



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE LA FAMILIA
ANGUIDAE (SQUAMATA: SAURIA) EN MÉXICO, CON BASE EN
MODELOS DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN

PRESENTA:
BIÓLOGO CARLOS MACIEL MATA

DIRECTORA DE TESIS
DRA. IRENE GOYENCHEA MAYER GOYENCHEA

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO, 2013

DEDICATORIA

Este esfuerzo lo dedico a toda mi familia, pues sin ella no hubiera llegado a ningún lado, son mi inspiración y mi fortaleza, en especial a mi hermana, a mi Madre y a mi Padre. Los amo.

A la memoria de mi abuela Carmen. Seguramente en el cielo necesitaban de alguien que les enseñara como pasarla bien...

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por el apoyo recibido mediante la beca otorgada, con la cual pude realizar tanto los estudios de Maestría como la presente tesis.

A mi directora de Tesis, la Dra. Irene Goyenechea Meyer Goyenechea, por la oportunidad de realizar esta investigación bajo su tutela, por la orientación académica y por todos los consejos que enriquecieron el trabajo de tesis.

Quedo muy profundamente agradecido con el comité tutorial, la Dra. Claudia Hornung, el Dr. Julián Bueno y la Dra. Claudia Moreno, por todas las críticas que fortalecieron el presente escrito, por la oportunidad de aprender de ellos y por la paciencia que tuvieron ante mis dudas en todo momento.

A los curadores de las colecciones científicas que fueron consultadas, quienes facilitaron el acceso a la información y revisión de los ejemplares utilizados para esta investigación: Dra. Irene Goyenechea de la Colección Herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEH, Dr. Oscar Flores de la Colección Herpetológica del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, Dr. Victor Reynoso de la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles del Instituto de Biología de la UNAM, al M. en C. Roberto Luna de la Colección Herpetológica de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural de Chiapas, al M. en C. Juan López de las Colecciones de Vertebrados Terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN, al Biól. Antonio Muñoz de la Colección Herpetológica-SCLC del Colegio de Frontera Sur San Cristóbal de las Casas en Chiapas, a la Ing. Rosy Ortiz de PROFAUNA A. C. de Saltillo Coahuila, y al Biól. Carlos Vázquez del Museo de Historia Natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A las colecciones que facilitaron la obtención de los datos mediante consulta electrónica, estas son: CONABIO, Museo de Historia Natural de San Diego California, Colección Herpetológica de la Universidad de Kansas y el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian.

Al Dr. Gerardo Sánchez, quién también estuvo al tanto del desarrollo de este trabajo, por las oportunas sugerencias, por su conocimiento compartido, por las siempre atinadas invitaciones a la reflexión, pero aún más, por la amistad.

A todos los maestros del Centro de Investigaciones Biológicas con los que tuve la oportunidad de interactuar y aprender de ellos, en especial al M. en C. Jesús Castillo, director de este centro.

A mis queridos amigos Leonardo Fernández y Nallely Morales, por todo el apoyo que recibí de ellos en esta aventura académica, por lo vivido dentro y fuera del laboratorio, y por supuesto, por la sincera amistad que ha imperado entre nosotros.

A las amistades que encontré en este posgrado y que junto conformamos lo que algunos llamaron *La Elite del CIB*: Jaime, Rodrigo, Jorge, Ilse, Pilar, Paola, Mario, Milena, Felipe y Ernesto.

A todas las personas que me brindaron su apoyo, su motivación y su amistad desde el inicio de esta experiencia: Rubén, Martha, Raquel, Adrian, Anel, Karla, Sandra R., Elena, Erika, Sandra T., Viridiana, Fernanda, Amaya, Enrique, Lupita, Chava, Diego, Laura y Felipe. Para ellos con mucho cariño.

A todas las personas que me dieron fortuna con su amistad y compañía a lo largo de mi estancia en Pachuca: amigos de distintas generaciones tanto de la carrera de Biología como del posgrado en Biodiversidad y Conservación, ambos de la UAEH, a los amigos forjados en los distintos caminos del arte, a los amigos encontrados pedaleando sobre el asfalto o alguna terracería, a los amigos de tantas experiencias vividas en ésta ciudad, y muy especialmente a mis amigos de la Editorial “Nuestro Grito Cartonero”.

ODA A LA BIOLOGÍA

Yo no arreglo bocas, menos corazones,
no soy de edificios y muero en ciudades,
soy fuente de ideas, de investigaciones,
propongo a este mundo posibilidades.

Gusto de la banda, el jazz, los danzones,
el rock, la jarana de una orquesta suave,
y aunque los contrastes den pie a discusiones,
lo mejor sigue siendo: el canto de un ave.

No soy de coronas, lujos materiales,
no visto la seda, el ajuar extranjero,
mi piel se reviste en color de corales
de palma, de arena, de bota y sombrero.

No busco medallas, insignias, banderas
balas, uniformes, ni guerra civil,
mi batalla es otra, otra es mi trinchera:
la ciencia es mi escudo, mi traje y fusil.

Yo no sé de canchas, jugadas, trofeos,
mi olimpiada juego en el mar, el desierto
en la brisa, en la niebla, en trepar y el buceo,
la playa, la selva, en las dunas y el puerto.

Me juego el veneno, la espina, el desvelo,
la tierra en las uñas, la lluvia en la espalda
me duele si calla el jaguar, el riachuelo
si no sé de lobos, manzanos, guirnaldas.

Pero si encuentro cien alas volando
la danza en lo peces, el bosque nativo
tengo la esperanza de seguir sumando
más de mil razones pa' sentirme vivo.

Carlitos De la Calle

ÍNDICE

1. Resumen	1
2. Introducción	2
3. Antecedentes	
3.1 Modelos de distribución espacial de las especies	4
3.2 Medidas de diversidad evolutiva	6
3.3 Familia Anguidae	7
4. Justificación	10
5. Objetivos	
5.1 Objetivo general	11
5.2 Objetivos particulares	11
6. Material y métodos	
6.1 Modelado de la distribución espacial de ánguidos	12
6.2 Diversidad taxonómica	17
6.3 Caracterización de las zonas de mayor diversidad taxonómica	19
7. Resultados	
7.1 Distribución espacial de los ánguidos	20
7.2 Diversidad taxonómica	41
7.3 Caracterización ambiental de las zonas de mayor diversidad taxonómica de ánguidos	46
7.4 Estrategias de conservación que se realizan en las áreas de mayor diversidad taxonómica de ánguidos	47
8. Discusión	
8.1 Distribución de la familia Anguidae	52
8.2 Diversidad taxonómica	57
8.3 La implicación de la diversidad evolutiva de ánguidos en la conservación	60
9. Conclusiones	63
10. Literatura citada	64
Anexo 1	77
Anexo 2	78
Anexo 3	80

1. RESUMEN

La familia Anguidae es un grupo de saurios del que poco se conoce acerca de su biología y ecología. Los pocos registros que se tienen en colecciones científicas de estas especies, podrían indicar que sus poblaciones son pequeñas, además los expertos en este grupo sugieren que su demografía está seriamente afectada por las alteraciones a sus ecosistemas. Para conocer dónde se encuentra la mayor diversidad evolutiva de este grupo de lagartijas, se exploró la diversidad taxonómica de ánguidos en México. Se construyeron modelos de distribución espacial (MDE's) para cada especie con el algoritmo de MAXENT. Se delimitaron los MDE's únicamente para México y utilizando una gradilla de 1 X 1 grado de longitud-latitud, se recopiló la información de presencia-ausencia de las especies por cada una de las cuadrículas que dividieron el país, éstas constituyeron las unidades de comparación para el análisis de diversidad taxonómica. Este tipo de análisis, considera que la mayor diversidad taxonómica corresponde a las unidades con la mayor diferenciación taxonómica promedio y con la menor variación de la diferenciación taxonómica dentro de un límite de confianza de 95%.

Se encontró que las unidades con la mayor diversidad, son las cuadrículas correspondientes a las zonas norte y sureste de Oaxaca, sureste y centro norte de Puebla, centro de Veracruz y centro-este de Hidalgo. Esta diversidad estuvo constituida por 18 especies de siete géneros que pertenecen a tres de las cuatro subfamilias de la familia Anguidae. La mayoría de estas zonas cuentan con Áreas Naturales Protegidas, aunque sus áreas son relativamente pequeñas, con excepción del norte y sur de Oaxaca donde no se localiza ninguna. También existe en dichas zonas una presencia importante de establecimientos humanos, ciudades, una amplia red de carreteras y uso de suelo tipo “manejo agrícola, pecuario y plantaciones”, situación que contribuye con la transformación de los hábitats donde estas lagartijas se distribuyen.

2. INTRODUCCIÓN

Los estudios tradicionales de biodiversidad se basan en análisis cuantitativos de la estructuración de las entidades que forman parte de un paisaje, y se obtienen como resultados valores con los que se puede inferir la biodiversidad proporcional de una zona (Noss, 1990). Si bien estos análisis son un referente importante al momento de tomar decisiones para priorizar áreas de conservación, no toman en cuenta la diversidad de historias evolutivas de las especies y no incluyen el valor de otros niveles de la jerarquía taxonómica (Brown, 1988; Schluter y Ricklefs, 1993). Es importante considerar que cada una de las especies dentro de un análisis debería ser tratada de manera diferente o con distintos pesos filogenéticos de acuerdo a la genealogía que presentan (Schweiger *et al.*, 2008).

Cuando se incluyen distintos criterios filogenéticos y evolutivos en los análisis de biodiversidad, se pueden hacer evaluaciones y fijar prioridades para la conservación de manera objetiva, pues no solo se tiene como referencia el número de especies, sino también las relaciones evolutivas que existen entre ellas (Pérez-Losada y Crandall, 2003; Crozier *et al.*, 2005; Medina-Romero *et al.*, 2012).

