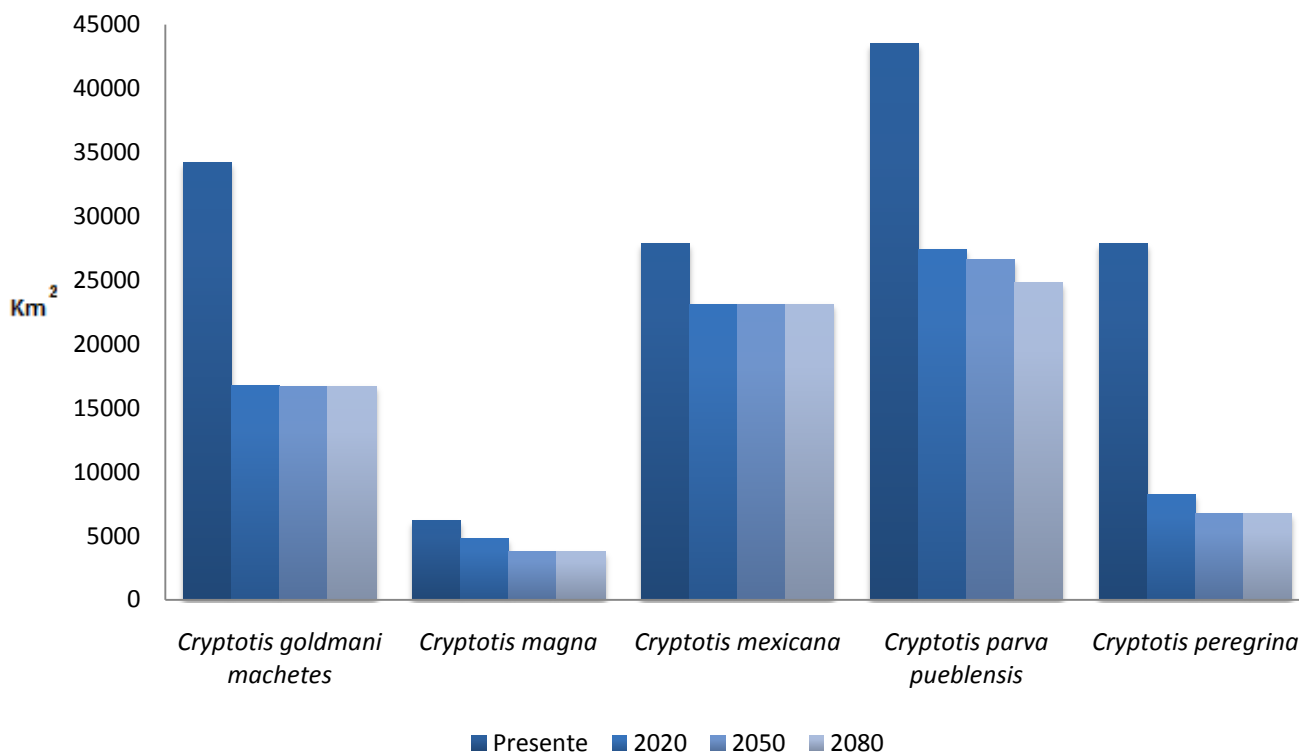


Figura 35.- Disminución en el ADP (Km²) que se mantiene para las especies del género *Cryptotis* en el estado de Oaxaca considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años.



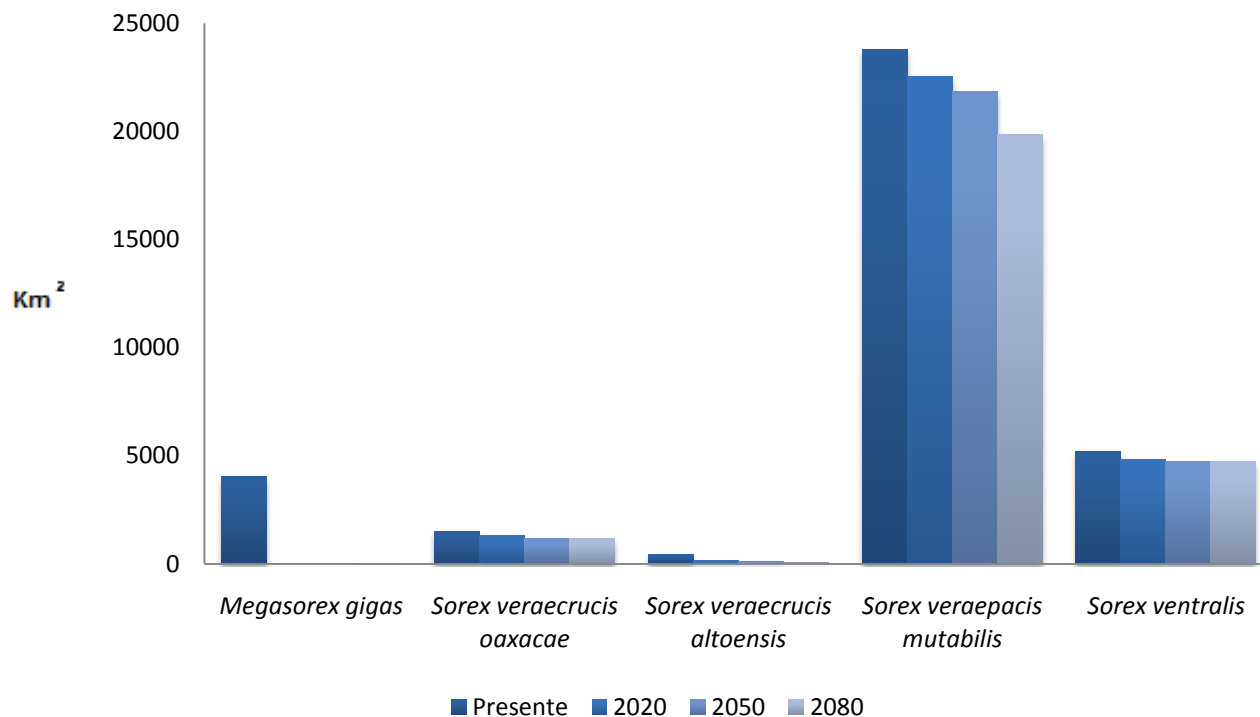


Figura 36.- Disminución en el ADP (Km²) que se mantiene para las especies del género *Megasorex* y *Sorex* en el estado de Oaxaca considerando la deforestación actual con ningún aumento en los próximos años.

Finalmente un análisis para estimar la presencia del Orden Soricomorpha en las áreas naturales protegidas del estado de Oaxaca indica que las especies *Sorex veraepacis mutabilis*, *Sorex ventralis*, *Cryptotis peregrina*, *Cryptotis parva pueblensis*, *Cryptotis mexicana*, *Cryptotis magna* y *Cryptotis goldmani machetes*, potencialmente se presentan en las áreas naturales protegidas de Tehuacán-Cuicatlán, Benito Juárez al noroeste y centro del estado, mientras que las especies *Megasorex gigas*, *Sorex veraecrucis oaxacae* y *Sorex veraecrucis altoensis* no se encuentran protegidas por alguna de las categorías (Reserva Biológica, Parque Nacional, Santuario o Monumento Natural) (Figura 37).



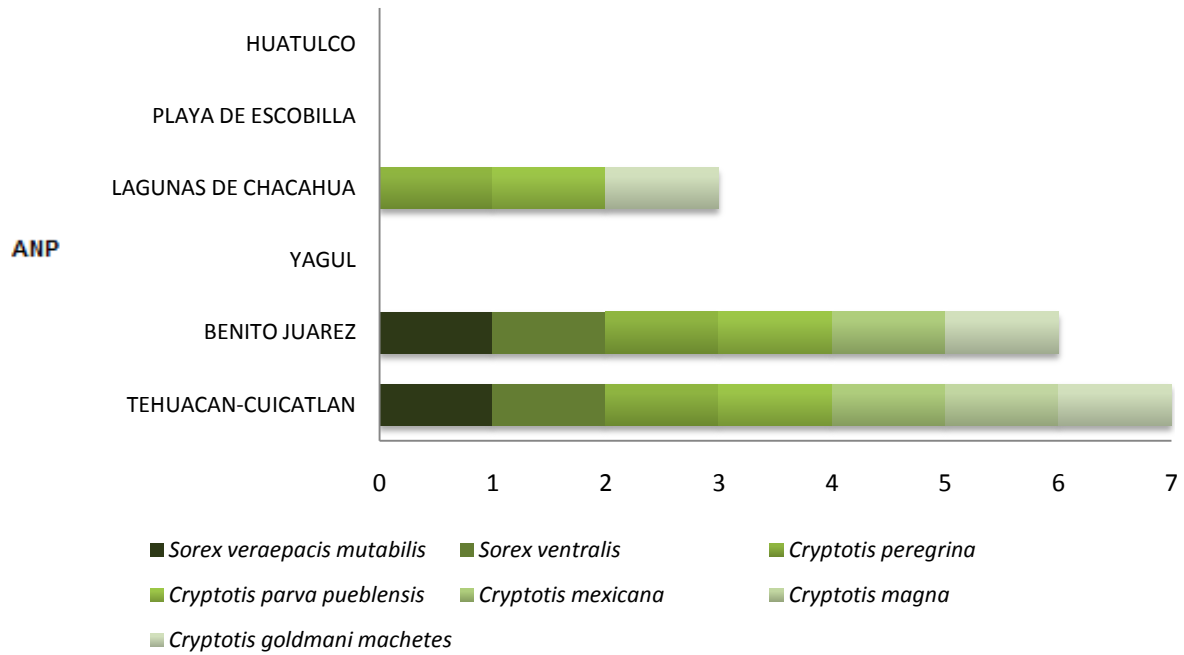


Figura 37.- Presencia potencial de taxones del Orden Soricomorpha en áreas naturales protegidas (ANP) del estado el Oaxaca.



V. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los efectos del cambio climático sobre la biosfera han sido constantemente estudiados en temas relacionados con la capacidad de migración en proyecciones futuras (Malcolm y Lister, 2002), sobre todo aquellos en que la distribución de las especies terrestres se ve afectado y principalmente la Clase Mammalia (Peterson *et al.*, 2002), misma que al ser comparada con categorías similares resulta ser la que presenta mayor número de especies consideradas en peligro de extinción (Chapin *et al.*, 2000) y más aún las especies que se encuentran restringidas a zonas montañosas y de escasa vagilidad (Parmesan, 2006); entre los grupos que han sido analizados bajo este tema se encuentran himenópteros (Peterson *et al.*, 2004), anfibios (Beebee, 1995) y hasta entes no vivos *per se* como invernaderos de los que se analiza el efecto negativo de su presencia en áreas de distribución de especies vegetales (Benito de Pando y Peñas, 2007) en ellos se ha estimado y comparado la distribución que presenta la especie en cuestión sin considerar efecto de cambio climático alguno con respecto a la distribución que presentaría con tal tratamiento.

Las estimaciones del efecto del cambio climático versan en varios sentidos, unos de ellos corresponde a la comparación entre líneas evolutivas mismas que se encuentran en función de las líneas evolutivas propuestas por el IPCC y que consideran ambientes amigables ambientalmente en los que estimaciones en el aumento de los gases con efecto invernadero son moderadas, mientras que en ambientes conservadores se estima un aumento considerable en GEI.