Distintos investigadores han propuesto alternativas para evaluar la biodiversidad, las cuales innovan en la incorporación de historias evolutivas y su aplicación en la conservación, mediante el desarrollo y la evaluación de nuevas medidas que consideran las relaciones genealógicas de la biota en cuestión (Vane-Wright *et al.*, 1991; Faith, 1992; Warwick y Clarke, 1995; Clarke y Warwick, 1998; Rodrigues y Gaston, 2002; Abellán *et al.*, 2006; Schweiger *et al.*, 2008; Chao *et al.*, 2010).

México tiene una gran responsabilidad en el manejo y conservación de su biota, toda vez que es considerado megadiverso y que alberga un número importante de endemismos (CONABIO, 2008). Dentro de su fauna, los grupos de vertebrados menos estudiados y que aún

están lejos de ser conocidos completamente en cuanto a biodiversidad, son los anfibios y los reptiles (Valdespino, 1998; Flores-Villela y Goyenechea, 2003).

De acuerdo con uno de los últimos recuentos de especies de anfibios y reptiles, el grupo herpetofaunístico más abundante en México corresponde a los saurios, taxón constituido por 19 familias, 54 géneros y 396 especies (Johnson *et al.*, 2010).

En este grupo de vertebrados se encuentra la familia Anguidae, distribuida en Norte, Centro y Sur de América, así como en El Caribe, gran parte del Este de Asia y Europa (Pianka y Vitt, 2003). Esta, se divide a su vez en cuatro subfamilias: Anguinae, Diploglossinae, Aniellinae y Gerrhonotinae. Las familias de mayor presencia en México, son Gerrhonotinae y Aniellinae, ya que todos los géneros de estas subfamilias están presentes en nuestro país (Pough *et al.*, 2004). En total se tienen registradas 51 especies de ánguidos en México.

Campbell y Frost (1993), señalan que varias especies del género *Abronia* se encuentran seriamente amenazadas, principalmente por la perturbación de su hábitat. Hudson y colaboradores en el 2001, elaboraron un documento donde clasifican a todas las especies de *Abronia*, descritas hasta ese momento, en alguna de las categorías de riesgo de acuerdo a los criterios de la UICN, y señalan que prácticamente todas las especies del género están dentro de alguna categoría en la lista roja. Por otro lado, en la NOM-059-2010 (SEMARNAT 2010) se señala que de los ánguidos distribuidos en México, 20 especies están bajo protección especial, 9 especies se encuentran amenazadas y 7 especies consideradas en peligro de extinción.

Con la idea de conocer donde se localiza la mayor diversidad evolutiva de ánguidos en México, para ayudar a dirigir los esfuerzos de conservación de sus hábitats, en el presente trabajo se modeló la distribución potencial para cada una de las especies de este grupo, posteriormente se identificaron las áreas que contienen la mayor diversidad taxonómica para esta familia, y finalmente se sugirieron cuales de dichas áreas son relevantes para su conservación.

3. ANTECEDENTES

3.1 Modelos de distribución espacial de las especies

Los modelos de distribución espacial (MDE) están basados en el concepto de nicho ecológico, toda vez que surgen del establecimiento de relaciones entre la distribución conocida de una especie (indicador de las condiciones que le permiten mantener a una población viable en el tiempo) y un grupo de variables independientes o ambientales (Peterson, 2001; Milesi y López, 2005).

Los MDE, son modelos empíricos que relacionan puntos de presencia o abundancias conocidos con variables climáticas, mediante algoritmos matemáticos que extrapolan la información de los registros de campo, a donde no se cuenta con datos de presencia (Guisan y Zimmermann, 2000). Estas relaciones pueden ser visualizadas y manipuladas en un sistema de información geográfica (SIG), toda vez que la respuesta de salida son, entre otros, mapas que predicen la localización de hábitats adecuados para que determinada especie se encuentre en ellos (Raxworthy *et al.*, 2003; Guisan y Thuiller, 2005; Sánchez-Cordero *et al.*, 2005).

A la fecha se han desarrollado varios algoritmos o modelos estadísticos que son utilizados para hacer este tipo de predicciones. Sin embargo, son dos los que resaltan por el grado de eficacia al momento de construir los modelos: Genetic Algorithm for Rule-set Prediction, GARP (Stockwell y Peters, 1999) y Maximum Entropy, MAXENT (Phillips *et al.*, 2006). Ambos se distinguen entre otros algoritmos debido a que tienen un mejor ajuste entre la información conocida y la predicción, al momento de generar modelos a partir de datos sólo de presencia (Elith *et al.*, 2006).

Al evaluar ambos algoritmos, se ha encontrado que la tendencia de GARP es a sobre predecir la distribución, mientras que MAXENT, tiende a sobre ajustar la misma (Hernández, *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2006). Sin embargo, se ha señalado que MAXENT además de ser un algoritmo que provee de resultados que identifican el rol de cada una de las variables ambientales

en el modelo que predice, es el algoritmo que construye modelos más certeros (Hernández, *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007; Ortega-Huerta y Peterson, 2008).

MAXENT es un método de inteligencia artificial que construye los MDE utilizando la distribución de la máxima entropía para encontrar las condiciones más similares en donde se ha registrado una especie. Este método toma como referencia la información ambiental (coberturas climáticas) de dichos registros y el resultado que se obtiene es un mapa de pixeles donde se define la probabilidad de la distribución: pixeles con valores altos de esta probabilidad se traducen como el conjunto de características ambientales (o del tipo que se utilizaron para construir el modelo) ideales para que la especie pueda estar presente (Phillips *et al.*, 2006).

Los mapas generados bajo este tipo de algoritmos, por sí solos no representan la mejor propuesta de distribución de una especie; existen ocasiones en que necesitan ser refinados bajo algún criterio, sobre todo cuando en la construcción de los modelos, no se ha utilizado toda la información disponible en los formatos que se requieren, por ejemplo: provincias biogeográficas o tipos de vegetación (Martínez-Meyer *et al.*, 2006).

A la fecha se ha utilizado el algoritmo de MAXENT para generar distribuciones potenciales en diversos grupos y para distintos objetivos, por ejemplo en coleópteros (Escalante *et al.*, 2009), lepidópteros (Hernández *et al.*, 2006), fitoplancton (Ibarra-Montoya *et al.*, 2010) plantas (Elith *et al.*, 2006), aves (Elith *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2006; Ortega-Huerta y Peterson, 2008; McCormack *et al.*, 2009; Bravo-Cadena, 2011), mamíferos (Elith *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2006; Papes y Gaubert, 2007; Bolívar-Cimé, 2009; Herrera-Muñoz, 2011), anfibios (Hernández *et al.*, 2006) y reptiles (Elith *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2006; Pearson *et al.*, 2007; Gadsden *et al.*, 2012).

La construcción de modelos de distribución espacial como una herramienta para aproximarse a conocer la biodiversidad, resulta bastante útil, cuando se tienen pocos registros que den una idea de la distribución de las especies involucradas (Pineda y Lobo, 2009).

3.2 Medidas de diversidad evolutiva

Este tipo de medidas evalúan las relaciones evolutivas entre las especies y toman como base la taxonomía, las relaciones genealógicas que tiene un determinado grupo, o bien, consideran las distancias taxonómicas que existen entre los taxones finales dentro de un árbol filogenético (Vellend *et al.*, 2010).

De acuerdo con Schweiger y colaboradores (2008), se pueden considerar tres grupos de éstas medidas: a) las que se basan en la topología, b) las basadas en distancias, y c) las que se calculan a través de distancias entre pares. Sin embargo, existe un cuarto grupo de estas medidas, que además de considerar las relaciones genealógicas, incorpora las abundancias de las especies analizadas (Cadotte *et al.*, 2010; Chao *et al.*, 2010).

Una manera de aproximarse a evaluar la diversidad evolutiva de la composición de alguna comunidad, son los índices de diversidad taxonómica. Se ha desarrollado, por ejemplo, el índice de distinción taxonómica promedio (average taxonomic distinctness index: AvTD o $\Delta+$) propuesto por Clarke y Warwick (1998), el cual está empíricamente relacionado con el índice de diversidad de especies de Shannon, pero con el componente adicionado de la separación taxonómica. Se define como el promedio de la distancia taxonómica entre dos individuos elegidos al azar dentro de una misma muestra. De manera complementaria a éste índice, se ha propuesto otro índice llamado variación de la distinción taxonómica (variation in taxonomic distinctness: VarTD o $\Lambda+$; Clark y Warwick, 2001), el cual hace referencia a la varianza de la distancia de la trayectoria que existe entre cualquier par de especies en un árbol taxonómico, reflejando el grado de inequitatividad del mismo. De manera que, si una lista de especies está constituida por diferentes órdenes, los cuales están representados por una sola especie y a su vez existe solamente un género que contiene una gran cantidad de especies, ésta lista tendrá valores altos de $\Lambda+$ en comparación con una lista (de valores de $\Delta+$ equivalentes) en la que todas las especies tienden a ser de diferentes géneros, familias y órdenes.

Por lo tanto, la combinación de estos dos índices ($\Delta+$ y $\Lambda+$), provee de un resumen estadísticamente robusto de los patrones de “relación” taxonómica o filogenética dentro de un ensamble, lo cual tiene el potencial de ser aplicado en un amplio conjunto de datos históricos que están a manera de listas de especies (Clarke y Warwick, 2001).

Las ventajas que tienen éstos índices, es que no requieren de una filogenia resuelta, aunque sí es esencial contar con una jerarquía Linneana que refleje las diferentes relaciones entre las especies, además de que no son dependientes del tipo de hábitat, ni del tamaño de la muestra ni del esfuerzo empleado para obtener la misma, por lo tanto no se subestima la riqueza taxonómica real (Warwick y Clarke, 1995; Clarke y Warwick, 2001).