Los resultados arrojados por tal comparación muestran que los ambientes conservativos como el utilizado en el presente estudio y que corresponde a la familia de escenarios climáticos A2, reducen en mayor cantidad el área de distribución potencial que las estimaciones de ambientes moderados o amigables ambientalmente (Peterson *et al.*, 2002). Ello tiene que ver con la naturaleza de los ambientes que supone una correlación entre el



aumento de GEI y el aumento en la temperatura, así mientras los ambientes sean más conservadores las temperaturas serán mayores y las concentraciones de CO₂ más elevadas, lo que reduce el área potencial en que se presentan las condiciones adecuadas para la presencia de las especies.

El perfil de un mapa de distribución potencial intenta extrapolar un rango para las especies entre y a través de localidades ambientalmente conocidas, pero que no necesariamente especifica la resolución de subsecuentes datos que son altamente dependientes en conocimientos subjetivos de grupos de estudio y de estudio de la región, por ello para Anderson *et al.* (2002b), el espectro de aproximación, probablemente sea el sobreestimar la distribución de las especies, motivo por el cual en el presente trabajo se utilizó un algoritmo que tendiera a la subestimación con la finalidad de mitigar este efecto y dar un significado objetivo.

Para Soberón y Peterson (2005) el ADP de una especie es un complejo conjunto de interacciones de orígenes ambientales, históricos y físicos, donde el emular el total de las condiciones de estos conjuntos a través del modelado es enmienda considerable sin embargo, si es posible estimar el efecto conjunto de factores bióticos, abióticos e históricos en ADP de las especies. El conjunto de supuestos al momento de modelar por lo tanto son incalculables; el uso de las variables bioclimáticas como agentes predictivos de la presencia de una especie tiene justificación en su relación estrecha con los procesos ambientales encargados de mantener los ciclos del agua y carbono (ciclos biogeoquímicos), mismos que presentan características relacionadas con el tipo de vegetación.

Por otro lado la estimación del ADP de una especie tiene también estrecha relación con la capacidad de movimiento de la misma, donde los efectos del cambio climático en especies con mayor vagilidad son menos observables que en especies con moderada y baja vagilidad, relación que se debe a la tendencia de las especies a seguir las condiciones adecuadas para su permanencia (conservadurismo del nicho ecológico) y a la capacidad de



librar barreras geográficas; en el Orden Soricomorpha la capacidad de movimiento es moderada sin embargo existen factores abióticos como la humedad ambiental que influye en la dispersión de las especies, así Lowell (1961) afirma que la temperatura y la competencia interespecífica no son factores determinantes en la distribución local de las musarañas mientras que la respuesta es relativamente contraria con la humedad, años después Reumer (1995) analiza grupos de musarañas americanas y europeas y concluye que la evolución de este Orden fue estimulada por la humedad paleoclimática.

El análisis del efecto del cambio climático en la distribución de las especies sin embargo puede versar en otro sentido, mismo que corresponde a la tendencia en el ADP que una especie presentará a través de diferentes periodos de tiempo y la manera en que se comporta; en este sentido es posible estimar áreas que se mantienen, pierden y ganan con base a la distribución presente y visualizar de manera gradual el cambio en el ADP a través del tiempo.

Para ello, la representatividad de cada categoría de área en el ADP de cada periodo de tiempo incluye condiciones físicas y biológicas únicas. Ellas son representadas en la temperatura, precipitación y la fragmentación del hábitat provocada por actividades antropogénicas; mismas que fueron consideradas en el análisis versado en este trabajo al utilizar variables bioclimáticas que emulan tales condiciones en sitios no muestreados a partir de los conocidos sin embargo, considerando la moderada capacidad de movimiento de las especies de este Orden y a que el objetivo del presente trabajo es analizar únicamente el efecto del cambio climático en el ADP, no se consideró el uso en el modelado, de factores que limitaran la dispersión de las especies tal como barreras geográficas.



Así los factores que se relacionan con la historia evolutiva del Orden Soricomorpha y sus adaptaciones metabólicas, como los intervalos de tolerancia ambiental se consideraron mediante las 19 variables bioclimáticas, mismas que otorgan datos respecto de la temperatura y precipitaciones más altas y bajas anuales, extremos de cuartos de año de seca y precipitación así como estacionalidad por precipitación; el conjunto de las variables en la mayoría de los casos tanto para especies de amplia distribución como para las del caso contrario, por si solas no aproximan la presencia de las especies, no obstante en el análisis presente la mayoría de las especies del Orden Soricomorpha mediante el análisis jackknife generado durante el modelado, se observa que las variables bio 4, 10 y 19 que representan la estacionalidad de la temperatura, temperatura media del cuarto más frío y precipitación del cuarto más frío respectivamente fueron las que consistentemente tuvieron mejor capacidad predictiva, aún sin considerársele a las demás; lo anterior hace pensar que este tipo de variables bioclimáticas emula en buena parte los intervalos de tolerancia ambiental.

El adecuado comportamiento del algoritmo al generar los modelos fue estimado mediante el análisis del área bajo la curva ROC, en las que los valores fluctuaron entre 0.74 en el caso de *Megasorex gigas* hasta 0.99 como en *Cryptotis goldmani machetes*, adicionalmente se estimó gráficamente al sobreponer los registros de presencia de las especies sobre las ADP.

Alrededor del análisis en el cambio del ADP para cada taxón, el estudio del área que se mantiene ofrece información particularmente clara e interesante, en ellas, tal como el concepto de nicho ecológico dicta, se encuentran las condiciones necesarias para la sobrevivencia de la especie sin necesidad de emigración, por lo que en tal área los cambios se mantienen dentro de un intervalo presumiblemente tolerable para el taxón analizado a través de los diferentes periodos de tiempo, área que por tal permitirá la permanencia de la especie sin necesidad de emigración en un espacio y tiempos determinados, mientras que al compararlo con el área que se gana o



pierde en la mayoría de los casos se observa inestabilidad temporal, es decir, el área que en un periodo de tiempo se gana, en el consecuente puede perderse.

Al respecto de la riqueza y distribución en el estado, es importante considerar el número de taxones que con respecto al Orden Soricomorpha se presentan en Oaxaca, no es desconocida la riqueza biológica del estado, más aún es necesario hacer análisis detallados que relacionen y describan la estrecha relación entre la compleja geomorfología con la distribución de las especies en el estado. Así, diversos autores (Toledo, 1994; Márquez y Morrone, 2003; Escalante, *et al.* 2007) consideran a la Sierra Madre del Sur cómo una de las áreas que posee mayor cantidad de endemismos animales y vegetales en México, lo que denota su complejidad natural, es decir, aunque se le reconozca como una unidad geográfica, aparentemente es la unión de varias unidades geográficas naturales, tal como los pueblos indígenas reconocían al tener diferentes denominaciones como Sierras Mazateca, Juárez, Mixe, San Felipe o Aloapaneca (C. Bonilla, *com. pers.*); entre las áreas de mayor endemismo se encuentran Sierra Madre Occidental, Península de Baja California y Sonora, Península de Yucatán, Chiapas e Istmo de Tehuantepec y proponen una estrecha relación entre diversidad climática, aislamiento geográfico y la disponibilidad de recursos a través de los diferentes tipos de vegetación. En este estudio con base en registros de presencia se estimó el número de especies no representadas abarcando dos escalas, la primera versa en un análisis nacional y la segunda en una estatal por provincias fisiográfico-florísticas donde en ambas se estima por el método de rarefacción que falta por describir una especie.

A nivel estatal la Sierra Madre del Sur es el cuerpo geomorfológico que alberga potencialmente a la mayor cantidad de especies del Orden Soricomorpha donde en los distritos de Yautepec, Miahuatlán y Pochutla entre los 2000 y 3400 m.s.n.m., un área de 1214.4 km² con Bosques de pino, Encino y Mesófilo de montaña presenta las condiciones adecuadas para la presencia



de los taxa del Orden excepto para *Sorex veraecrucis altoensis*, *Cryptotis magna* y *Megasorex gigas*; esta última debido a la escasa muestra de registros con que se generó su modelo de distribución aunque potencialmente podría encontrarse en el área, la barrera geográfica que existe entre el área potencial y aquella donde se encuentra el registro más cercano, es un indicio de la sobreestimación de su ADP, lo que explicaría la ausencia real del taxón en el ADP, incertidumbre que podría corroborarse o refutarse con trabajo de campo.

En relación a la afinidad al tipo de vegetación de los taxa del Orden Soricomorpha en el estado de Oaxaca, se encuentra que potencialmente y en escala descendente se les localiza en Bosque de pino, Bosque de encino, Bosque mesófilo de montaña, Selvas altas perennifolias y subperennifolias, Bosques de coníferas distintas a *Pinus* y escasamente en Vegetación de galería.

Respecto del efecto que el cambio climático presenta sobre la escasa capacidad de movimiento de las especies Parmesan (2006) y Hemp (2005) describen que es más evidente su efecto sobre la distribución de las especies al ser éstas incapaces de librar barreras geográficas restringiéndose a áreas cada vez más elevadas; al respecto las especies *Sorex veraecrucis oaxacae*, *Cryptotis peregrina* y *Cryptotis magna* modifican en promedio la altitud de su ADP de 3400 a 3600, de 3400 a 3600 y de 3400 a 3500 m.s.n.m. respectivamente.

Un nuevo análisis de la tasa de cambio que presentan los taxa del Orden Soricomorpha con el segundo tratamiento (considerando el estado actual de la vegetación sin ningún proceso de deforestación en los próximos años) estima que para *Megasorex gigas* especie endémica en México, la tasa de cambio se modifica de -2.01 a -8.01, mientras que para las especies endémicas en el estado de Oaxaca *Cryptotis magna*, *Cryptotis peregrina* y *Sorex veraecrucis oaxacae* las tasas de cambio después del segundo tratamiento se modifican de -0.62 a -0.61, de -1.38 a -1.76 y de -0.31 a -0.30; el resto de las especies



tienden a aumentar el valor absoluto de su tasa de cambio, es decir la dinámica de cambio tiende a aumentar moderadamente tras el segundo tratamiento, lo que implica que la pérdida de área será más dinámica.

En relación a la representatividad de las ANP en las distribuciones potenciales actuales para los taxa del Orden Soricomorpha, las ANP de Lagunas de Chacahua, Benito Juárez y Tehuacán-Cuicatlán que cubren un área de 3,352 km² concuerdan con siete de diez taxa modelados para el estado siendo estos *S. veraepacis mutabilis*, *S. ventralis*, *C. peregrina*, *C. p. pueblensis*, *C. mexicana*, *C. magna* y *C. g. machetes*. Respecto de la superficie que se encuentra bajo protección y que corresponde a la distribución potencial de los taxa anteriores, solo un área de 767 km² (23%) se encuentra en esta condición mientras que 2,585 km² (77%) potencialmente no protegen a estos taxa.

Finalmente el área de mayor riqueza en la Sierra Madre del Sur, ubicada en los distritos de Yautepec, Miahuatlán y Pochutla, después de realizar análisis en campo para corroborar la presencia de las especies, puede ser propuesta como un área de protección de especies del Orden Soricomorpha posiblemente en la categoría de Área comunal protegida.