Estas medidas se han utilizado de manera complementaria a los análisis tradicionales en distintos ejercicios de evaluación de la biodiversidad para fijar áreas prioritarias de conservación (Eguiarte *et al.*, 1999; von Euler y Svensson, 2001; Rodríguez y Gaston, 2002; Pérez-Losada y Crandall, 2003; Roig-Juñent y DeBandi, 2004).

Considerando la creciente crisis de pérdida de biodiversidad, es necesario y urgente reconocer aquellos taxa que tengan un mayor aporte evolutivo y qué regiones resultan prioritarias para su conservación, es por ello que las aproximaciones a la diversidad evolutiva son una herramienta fundamental para la toma de decisiones (Eguiarte *et al.*, 1999).

3.3 Familia Anguidae

La familia Anguidae es una familia de amplia distribución, toda vez que se encuentra en Asia, Europa y América (Zug *et al.*, 2001).

Una de las cuatro subfamilias que conforman a esta familia es Gerrhonotinae, en la que se reconocen cinco géneros: *Barisia*, *Abronia*, *Elgaria*, *Mesaspis* y *Gerrhonotus*; y se contabilizan más de 40 especies, las cuales habitan zonas templadas del centro y norte de México, zonas

áridas del Norte de México y Sur de E. U., zonas tropicales de las costas del Pacífico, del Golfo y el Sureste de México y Centro América (Good, 1988b; Pough *et al.*, 2004).

Asimismo se encuentra la subfamilia Anniellinae, constituida por un solo género y dos especies, *Anniella pulchra* y *A. geronimensis*, ambas distribuidas en las zonas de dunas de Baja California (Grismer, 2002).

Una tercer subfamilia perteneciente a la familia Anguidae, es la Diploglossinae, que contiene cinco géneros: *Celestus*, *Diploglossus*, *Ophioides*, *Sauresia* y *Wetmorena*; donde se contabilizan más de 40 especies. Esta subfamilia tiene una amplia distribución en Centro y Sudamérica así como en gran parte de Asia (Zug *et al.*, 2001).

Finalmente, la cuarta subfamilia que pertenece a la familia Anguidae, es la Anguinae, misma que está representada por dos géneros: *Anguis* y *Ophisaurus*, entre ambos géneros reúnen 16 especies. Esta subfamilia ocurre tanto en Europa como en Norte y Centro América (Zug *et al.*, 2001).

A la fecha se cuenta con poca información acerca de la ecología en general y otros datos biológicos de las distintas especies de ánguidos que se distribuyen en México. Uno de los trabajos más importantes en este sentido, es el que realizaron Zaldívar Riverón y colaboradores en el 2002 (a-z, 1-5), en el cual reúnen toda la información existente hasta esa fecha, acerca de distribución, características de historia de vida y la historia natural en general de la familia Anguidae. Además, en años recientes, autores como Bryson y Graham (2010) han descrito nuevas especies, como es el caso de *Gerrhonotus farri*. Cabe mencionar que también han ocurrido algunos cambios en la nomenclatura de algunas especies. En el cuadro 1, se muestran los trabajos más recientes en cuanto a su taxonomía, distribución y la descripción de nuevas especies.

Cuadro 1. Cronología de los trabajos más recientes que se han publicado en cuanto a taxonomía, descripción de nuevas especies y rangos de distribución de la familia Anguidae en México.

Cambios en la nomenclatura	Smith <i>et al.</i> , 2002	Elevan a nivel de especie cuatro subespecies de <i>Barisia imbricata</i> .
	Conroy <i>et al.</i> , 2005	Proponen cambio de género con evidencia molecular de <i>Elgaria parva</i> por <i>Gerrhonotus parvus</i> .
	Savage <i>et al.</i> , 2008	Se confirma la distinción nominal de los géneros <i>Celestus</i> y <i>Diploglossus</i> .
Descripción de nuevas especies	Smith y Álvarez del Toro, 1963	Se describe a <i>Abronia lytrochila</i> en la meseta central de Chiapas, México.
	Smith y Smith, 1981	Se describe a <i>Abronia chiszari</i> en Los Tuxtlas, Veracruz.
	Campbell, 1984	Se describe a <i>Abronia ornelasi</i> en el sureste de México, entre los límites de los estados de Oaxaca y Chiapas.
	Campbell, 1994	Se establecen las relaciones genealógicas de <i>Abronia ramirezi</i> con el resto de las especies, la cual se describe para las serranías de Chiapas, México.
	Campbell y Camarillo, 1994	Se describe a <i>Diploglossus legnotus</i> , en el centro de Puebla, México. Se revisan otras especies del género en México y Centro América, proporcionando la lista de sinonimias así como una diagnosis de las mismas. Se recupera además a <i>D. atitlanensis</i> .
	Grismer y Hollingsworth, 2001	Se describe a <i>Elgaria velazquezi</i> de las serranías en el centro de la península de Baja California, México
	Zaldivar-Riverón y Nieto-Montes de Oca, 2002	Se describe a <i>Barisia herrerae</i> , para el Estado de Morelos, México.
	Flores-Villela y Sánchez, 2003	Se describe a <i>Abronia martindelcampoi</i> , en la Sierra de Guerrero, México, y se establecen las relaciones genealógicas de ésta con el resto de las especies.
	Werler y Campbell, 2004	Se describe a <i>Diploglossus ingridae</i> en la Sierra de Los Tuxtlas, Veracruz, México.
	Bryson y Graham, 2010	Se describe a <i>Gerrhonotus farri</i> , en el suroeste de Tamaulipas, México.
Distribución	Knight y Duerre, 1987	Se aborda la distribución geográfica de <i>Elgaria Kingi</i>
	Good, 1988 (b)	Se propone la distribución geográfica de todas las especies de gerrhonotinos con los datos disponibles hasta ese momento.
	Grismer, 1988	Se establecen los límites geográficos de las especies del género <i>Elgaria</i> presentes en la península de Baja California, México.
	Campbell y Frost, 1993	Se propone la distribución de todas las especies del género <i>Abronia</i> , incluyendo las nuevas especies que se describieron previas a esta publicación.
	Banda-Leal, <i>et al.</i> , 2002	Se documenta un nuevo registro de <i>Gerrhonotus parvus</i> para el municipio de Santiago en el Estado de Nuevo León, México.
	Mendoza-Quijano y Good, 1994	Se documenta un nuevo registro de <i>Gerrhonotus infernalis</i> para el municipio de Metztlán en el Estado de Hidalgo, México.
	Casas-Andreu <i>et al.</i> , 1996	Se documentan nuevos registros de <i>Ophisaurus ceroni</i> , en Veracruz, México.
	Ramírez-Bautista <i>et al.</i> , 1998	Se documenta un nuevo registro de <i>Gerrhonotus liocephalus</i> para el municipio de Calvillo en el Estado de Aguascalientes, México.
	Terán-Juárez, 2008	Se documenta un nuevo registro de <i>Anguis incompus</i> , en Tamaulipas, México.
	García-Padilla y Villegas-Ruiz, 2010	Se documenta un nuevo registro de <i>Gerrhonotus ophiurus</i> para el municipio de Gómez Farías en el Estado de Tamaulipas, México.

Relaciones genealógicas	Good, 1988(a)	Se propone una filogenia para las especies del género <i>Elgaria</i> conocidas hasta ese momento, mediante un análisis de variación aloenzimática.
	Good, 1988(b)	Se establecen las relaciones genealógicas de las especies conocidas hasta ese momento, por cada uno de los géneros de gerrhonotinos.
	Campbell y Frost, 1993	Se establecen las relaciones genealógicas dentro del género <i>Abronia</i> con base en caracteres morfológicos. Se propone la agrupación de estas especies en seis subgéneros diferentes.
	Good, 1994	Se reordena la taxonomía dentro del género <i>Gerrhonotus</i> ; se eliminan todas las subespecies; se propone una hipótesis filogenética para las cuatro especies que constituyen dicho género y se establecen los límites de distribución entre ellas.
	Macey <i>et al.</i> , 1999	Se propone una filogenia para los géneros de la familia Anguidae y se establece su relación con el resto de las familias del grupo Anguimorpha. Se señala a la subfamilia <i>Gerrhonotinae</i> como un grupo monofilético.
	Zaldivar-Riverón <i>et al.</i> , 2005	Se propone una hipótesis filogenética de las especies del género <i>Barisia</i> , utilizando fragmentos moleculares de ADN mitocondrial y algunos caracteres morfológicos.

4. JUSTIFICACIÓN

A la fecha no se conoce una estrategia enfocada a la conservación de las especies pertenecientes a la familia Anguidae, producto quizás de que es un grupo metodológicamente complicado de explorar en vida silvestre y en consecuencia, es muy reducida la información que brinde una idea acerca de la situación de sus poblaciones, aunque no se deja de señalar que varias especies de este grupo se encuentran amenazadas. Esto lleva a considerar que los esfuerzos por implementar alguna estrategia para su conservación, deberían inclinarse al menos al desarrollo de planes para proteger sus áreas de distribución, dado que muchos ánguidos, al igual que otras especies, experimentan el deterioro constante de sus hábitats.

Sin embargo la carencia de información de estos organismos no sólo se reduce a cuestiones ecológicas; tampoco se cuenta con estudios que evalúen la diversidad de algún tipo para estas lagartijas, por lo que se considera necesario iniciar una investigación para explorar la diversidad evolutiva de los ánguidos, con la finalidad de hacer una sugerencia para su conservación, basada en la localización de áreas que concentran la mayor diversidad taxonómica de estos organismos.

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la diversidad taxonómica de la familia Anguidae (Squamata: Sauria) en México con base en modelos de distribución potencial, y comparar con las estrategias de conservación que se llevan a cabo en las áreas con mayor diversidad taxonómica de este grupo.