VI. LITERATURA CITADA

- Alfaro Sánchez, G. 2004. Suelos. En *Biodiversidad de Oaxaca* (ed. por A. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas). Instituto de Biología UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México D. F., pp. 55-65.
- Anderson, R.P., M. Gómez-Laverde y T. Peterson. 2002a. Geographical distributions of spiny pocket mice in South America: insights from predictive models. *Global Ecology y Biogeography* 11: 131-141.
- Anderson, R.P. y Martínez-Meyer, E. 2004. Modeling species geographic distributions from preliminary conservation assessments: an implementation with the spiny pocket mice (*Heteromys*) of Ecuador. *Biological Conservation* 116: 167-179.
- Anderson, R.P., A.T. Peterson y M. Gómez-Laverde. 2002b. Using niche-based GIS modeling to test geographic predictions of competitive exclusion and competitive release in South American pocket mice. *OIKOS* 98: 3-16.
- Arellanes-Meixueiro, A. 1996. *Geografía y Ecología de Oaxaca*. Carteles Editores 109 p.
- Araújo, M.B. y Guisan. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modelling. *Journal of Biogeography* 33: 1677-1688.
- Austin, M. P. y Cunningham, R. B. 1981. Observational analysis of environmental gradients. *Proc. Ecol. Soc. Aust.* 11: 109-119.



- Baker, R. J., M. B. O'Neill y L. R. McAley. 2003. A new species of desert shrew, *Notiosorex*, based on nuclear and mitochondrial sequence data. *Occas. Papers Mus., Texas Tech Univ* 222: 1-12.
- Beebee, T.J.C. 1995. Amphibian breeding and climate. *Nature* 374: 219–20.
- Benito de Pando, B. y Peñas de Giles, J. 2007. Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el sureste de la Península Ibérica. *Geofocus*. 7: 100-119.
- Bosque, J. 1992. *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: Ediciones Rialp. 452p.
- Briones-Salas, M. y V. Sánchez-Cordero. 2004. Mamíferos. En *Biodiversidad de Oaxaca* (ed. por A. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas). Instituto de Biología UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México D. F., pp. 423-447.
- Brooks, J.H. y McLennan, D.A. 1991. *Phylogeny, ecology and behavior: a research program in comparative biology*. University of Chicago Press, Chicago.
- Brown, J.H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press, Chicago.
- Brown, J.H., Stevens, G.C. y Kaufman, D.M., 1996. The geographic range: size, shape, boundaries, and internal structure. *Annual Review of Ecology and Systematics* 27: 597-623.
- Burgman, M., Lindenmayer, D. B. y Elith, J. 2005. Managing landscapes for conservation under uncertainty. *Ecology* 86: 2007-2017.
- Cain, S. A. 1950. Life forms and phytoclimates. *Botanical Review* 16: 1-32.



- Carraway, L. N. 2007. Shrews (Eulypotyphla: Soricidae) of Mexico. *Monographs of the Western North American Naturalist*. pp. 1-91.
- Carraway, L. N. y R. M. Timm. 2000. Revision of the extant taxa of the genus *Notiosorex* (Mammalia; Insectivora: Soricidae). *Proc. Biol. Soc. Washington* 113: 302-318.
- Carroll, R. L. 1988. *Vertebrate Paleontology and Evolution*. Freeman, New York.
- Cervantes, F.A., Montiel, A. y García A. 2008. Shrews (Mammalia, Soricomorpha) from Colima, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 53 (1):101-129.
- Chao, A. 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics* 11: 265-270.
- Chao, A. 1987. Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics* 43: 783-791.
- Chapin, F.S.I., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hopper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C. y Diaz, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* (Lond.) 405: 234-242.
- Coleman, B.D. 1981. On random placement and species-area relations. *Mathematical Biosciences* 54: 191-215.
- Coleman, B.D., Mares, M.A., Willig, M.R. y Hsieh, Y. H. 1982. Randomness, area, and species richness. *Ecology* 63: 1121-1133.



- Colwell, R. K. y J. A. Coddington. 1994. "Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation", *Philosophical Transaction of the Royal Society of London*. Series B 345: 101-118.
- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.M., Peterson, A.T., Phillips, S.J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Soberon, J., Williams, S., Wisz, M.S. y Zimmermann, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129–151.
- Escalante, T., Sánchez-Cordero, V., Morrone, J.J. y M. Linaje. 2007. Areas of endemism of mexican terrestrial mammals: a case study using species' ecological niche modeling, parsimony analysis of endemicity and goloboff fit. *Interciencia* 32: 151-159.
- Flores-Villela, O. y Gerez, P. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del Suelo*, 2ª. ed. CONABIO/UNAM, México D. F.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. FAO, 1996. *Forest resources assessment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes*. Italy.
- García, E. 1997. *Carta de climas. Sistema de Köppen, modificado por E. García*. Escala 1:1 000 000. Conabio-Estadigrafía, México.
- Gaston, K. 2003. *The Structure and Dynamics of Geographic Ranges*. Oxford University Press, Oxford.



- Goodwin, G.G. 1969. Mammals from the state of Oaxaca, México in the American Museum of Natural History. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 141: 1-270.
- Guisan, A. y Zimmerman, N. E. 2000. "Predictive habitat distribution models in ecology". *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Halffter, G. 1965. Algunas ideas acerca de la Zoogeographia de América. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 26: 1-16.
- Hall, E.R. 1981. *The Mammals of North America*. John Wiley y Sons, Inc. Vol.1: 24-66.
- Hanley, J. A. y McNeil, B. J. 1982. "The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve". *Radiology* 143: 29-36.
- Hemp, A. 2005. Climate change-driven forest fires marginalize the impact of ice cap wasting on Kilimanjaro. *Glob. Change Biol.* 11: 1013-23.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965-1978.
- Hirzel, A. H. y Guisan, A. 2002. "Which is the optimal sampling strategy for habitat sustainability modelling". *Ecological Modelling* 157: 331-341.
- Holt, R.D. 1990. The microevolutionary consequences of climate change. *Trends Ecol. Evol.* 5: 311-313.
- Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris N., Kattenberg, A. y Maskell, K. 1995. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge.



- Hutchinson, G.E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 22: 415-427.
- Illoldi-Rangel, P., V. Sánchez-Cordero y A. T. Peterson. 2004. Predicting distribution of Mexican mammals using ecological niche modeling. *Journal of Mammalogy* 85: 658-662.
- Inouye, D. W., Barr, B., Armitage, K.B. y Inouye, B.D. 2000. Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 97: 1630-1633.
- IPCC. (Intergovernmental Panel Climate Change). 2001a. *Climate Change 2001: The Science of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Intergovernmental Panel on Climate Change Third Assessment Report*, ed. JT Houghton, Y Ding, DJ Griggs, M Noguer, PJ van der Linden, X Dai, K Maskell, CA Johnson. Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press
- IPCC. 2001b: *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Metz, B., O.R. Davidson, R. Swart, y J. Pan (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 752 págs.
- MacArthur, R.H. 1972. *Geographical ecology: patterns in the distribution of species*. Harper y Row, New York.
- Malcolm, J. R. y Lister, A. M. 2002. Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *J. Biogeography* 29: 835-849.



- Margules, C. y S. Sarkar. 2009. *Planeación Sistemática de la Conservación*. (Trad. V. Sánchez-Cordero y F. Figueroa). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 304 pp. México D.F. (Original en inglés, 2007).
- Márquez, J. y J.J. Morrone. 2003. Análisis panbiogeográfico de las especies de *Heterolinus* y *Homalolinus*. *Acta Zoológica Mexicana* 90: 15-25.
- Martínez-Meyer, E. 2005. Climate change and biodiversity: some considerations in forecasting shifts in species' potential distributions. *Biodiversity Informatics* 2: 42-55.
- Mc Kenna, M. y S. K. Bell. 1997. *Classification of mammals above species level*. Columbia University Press. New York, XIII 631 pp.
- Merillo, J.M., Prentice, I.C., Farquhar, G.D., Schulze E.D. y Sala, O.E. 1995. Terrestrial biotic responses to environmental change and feedbacks to climate. En *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* (ed. Por Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. y Maskell, K. Cambridge University Press. Cambridge.
- Miranda, F. y E. Hernández, X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179.
- Muñoz, J. y Felicísimo, A.M. 2004. "Comparison of statistical methods commonly used in predictive modelling". *Journal of Vegetation Science* 15: 285-292.
- Nakazawa, Y., A.T. Peterson, E. Martínez-Meyer y A.G. Navarro-Sigüenza 2004. Seasonal niches of nearctic-neotropical migratory birds: implications for the evolution of migration. *The Hawk* 121(2): 610-618.



- Nakićenović, N., y R. Swart (eds.), 2000: *Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.
- Ortega, J. y Arita, H.T. 1998. Neotropical-Nearctic limits in the middle America as determined by distributions of bats. *Journal of Mammalogy* 79: 772-781.
- Ortiz, P., M.A., Hernández S., J.R. y J.M. Figueroa. 2004. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. En *Biodiversidad de Oaxaca* (ed. por A. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas). Instituto de Biología UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México D. F., pp. 43-54.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 2006 37: 637-69.
- Parmesan, C. y Gary Yohe. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Pearson, R. G., T. P. Dawson, P. M. Berry y P. A. Harrison. 2002. Species: A spatial evaluation of climate impact on the envelope of species. *Ecological Modelling* 154: 289-300.
- Pearson, R. G. y T. P. Dawson. 2003. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. *Global Ecology and Biogeography* 12: 361-371.
- Peterson, A.T. 2001. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor* 103: 599-605.
- Peterson, A. T., E. Martínez-Meyer, C. González-Salazar y P. W. Hall. 2004. Modeled climate change effects on distributions of Canadian butterfly species. *Can. J. Zool.* 82: 851-858.
-



- Peterson, A. T., M. Ortega-Huerta, J. Bartley, V. Sánchez-Cordero, J. Soberón, R. Buddemeier y D. Stockwell. 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626-629.
- Peterson, A.T., V., Sánchez-Cordero, Soberón, J., Bartley, J., Buddemeier, R.W. y Navarro-Siguenza, A.G. 2001. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling* 144: 21-30.
- Peterson, A. L., J. Soberón y V. Sánchez-Cordero. 1999. Conservationism of ecological niches in evolutionary time. *Science* 285: 1265-1267.
- Peterson, A. T., H. Tian, E. Martínez-Meyer, J. Soberón, V. Sánchez-Cordero y B. Huntley. 2005. Modeling distributional shifts of individual species and biomes. *Yale University press* 14: 211-227.
- Phillips, Steven J., R. P. Anderson y R. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modeling* 190: 231-259.
- Phillips, Steven J., M. Dudík y R. Schapire. 2004. A Maximum Entropy Approach to Species Distribution Modeling. *Proceedings of the 21st International Conference on Machine Learning, Canada*. 8 pag.
- Phillips, Steven J. y M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions whit Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecogeography* 31: 161-175.
- Ramírez-Pulido, J., J. Arroyo y A. Castro-Campillo. 2005. Estado actual y relación nomenclatural de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 21(1): 21-82.