5.2 OBJETIVOS PARTICULARES

1. Conocer la distribución potencial de las especies de ánguidos que habitan en México, utilizando los modelos de distribución potencial.
2. Localizar las zonas de mayor diversidad taxonómica de ánguidos en México, mediante el cálculo del índice de distinción taxonómica promedio.
3. Contrastar las zonas de mayor diversidad taxonómica y las estrategias de conservación que se realizan en dichas zonas, para comprobar si dicha diversidad está siendo protegida.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Modelado de la distribución espacial de ánguidos

Se obtuvieron los datos puntuales de distribución para las distintas especies de ánguidos que están presentes en México, a partir de colecciones físicas y en línea, así como de literatura (Cuadro 2). Se comparó la información obtenida con lo sugerido por los autores que han descrito a las especies o que han hecho algún señalamiento respecto a la distribución de las mismas, y se eliminaron aquellos datos que no fueron confiables o congruentes.

En los casos donde sólo se contó con la localidad, se procedió a georreferenciar la posición con ayuda del software libre Google Earth (Google, 2011). Se elaboró una base de datos por cada especie con la siguiente información: nombre de la especie y coordenadas de latitud y longitud (éstas últimas en decimales), información que fue utilizada para construir los modelos de distribución espacial.

Los modelos de distribución potencial de las especies fueron generados con el algoritmo de máxima entropía (programa MAXENT versión 2.3), utilizando únicamente datos de presencia (Hernández *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2006; Phillips *et al.*, 2006; Ortega-Huerta y Peterson, 2008). Sólo se modelaron aquellas especies con número de registros mayor o igual a 5, ya que es el número mínimo sugerido para construir los modelos (Phillips *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Lista de fuentes consultadas para la obtención de datos de distribución de las especies de ánguidos (* = consulta vía electrónica).

Anfibios y reptiles de la Región Terrestre Prioritaria (47): Sierra del Nido Pastizal de Flores Magón, Chihuahua, CONABIO (Lemos-Espinal, 2009)*
Anfibios y reptiles del estado de Nuevo León, CONABIO (Lazcano-Villareal, 1997)*
Anfibios y reptiles del estado de Querétaro, CONABIO (Nieto-Montes de Oca, 1999)*
Anfibios y reptiles del estado de Tamaulipas, México, CONABIO (Lazcano-Villareal, 1999)*
Anfibios y reptiles del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla, CONABIO (Gutiérrez-Mayén, 2000)*
Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, CONABIO (Canseco-Márquez y Guitiérrez-Mayén, 2010)
Banda-Leal <i>et al.</i>, 2002.
Bryson y Graham, 2010.
Campbell y Camarillo, 1994.
Campbell y Frost, 1993.
Campbell, 1994.
Centeno-Alcalá <i>et al.</i>, 2009.
Colección Herpetológica de la Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural de Chiapas*
Colección Herpetológica del Centro de Investigaciones Biológicas, UAEH
Colección Nacional de Anfibios y Reptiles, Instituto de Biología, UNAM
Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN Fase 1: Estado de México, Hidalgo, San Luis Potosí y Tlaxcala, CONABIO (López-Vidal, 2006)*
Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN - Fases 2 y 3, CONABIO (López-Vidal <i>et al.</i>, 2008)*
Flores-Villela y Sánchez-Herrera, 2003
García-Padilla y Villegas-Ruiz, 2010.
García-Vazquez <i>et al.</i>, 2006.
Good y Schwenk, 1985.
Good, 1988 (b).
Grismer, 1988.
Grismer y Hollingsworth, 2001.
HerpNet *
Kansas University Collection Herpetology*
Knight y Scudday. 1985
Lemos-Espinal <i>et al.</i>, 2000.
Loeza-Corichi y Flores-Villela, 1995.
McCoy, 1970.
Mendoza-Quijano y Good, 1994.
Museo de Historia Natural de la Universidad de San Carlos de Guatemala*
Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias, UNAM
National Museum of Natural History, Smithsonian Institution*
PROFAUNA, A. C. Saltillo, Coahuila, México.
Quintero-Díaz <i>et al.</i>, 1999.
Ramírez-Bautista <i>et al.</i>, 1998.
San Diego Natural History Museum*
Smith. 1986.
Solano-Zavaleta <i>et al.</i>, 2007.
Vertebrados silvestres en zonas indígenas de la reserva de la biósfera Mariposa Monarca: anfibios y reptiles, CONABIO (Sánchez-Núñez 2007)*
Zaldívar-Riverón y Nieto-Montes de Oca, 2002.
Zaldívar-Riverón <i>et al.</i>, 2005.

Las coberturas bio-climáticas que se utilizaron, fueron aquellas propuestas por Hijmans y colaboradores (2005), mismas que están disponibles en línea en la página electrónica de WorldClim (<http://www.worldclim.org>) (Cuadro 3). Estas coberturas poseen una resolución de 1 Km de longitud por 1 Km de latitud, representan distintas medidas de temperatura y precipitación a nivel mundial y pueden ser visualizadas en algún programa que manipule datos espaciales, programas informáticos o sistemas de información geográfica, ArcView por ejemplo (Phillips *et al.*, 2006; Elith *et al.*, 2006).

Cuadro 3. Coberturas climáticas utilizadas para construir los modelos, bajo el algoritmo de MAXENT, obtenidas en línea de la página electrónica de WorldClim (<http://www.worldclim.org/>)

Cobertura	Característica
1	Temperatura media anual
2	Media del rango diario
3	Isotermalidad
4	Estacionalidad de la temperatura
5	Temperatura máxima del mes más cálido
6	Temperatura mínima del mes más frío
7	Rango de la temperatura anual
8	Temperatura media del cuarto más húmedo
9	Temperatura media del cuarto más seco
10	Temperatura media del cuarto más cálido
11	Temperatura media del cuarto más frío
12	Precipitación anual
13	Precipitación del mes más húmedo
14	Precipitación del mes más seco
15	Estacionalidad de la precipitación
16	Precipitación del cuarto más húmedo
17	Precipitación del cuarto más seco
18	Precipitación del cuarto más cálido
19	Precipitación del cuarto más frío

Los parámetros que se incluyeron al configurar el programa fueron: Comandos = linear, cuadrática, producto, umbral y “hinge”; Máximas iteraciones = 500; Umbral de convergencia = $1.0 \times 10E-5$ (Ortega-Huerta y Peterson, 2008), los mapas obtenidos se exportaron en el programa Arc View GIS 3.2 (ESRI, 1999). Para cada modelo que se construyó, se tomaron en cuenta todos los registros obtenidos por especie. Se consideró el criterio de mínima omisión para depurar los mapas generados, o lo que en términos del programa se conoce como “valor mínimo acumulado”; con ello se conservó la predicción en un corte o valor donde quedan fuera la menor cantidad de puntos posibles (Phillips *et al.*, 2006).

Para eliminar la sobre predicción se restaron aquellas zonas que corresponden a los tipos de vegetación y provincias biogeográficas donde no se ha registrado a la especie (Martínez-Meyer *et al.*, 2006). Para tal efecto, se utilizaron las coberturas digitales de sistemas de información geográfica “Uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO” (CONABIO, 1998) y “Provincias biogeográficas de México” (CONABIO, 1997).

Los tipos de vegetación que ocurren en México son muy diversos y presentan una distribución muy compleja, principalmente son bosques de coníferas, manglares, diferentes matorrales, algunos tipos de pastizales y una gran variedad de selvas, además, existen distintas zonas en el país con cambios de uso de suelo, dirigidos entre otros a la agricultura y asentamientos humanos (Figura 1).

De acuerdo con la CONABIO (1997), existen 19 provincias distribuidas en los 3 componentes presentes en México, y son, Neártica: Altiplano Norte, Altiplano Sur, Baja California, California, Del Cabo, Sonorense y Tamaulipeca; Zona de Transición Mexicana: Depresión del Balsas, Eje Volcánico Transmexicano, Oaxaca, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, y Sierra Madre del Sur; y, Neotropical: Costa del Pacífico, Golfo de México, Los Altos de Chiapas, Petén, Soconusco y Yucatán (Figura 2).

Se estableció un criterio para denominar de manera relativa a las especies como de “amplia distribución” o de “distribución restringida”; se calculó el área que ocupa cada modelo, con el programa Arc View GIS 3.2 (ESRI, 1999), y teniendo en consideración el rango de valores, se calculó el primer y el último cuartil, de manera que el primero (es decir, los valores más bajos), correspondieron a las especies con distribución restringida, y el último cuartil (es decir, el de los valores más altos), correspondieron a las especies de amplia distribución; el resto de los valores no tuvieron ninguna categoría.

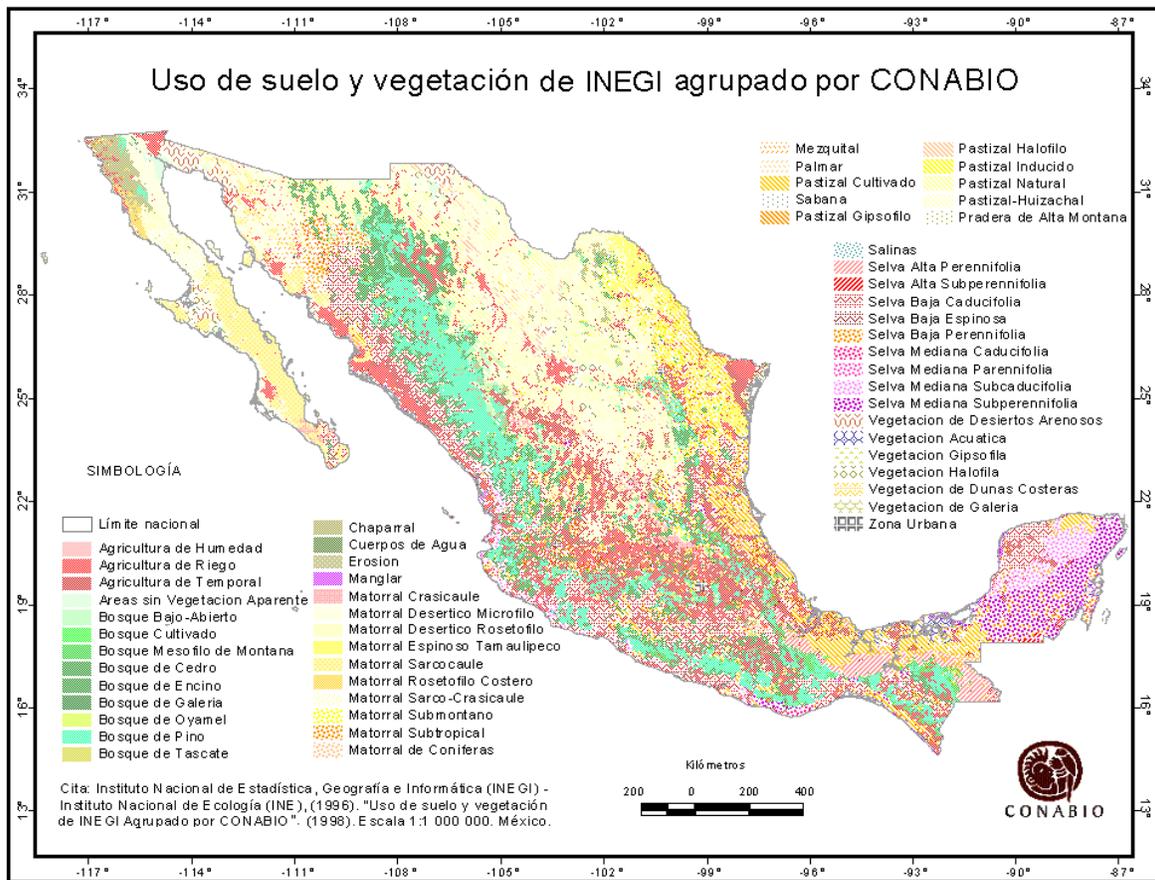


Figura 1. Mapa de la distribución de los tipos de vegetación que se encuentran en México.

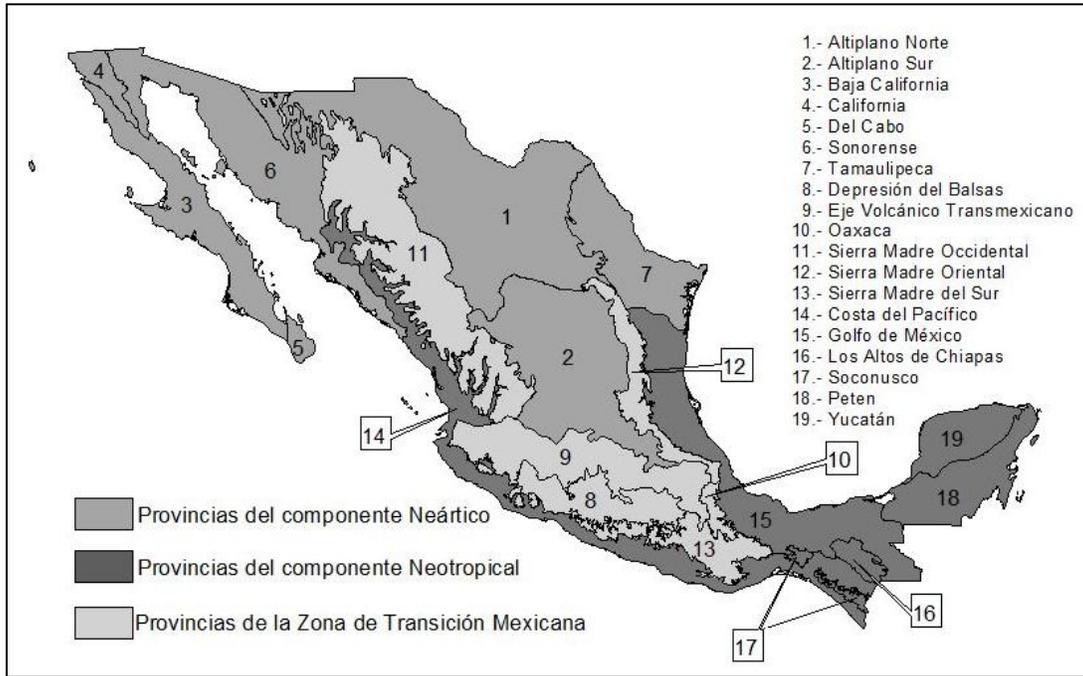


Figura 2. Mapa de la distribución de las 19 provincias biogeográficas en los tres componentes bióticos que caracterizan a México.

6.2 Diversidad taxonómica.

Para explorar la diversidad taxonómica de los ánguidos, se elaboró un mapa de la República Mexicana dividido en cuadrículas de 1 X 1 grado con el programa Arc view GIS 3.2 (ESRI, 1999), de 32 columnas (números) por 19 filas (letras) donde a cada cuadrícula le correspondió un código de una letra y un número (Figura 3). Sobre este mapa se visualizaron los modelos construidos para cada especie y se construyó una matriz de presencia/ausencia de especie por cuadrícula.

Se elaboró además una matriz donde se representaron los distintos niveles de la clasificación taxonómica (especie, sub-género, género, subfamilia y familia) para cada uno de los taxones.

Ambas matrices (distribución y taxonómica) se utilizaron para calcular la diferenciación taxonómica promedio ($\Delta+$) y la variación de la diferenciación taxonómica ($\Delta+$, Clarke y Warwick, 1998) en el programa PRIMER 5 (PRIMER-E, 2001). Se consideró que aquellos sitios

con los valores más altos de $\Delta+$ y a su vez con menor $\Lambda+$, son los sitios con mayor diversidad taxonómica (Clark y Warwick, 2001).

Las fórmulas que describen ambos índices son los siguientes:

Distinción taxonómica promedio:

$$\Delta+ = [\sum \sum_{i < j} \omega_{ij}] / [S(S-1)/2]$$

Variación de la distinción taxonómica:

$$\Lambda+ = [\sum \sum_{i < j} (\omega_{ij} - \Delta)^2] / [S(S-1)/2]$$

Donde:

S = número de especies

ω_{ij} = distancia entre la especie i y j

$i - j$ = pares de especies

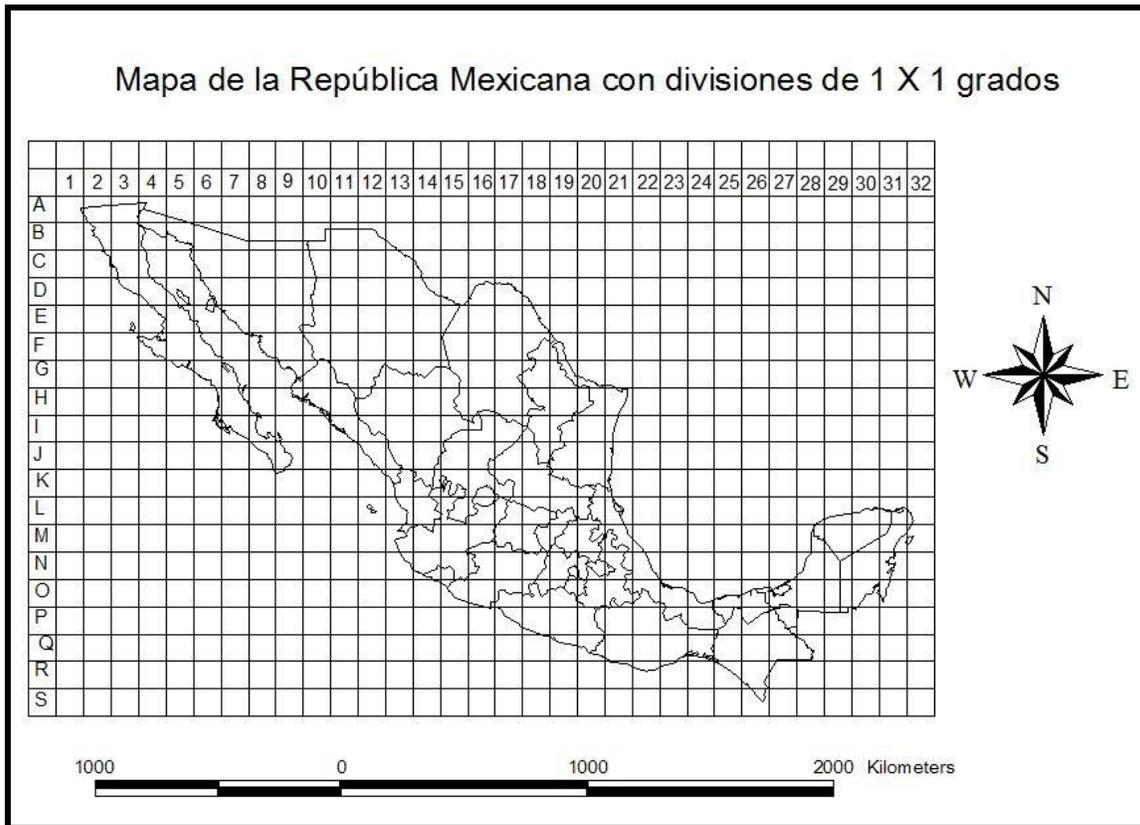


Figura 3. Mapa de la República Mexicana con divisiones de 1 X 1 grado de latitud – longitud que muestra la manera en que fueron consideradas las unidades de comparación para el análisis de diversidad taxonómica.