- Reumer, J.W.F. 1995. The evolution of shrews (Mammalia, Soricidae): a key role for humidity. [L'evolution des musaraignes (Mammalia, Soricidae): le role determinant de l'humidite]. *Geobios*, M.S. 18: 367-372.
- Reumer, J. W. F. 1998. A classification of the fossil and recent shrews. En *Evolution of shrews* (ed. J. M. Wojcik y M. Wolsan). Mammal Research Institute, Polish Academy of Sciences, Bialowieza. pp. 4-22.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México, 432 pp.
- Salas-Morales, S. 2002. *Relación entre la heterogeneidad ambiental y la variabilidad estructural de las selvas tropicales secas de la costa de Oaxaca, México*. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 101 pp.
- Sánchez-Cordero, V. 2001. Small mammal diversity along elevational gradients in Oaxaca, México. *Global Ecology and Biogeography* 10: 63-76.
- Sánchez-Cordero, V., P. Illoldi-Rangel, M. Linaje, S. Sarkar y A.T. Peterson. 2005. Deforestation and Extant Distributions of Mexican Endemic Mammals. *Biological Conservation* 126: 465-473.
- Sarah, B. G. 1986. Evolution and Historical Biogeography of Soricine Shrews. *Systematic Zoology*. 35: 153-162.
- Segurado, P. y Araújo, M.B. 2004. "An evaluation of methods for modelling species distributions". *Journal of Biogeography* 31: 1555-1568.
- Soberón, J. y A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1-10.



- Stockwell, D. R. B. y Noble I. R. 1992. Induction of sets of rules from animal distribution data: a robust and informative method of analysis. *Mathematics and Computers in Simulation* 33: 385-390.
- Toledo, V.M. 1994. La Diversidad Biológica de México. *Ciencias* 34: 43-57.
- Torres-Colín, R. 2004. Tipos de vegetación. En *Biodiversidad de Oaxaca* (ed. por A. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas). Instituto de Biología UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México D. F., pp. 105-117.
- Trejo, I. 2004. Clima. En *Biodiversidad de Oaxaca* (ed. por A. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas). Instituto de Biología UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México D. F., pp. 67-85.
- Vaughan, T.A., J.M. Ryan y Czaplewski N.J. 2000. *Mammalogy*, 4th Ed. Philadelphia: Saunders College.
- Villa-R., B. y F. A. Cervantes. 2003. *Los mamíferos de México*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., México, D.F.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Hoegh-Guldberg, X.X. y Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* (Lond.) 416: 389-395.
- Woodman, N., y R.M. Timm. 1999. Geographic variation and evolutionary relationships among broad-clawed shrews of the *Cryptotis goldmani*-group (Mammalia: Insectivora: Soricidae). *Fieldiana: Zoology New Series* 91: 1-35.



Woodman, N., y R.M. Timm. 2000. Taxonomy and evolutionary relationships of Phillips' small-eared shrew, *Cryptotis phillipsii* (Schaldach, 1966), from Oaxaca, México (Mammalia: Insectivora: Soricidae). *Proc. Biol. Soc. Washington* 113: 339-355.

Yates, T. L. 1984. Insectivore, Elephant Shrews, Tree Shrews , and Dermopterans. En *Orders and Families of Recent Mammals of the World* (eds. S. Anderson y J. K. Jones, Jr.). John Wiley and Sons, Nueva York, pp. 117-144.



ANEXO 1

Los escenarios del IE-EE a parte de abarcar las principales fuerzas demográficas, económicas y tecnológicas que determinarán las emisiones futuras de GEI y azufre, no incluyen otras iniciativas relacionadas con el clima, lo que significa que ninguno de ellos se basa explícitamente en la hipótesis de cumplimiento de la Convención Marco sobre el Cambio Climático o de los objetivos de emisiones del Protocolo de Kioto. Sin embargo, las políticas no vinculadas al cambio climático que apuntan a muchos otros fines (i.e., la calidad del aire) influyen directamente en las emisiones de GEI. Por otra parte, las políticas de los gobiernos pueden repercutir, en distinta medida, en los factores determinantes de las emisiones, como el cambio demográfico, el desarrollo social y económico, el cambio tecnológico, el uso de los recursos o la gestión de la contaminación. Esta influencia se refleja ampliamente en las líneas evolutivas y escenarios resultantes (IPCC, 2007).

A continuación se describe las principales características de las cuatro líneas evolutivas y familias del *Informe especial del IPCC sobre escenarios de emisiones* (IE-EE).

A1. La línea evolutiva y familia de escenarios A1 describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características distintivas más importantes son la convergencia entre regiones,



la creación de capacidad y el aumento de las interacciones culturales y sociales, acompañadas de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto a ingresos por habitante. La familia de escenarios A1 se desarrolla en tres grupos que describen direcciones alternativas del cambio tecnológico en el sistema de energía. Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1FI), utilización de fuentes de energía no de origen fósil (A1T), o utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B) (entendiéndose por "equilibrada" la situación en la que no se dependerá excesivamente de un tipo de fuente de energía, en el supuesto de que todas las fuentes de suministro de energía y todas las tecnologías de uso final experimenten mejoras similares) (IPCC, 2007).

A2. La línea evolutiva y familia de escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. El índice de natalidad en el conjunto de las regiones que convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas (IPCC, 2007).

B1. La línea evolutiva y familia de escenarios B1 describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea



evolutiva A1, pero con rápidos cambios en las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y ambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima (IPCC, 2007).

B2. La línea evolutiva y familia de escenarios B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con unos niveles de desarrollo económico intermedios, y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas A1 y B1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional (IPCC, 2007).



ANEXO 2

Claves de variables bioclimáticas:

BIO1, temperatura media anual

BIO2, rango diurno medio (media mensual (temperatura máxima – temperatura mínima))

BIO3, isotermalidad (P2/P7) (*100)

BIO4, estacionalidad de temperatura (desviación estándar * 100)

BIO5, temperatura máxima del mes más caluroso

BIO6, temperatura mínima del mes más frío

BIO7, rango anual de temperatura (P5 – P6)

BIO8, temperatura media del cuarto más húmedo

BIO9, temperatura media del cuarto más seco

BIO10, temperatura media del cuarto más cálido

BIO11, temperatura media del cuarto más frío

BIO12, precipitación anual

BIO13, precipitación del mes más húmedo

BIO14, precipitación del mes más seco

BIO15, estacionalidad de precipitación (coeficiente de variación)

BIO16, precipitación del cuarto más húmedo

BIO17, precipitación del cuarto más seco

BIO18, precipitación del cuarto más cálido

BIO19, precipitación del cuarto más frío.