6.3 Caracterización de las zonas de mayor diversidad taxonómica.

Una vez localizada la mayor diversidad taxonómica, se describieron las características ambientales de cada una de las cuadrículas correspondientes, utilizando las coberturas digitales para sistemas de información geográfica “Uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO” (CONABIO, 1998), “Climas” (García - CONABIO, 1998) y “Red de carreteras” (Digital Chart of the world, 2008).

Para revisar las estrategias de conservación que ocurren en las zonas de mayor diversidad taxonómica de ánguidos en México, se utilizaron los mapas de las “Áreas Naturales Protegidas Federales de México” (CONANP, 2012) y “Áreas Naturales Protegidas Estatales, DF, y Municipales de México” (Bezaury-Creel *et al.*, 2007).

7 RESULTADOS

7.1 Distribución espacial de los Ánguidos

Se obtuvieron 1517 registros de 56 especies de ánguidos, las cuales corresponden a 9 géneros (*Abronia*, *Anguis*, *Anniella*, *Barisia*, *Celestus*, *Elgaria*, *Gerrhonotus*, *Mesaspis* y *Ophisaurus*) que se han registrado en México y uno (*Diploglossus*) para el que se ha sugerido su distribución en el país; de esta manera estuvieron representadas las 4 subfamilias de la familia Anguinae. Se muestran imágenes de los géneros de ésta familia en las figuras del Anexo 1.

Con dicha información se construyeron los modelos de distribución espacial (MDE) de 50 especies, siendo éstas: *Abronia chiszari*, *A. deppei*, *A. fuscolabialis*, *A. graminea*, *A. lytrochila*, *A. martindelcampoi*, *A. matudai*, *A. mixteca*, *A. oaxacae*, *A. ochoteranae*, *A. ornelasi*, *A. smithi*, *A. taeniata*, *Anguis incomptus*, *Anniella geronimensis*, *A. pulchra*, *Barisia ciliaris*, *B. herrerae*, *B. imbricata*, *B. jonesi*, *B. planifrons*, *B. levicolis*, *B. rudicolis*, *Celestus enneagramus*, *C. legnotus*, *C. ingradae*, *C. rozellae*, *Elgaria cedroensis*, *E. ignava*, *E. kingi*, *E. multicarinata*, *E. nana*, *E. paucicarinata*, *E. velazquezi*, *Gerrhonotus infernalis*, *G. liocephalus*, *G. lugoi*, *G. ophiurus*, *G. parvus*, *Mesaspis antauges*, *M. gadovi*, *M. juarezi*, *M. moreleti*, *M. viridiflava*, *Ophisaurus ceroni*, *Elgaria coerulea*, *Diploglossus atitlanensis*, *Abronia frosti*, *Celestus bivittatus* y *Diploglossus bilobatus*; las últimas cinco especies mencionadas, corresponden a aquellas registradas en los países vecinos pero cercanos a la frontera con México. Sin embargo, en ninguno de los casos se confirmó que la predicción incluyera alguna parte del país. Además, existen otras seis especies de ánguidos registradas en México, pero no se les construyó un MDE ya que no se contó con la suficiente información, dichas especies son: *Abronia bogerti*, *A. leurolepis*, *A. mitchelli*, *A. ramirezi*, *A. reidi* y *Gerrhonotus farri*. En total se trabajó con 51 especies que se distribuyen en México: 45 especies con MDE's y 6 especies de las cuales se utilizaron únicamente los registros puntuales.

Se utilizó el programa Arc View (ESRI, 1999) para situar los registros puntuales de las 51 especies de ánguidos que se distribuyen en México, sobre las coberturas bio-informáticas “Usos de suelo y tipos de vegetación” y “Provincias Biogeográficas”. Los tipos de vegetación y provincias para cada una de las especies de ánguidos se señalan en el Anexo 2 y 3 respectivamente.

Una vez obtenidos con MAXENT los mapas de las 45 especies de ánguidos presentes en México, se eliminó la sobre-predicción utilizando las coberturas bio-informáticas “Usos de suelo y tipos de vegetación” y “Provincias Biogeográficas”. Se excluyeron de cada modelo los tipos de vegetación y las provincias donde la especie en cuestión no ha sido registrada. Así, los MDE´s que se proponen para cada una de las especies quedan de la siguiente manera:

-*Abronia deppei*: los registros puntuales ocurren al norte de Guerrero, suroeste del Estado de México, norte de Morelos, sur del Distrito Federal (D. F.), y este de Michoacán; se predice su distribución en las zonas boscosas y algunas zonas agrícolas del centro, este, sur y noroeste del Estado de México, sur del D.F., noreste de Michoacán, norte de Guerrero y norte de Morelos (Figura 4).

-*Abronia graminea*: los registros puntuales se han obtenido del norte del estado de Puebla, de la zona montañosa de la región centro de Veracruz y del sureste de Puebla, en el valle de Tehuacán; se predice su distribución desde los bosques mesófilos de la región centro-norte de Hidalgo así como de los bosques de pino y las zonas agrícolas del sureste de este mismo estado y de la porción norte de Tlaxcala, la predicción continúa al norte, al este y sureste del estado de Puebla y llega al norte del estado de Oaxaca, en la región de Cuicatlán (Figura 4).

-*Abronia chiszari*: los registros puntuales solo ocurren para los municipios de Catemaco y Soteapan, al sur de Veracruz; se predice su distribución en la selva, el bosque mesófilo y algunas zonas agrícolas de los municipios de Catemaco, Soteapan, San Andrés Tuxtla, Mecayapan, y Tatahuicapan de Juárez, Veracruz (Figura 4).

-*Abronia lytrochila*: tanto los registros puntuales como la predicción se localizan en el centro, norte y este de Chiapas, principalmente a lo largo de Los Altos de Chiapas y zonas de bosque y selva del norte de ese estado (Figura 4).

-*Abronia martindelcampoi*: los registros puntuales están principalmente en el centro de Guerrero; la predicción sugiere que la especie potencialmente se distribuye en los bosques de pino y encino, del centro y oeste del estado de Guerrero (Figura 4).

-*Abronia matudai*: los registros puntuales se han obtenido únicamente de los municipios de Cacahoatán y Unión Juárez en el estado de Chiapas, mientras que el modelo sugiere su distribución, además de en esos municipios, en el de Tapachula, Chiapas, en los bosques mesófilos de esa región (Figura 4).

-*Ophisaurus ceroni*: los registros puntuales se han obtenido de los municipios de Vega de la Torre, Alto Lucero, Actopan, Medellín y Alvarado, Veracruz; el modelo sugiere que la especie ocurre en la región central de la zona costera de Veracruz, particularmente en zonas de dunas costeras, pastizales, matorrales y selva baja (Figura 4).

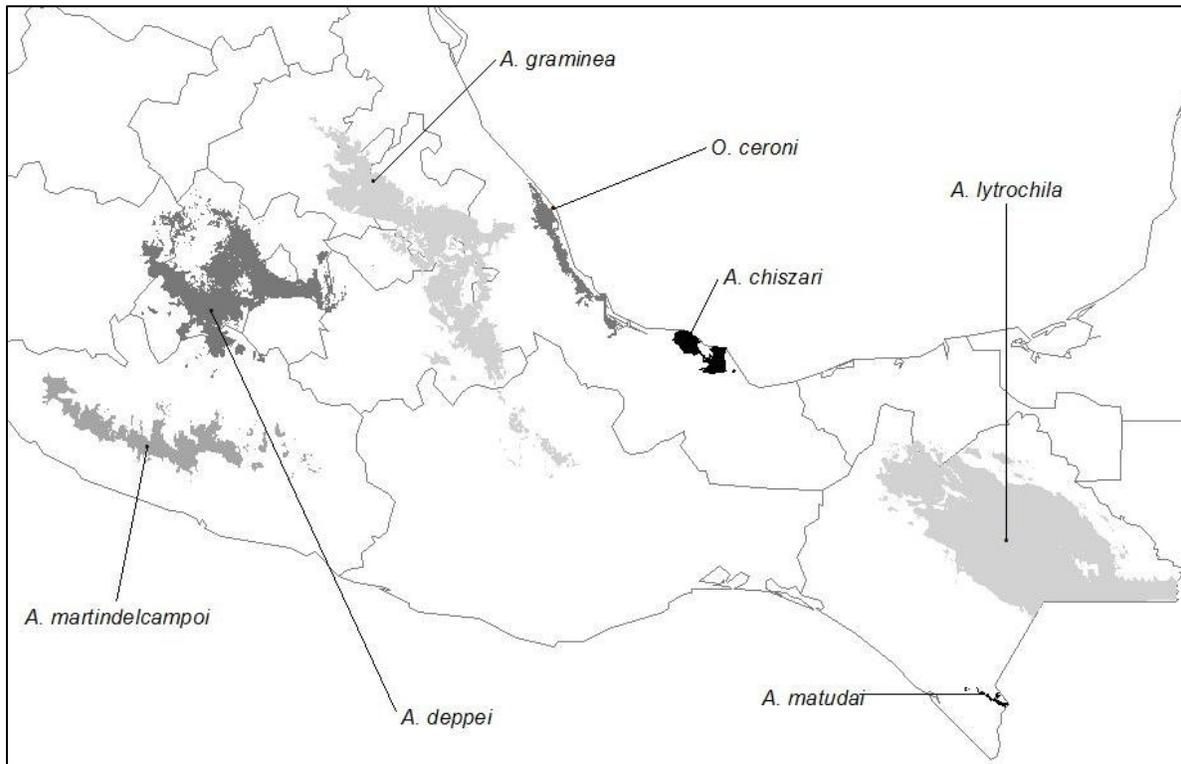


Figura 4. MDE's de las especies *Abronia deypei*, *A. graminea*, *A. chiszari*, *A. lytrochila*, *A. martindelcampoi*, *A. matudai* y *Ophisaurus ceroni*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Celestus legnotus*: los registros puntuales se han obtenido del norte y centro de Puebla y del este de Tlaxcala; la predicción indica su distribución al sureste de Hidalgo, al este de Tlaxcala y al centro-norte de Puebla, en bosques de pino, bosques mesófilos, pastizales y algunas zonas agrícolas de las regiones señaladas (Figura 5).

-*Celestus enneagramus*: esta especie se ha registrado en el centro de Veracruz, al sureste de Puebla y al norte de Oaxaca; la predicción sugiere su distribución en la cadena montañosa que se extiende desde el centro de Veracruz, el sureste de Puebla y hacia el norte y noreste de Oaxaca, en la región norte del sistema montañoso de la Sierra Madre del Sur (Figura 5).

-*Celestus ingridae*: los registros puntuales se han obtenido de los municipios de Catemaco y Soteapan, en Veracruz; la predicción se delimita al centro de Veracruz, en las selvas altas, bosques mesófilos y algunos pastizales de los municipios de San Andrés Tuxtla, Catemaco, Soteapan, Tatahuicapan y Mecayapan (Figura 5).

-*Abronia mixteca*: los registros puntuales se conocen del municipio de Malinaltepec, Guerrero, y de los municipios de San Juan Mixtepec, Asunción Nochixtlán, San Andrés Nuxiño, Santiago Tenango, San Pedro Nopala y San Vicente Lachixio, en Oaxaca; en tanto la predicción sugiere una distribución en selva baja, bosque mesófilo, bosque de pino, pastizales y algunas zonas agrícolas de la región centro de la Sierra Madre del Sur, al este de Guerrero y oeste de Oaxaca, así como al norte, en las regiones de la Mixteca y la Cañada, y al sur, en la Sierra del Sur (Figura 5).

-*Abronia smithi*: los registros puntuales se obtuvieron de los municipios de Mapastepec, Ángel Corzo, Siltepec, El Porvenir y La Independencia, al sureste de Chiapas; mientras que el modelo sugiere una distribución en las regiones altas del sur del Soconusco y del sur de Los Altos de Chiapas (Figura 5).

-*Abronia ochoteranae*: los registros puntuales se han recolectado en los municipios de San Cristóbal de las Casas y en Comitán de Domínguez, Chiapas; la predicción de esta especie se encuentra en la región del centro del estado de Chiapas, particularmente en algunas elevaciones de Los Altos de Chiapas (Figura 5).

-*Barisia herrerae*: los registros se han obtenido en San Mateo Atenco y Ocuilán en el Estado de México, y en Huitzilac, Tepoztlán y Tetela del Volcán, municipios del norte de Morelos; mientras que la predicción sugiere una distribución en los bosques y algunas zonas de cultivo del centro-este del Estado de México, sur del D.F., norte de Morelos, la zona que comprende los límites del Estado de México y Puebla, y al oeste de Tlaxcala (Figura 5).

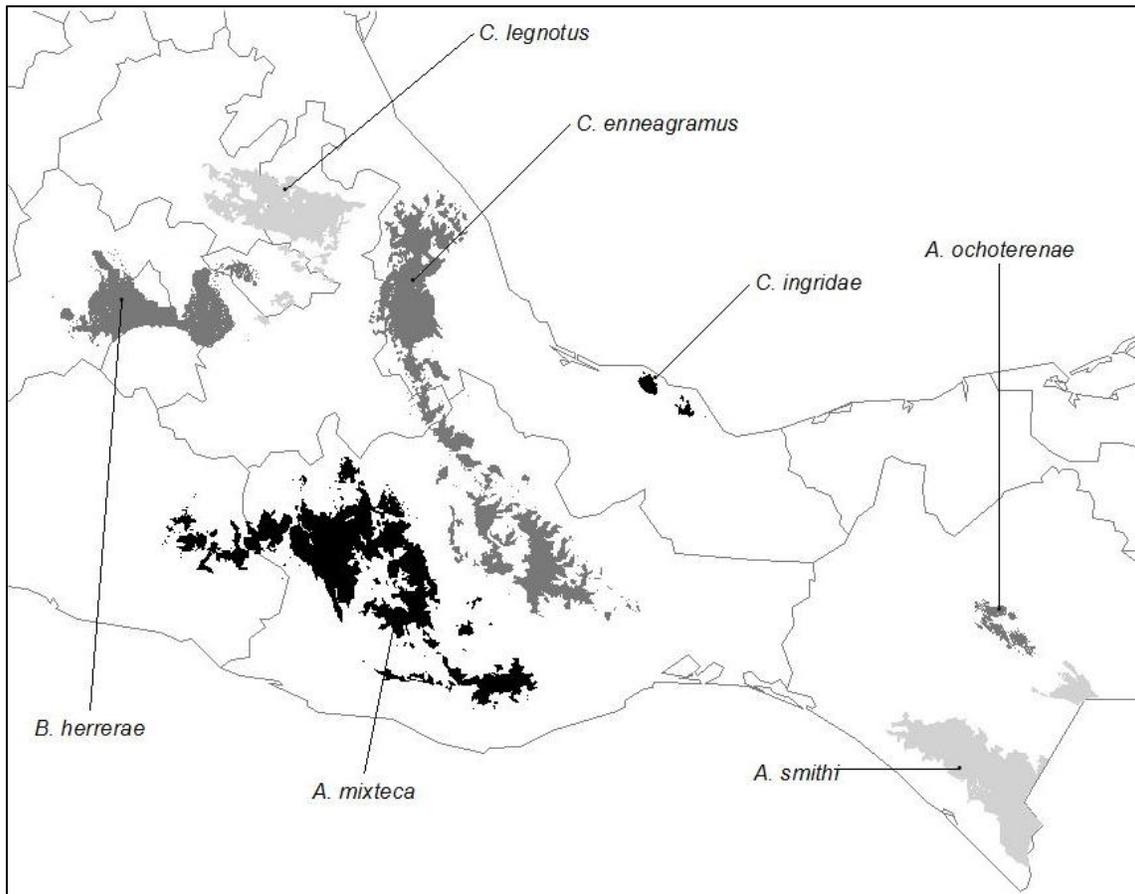


Figura 5. MDE's de las especies *Celestus legnotus*, *C. enneagramus*, *C. ingrdae*, *Abronia mixteca*, *A. smithi*, *A. ochoterena* y *Barisia herrerae*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Abronia taeniata*: los registros puntuales se encuentran al sur de Tamaulipas, al noreste de Querétaro, al este de Hidalgo, al norte Puebla y en la región centro de Veracruz; por otro lado, la predicción sugiere que la distribución de esta especie ocurre en las elevaciones del centro y sur de Nuevo León, en selva caducifolia y los distintos bosques del sur de Tamaulipas, en la región tropical del sureste de San Luis Potosí, en los bosques y algunas zonas de agricultura del noreste de Guanajuato, en los bosques del noreste de Querétaro, en los bosques mesófilos, de pino, de encino norte y algunas zonas de cultivo del noreste de Hidalgo, en la zona montañosa del centro de Veracruz, en los bosques y algunas zonas agrícolas de la Sierra Norte de Puebla, del estado de Tlaxcala y de la región oeste del Estado de México (Figura 6).

-*Barisia rudicollis*: los registros puntuales se han obtenido de los municipios de Zitácuaro en Michoacán, y de Donato Guerra, Villa de Allende, Valle de Bravo y Almoloya, en el Estado de México, región que comprende los límites entre ambos estados; mientras que el modelo sugiere que la especie ocurre en los bosques de pino y algunas zonas agrícolas del Municipio de Zitácuaro, Michoacán, así como de la región centro del Estado de México y de las delegaciones Cuajimalpa y Álvaro Obregón, en el D. F. (Figura 6).

-*Mesaspis gadovi*: los registros puntuales se distribuyen en la región centro de los estados de Guerrero y Oaxaca, a lo largo de la Sierra Madre del Sur y algunas zonas de la Depresión del Balsas y de la Costa del Pacífico; la predicción para la especie sugiere una distribución muy similar, en bosques de pino, encino, mesófilos, selva baja y algunas zonas agrícolas de las regiones mencionadas (Figura 6).

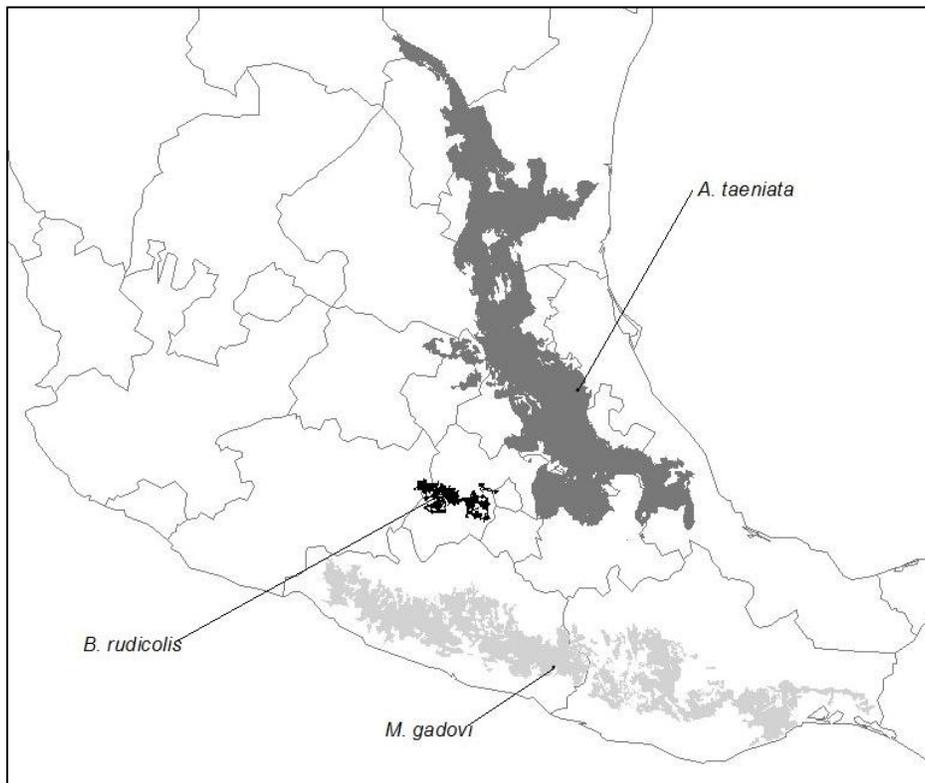


Figura 6. MDE's para las especies *Abronia taeniata*, *Barisia rudicollis* y *Mesaspis gadovi*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Gerrhonotus lugoi*: los registros puntuales se confinan principalmente en el centro del estado de Coahuila, en los municipios de Ocampo y Cuatro Ciénegas; mientras que la predicción sugiere su distribución en los matorrales desérticos, pastizales y algunas zonas agrícolas del centro del estado de Coahuila (Figura 7).