ANEXO 3

Diversidad del Orden Soricomorpha en México.

GENERO	ESPECIE	SUBESPECIE	CONDICIÓN			CUALIDAD		DISTRIBUCIÓN	
<i>Cryptotis</i>	<i>alticola</i>		En	Mo	Co	R	Pr	COL, DF, HGO, JAL, EDOM, MICH, MOR, PUE	
	<i>goldmani</i>		NA	Po	Co	R	Pr	GRO, OAX	
		<i>goldmani</i>	En					GRO	
		<i>machetes</i>	En					OAX, CHIS	
		<i>goodwini</i>	NA	Mo	Co			CHIS	
		<i>griseoventris</i>	En	Mo	Co			CHIS	
		<i>magna</i>	En	Mo	Co	R	Pr	OAX	
		<i>mayensis</i>	En	Mo	Co	R	Pr	QROO, YUC, CAMP	
		<i>merriami</i>	NA	Mo	Co			CHIS	
		<i>mexicana</i>	En	Mo	Co	R	Pr	CHIS, HGO, OAX, PUE, VER	
		<i>nelsoni</i>	En	Mo	Co	R	Pr	VER	
		<i>obscura</i>	En	Mo	Co	R	Pr	HGO, EDOM, QRO, SLP, TAMPS, VER	
		<i>parva</i>	NA	Po	Co			COAH, CHIS, DF, GTO, JAL, EDOM, MICH, NAY, NL, OAX, PUE, SLP, TMPS, VER	
			<i>berlandieri</i>	NA				COAH, GTO, JAL, MICH, NAY, NL, SLP, TAMPS	
			<i>pueblensis</i>	En				CHIS, HGO, OAX, PUE, SLP, TAB, VER	
			<i>soricina</i>	En			R	Pr	DF, EDOM
		<i>tropicalis</i>	NA	Mo		R	Pr	CHIS	
		<i>peregrina</i>	En	Mo	Co		Pr	OAX	
		<i>phillipsii</i>	En	Mo	Co			OAX	
<i>Notiosorex</i>	<i>crockrumi</i>	NA	Mo	Co			SON		
	<i>crawfordi</i>	NA	Mo	Co			BC, BCS, CHIH, COAH, DGO, HGO, JAL, NL, SLP, SIN, SON, ZAC, TAMPS, NAY, MICH		
	<i>evotis</i>	En	Mo	Co		A	SIN, MICH, JAL, NAY		
	<i>villai</i>	En	Mo	Co		A	TAMPS		



<i>Megasorex</i>	<i>gigas</i>	En	Mo	Co		A	COL, GRO, JAL, EDOM, MICH, NAY, OAX
<i>Sorex</i>	<i>arizonae</i>	NA	Mo	Co		P	CHIH
	<i>emarginatus</i>	En	Mo	Co			DUR, JAL, NL, ZAC
	<i>macrodon</i>	En	Mo	Co	R	Pr	PUE, VER, OAX
	<i>milleri</i>	En	Mo	Co	R	Pr	COAH, NL
	<i>monticolus</i>	NA	Po	Co			CHIH, DGO
	<i>oreopolus</i>	En	Mo	Co			JAL, EDOM, DF, MOR, PUE, TLAX
	<i>ornatus</i>	NA	Po	Co			BC, BCS
	<i>juncensis</i>	En			R	Pr	BC
	<i>lagunae</i>	En					BCS
	<i>ornatus</i>	En			R	Pr	BC
	<i>veraecrucis</i>	NA	Po	Co			COAH, NL, TAMPS, SIN, DGO, ZAC, SLP, NAY, JAL, AGC, GTO, QRO, HGO, PUE, VER, COL, MICH, EDOM, DF, MOR, TLAX, PUE, GRO, OAX, CHIS
	<i>crisobalensis</i>	En			R	Pr	CHIS
	<i>oaxacae</i>	En			R	Pr	OAX
	<i>altoensis</i>	NA					COAH, COL, DF, DGO, GTO, GRO, HGO, JAL, EDOM, MICH, MOR, NL, OAX, PUE, QRO, TAMPS
	<i>veraecrucis</i>	En					OAX, PUE, VER
	<i>mediopua</i>	En	Mo		R	Pr	GRO, JAL, EDOM, MICH
	<i>sclateri</i>	En	Mo	Co	R	Pr	CHIS
	<i>stizodon</i>	En	Mo	Co	R	Pr	CHIS
	<i>ventralis</i>	En	Mo	Co			DF, EDOM, OAX, PUE, TLAX
	<i>veraepacis</i>	NA	Po	Co	R		CHIS, GRO, OAX
	<i>chiapensis</i>	En			R	Pr	CHIS
	<i>mutabilis</i>	En			R	Pr	OAX, GRO
	<i>saussurei</i>	NA	Mo	Co	R	Pr	COL, DF, JAL, EDOM, MICH, MOR, PUE, AGSC
	<i>ixtlanensis</i>	En	Mo	Co			OAX, GRO
	<i>orizabae</i>	En	Mo				DF, EDOM, MICH, MOR, PUE, TLAX, VER

CONDICIÓN (ECOL-059-Ecol-2000, 2002), CUALIDAD (ECOL-059-Ecol-1994, 2001, 2002). A, amenazada; E, silvestre; P, en peligro de extinción; R, rara; En, endémico; Mo, monotípica; Po, politípica; Co, continental; In, insular. Fuente: (Villa-R. y Cervantes 2003; Carraway, 2007).