-*Abronia fuscolabialis*: los registros puntuales se conocen de seis municipios del centro y oeste del estado de Oaxaca, mientras que la predicción sugiere su distribución en los bosques mesófilos, de pino y de encino a lo largo de ese estado (Figura 7).

-*Anguis incompus*: los registros puntuales se encuentran en los municipios de Victoria y Aldama, al sur de Tamaulipas, y en el municipio de Ciudad Valles, al este de San Luis Potosí; la predicción sugiere que la distribución de esta especie sucede en los pastizales, bosques de encino y algunas zonas agrícolas al sur de Tamaulipas, sureste de San Luis Potosí y norte de Veracruz (Figura 7).

-*Barisia ciliaris*: los registros puntuales para esta especie ocurren en los estados de Durango, Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; el modelo sugiere que la especie ocurre desde el sur de Chihuahua, centro y oeste de Durango, este Nayarit, norte de Jalisco, a lo largo de la Sierra Madre Occidental, una amplia proporción de los estados de Aguascalientes, Zacatecas, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, en el Altiplano Sur, así como al sur de Coahuila, sur de Nuevo León y sur de Tamaulipas, a lo largo de la Sierra Madre Oriental (Figura 7).

-*Mesaspis antauges*: los registros puntuales son del municipio de Acultzingo, en Veracruz; mientras que la predicción sugiere su distribución en pastizales, matorrales, bosques de pino y algunas zonas agrícolas de la región centro de Puebla y hasta Veracruz en los límites con dicho estado (Figura 7).

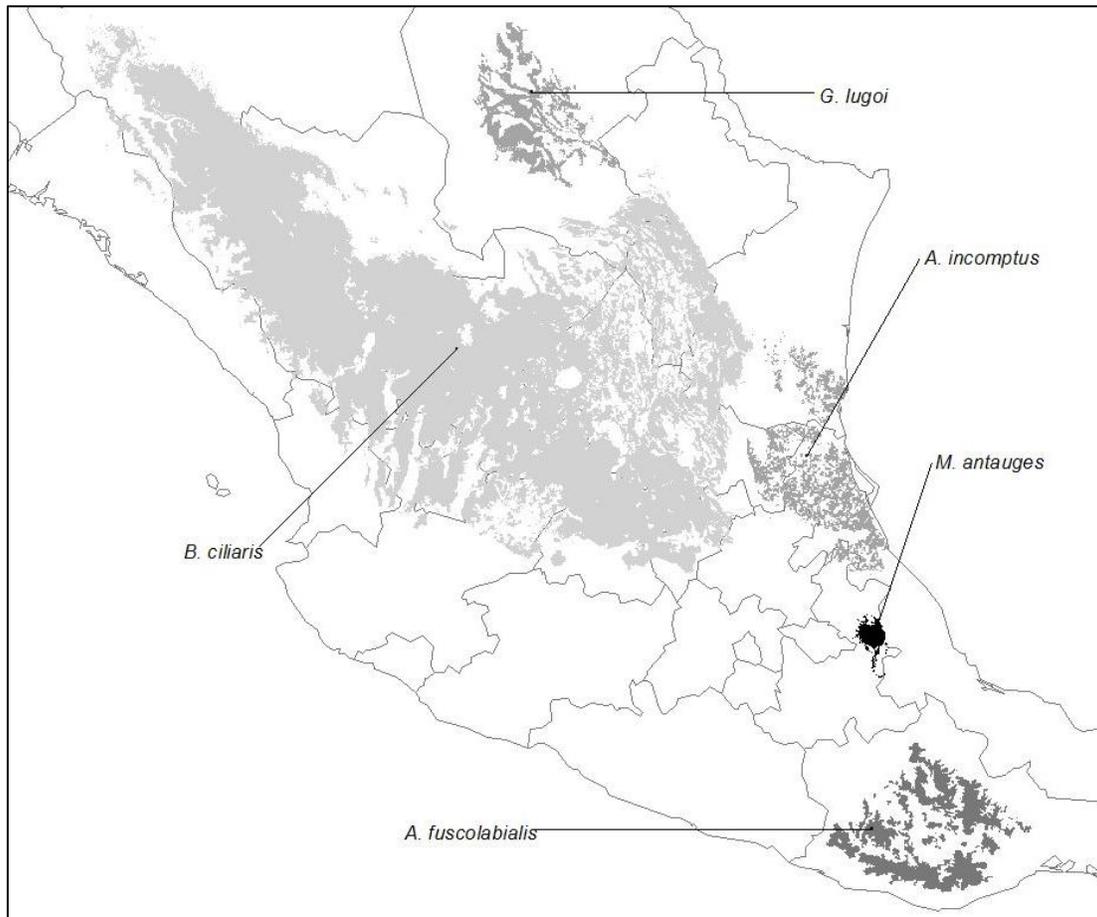


Figura 7. MDE's de las especies *Gerrhonotus lugoi*, *Anguis incomptus*, *Abronia fuscolabialis*, *Barisia ciliaris* y *Mesaspis antauges*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Anniella pulchra*: tanto los registros puntuales como la predicción de esta especie se sitúan en los bosques, matorrales, chaparrales y algunas zonas agrícolas del norte de la costa oeste de Baja California Norte (Figura 8).

-*Elgaria cedroensis*: los registros puntuales y la predicción se sitúan en la Isla Cedros y en la porción sur de la costa oeste de Baja California Norte (Figura 8).

-*Barisia levicollis*: los registros puntuales que se tienen para la especie, al igual que la predicción, se sitúan en el centro y el oeste de Chihuahua, en los bosques que se localizan sobre la Sierra Madre Occidental, al igual que algunos bosques y pastizales de elevaciones moderadas al norte de Durango (Figura 8).

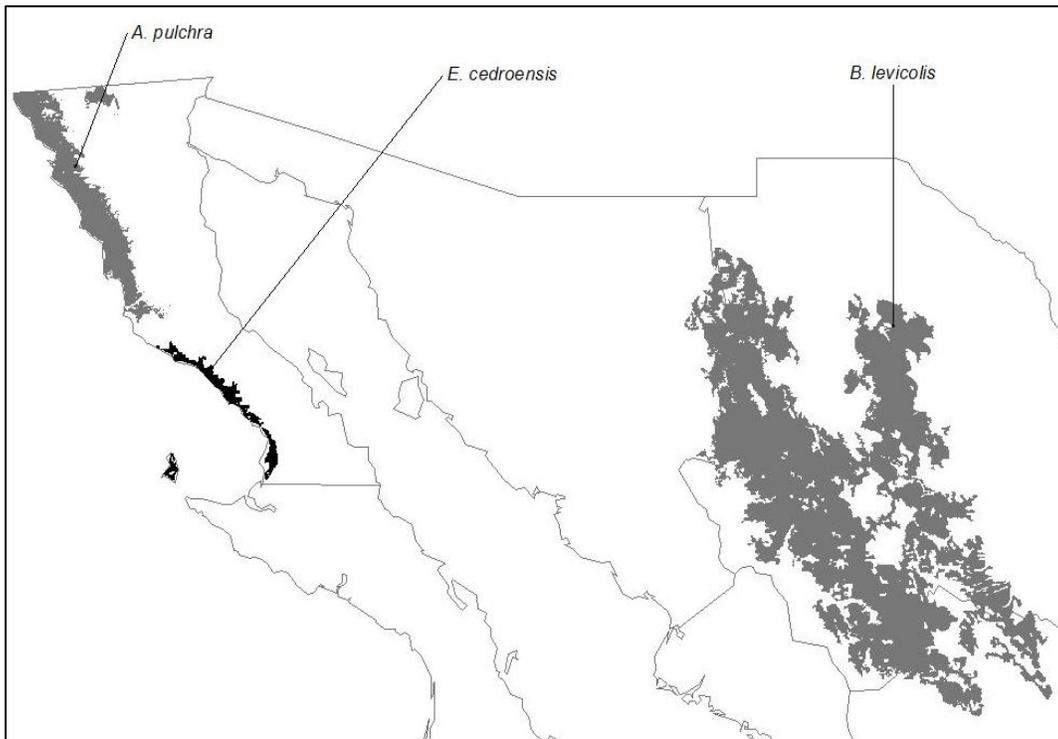


Figura 8. MDE's de las especies *Anniella pulchra*, *Elgaria cedroensis* y *Barisia levicolis*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Elgaria ignava*: los registros de esta especie se restringen a la Isla San Martín, en la costa oeste de Baja California Norte, de igual forma su predicción se limitó a dicha zona (Figura 9).

-*Elgaria nana*: la predicción al igual que los registros de esta especie se restringen a las Islas Coronado, en la costa este de Baja California Norte (Figura 9).

-*Elgaria velazquezii*: los registros puntuales se distribuyen en gran parte de Baja California Sur, en los municipios de Mulegé, Loreto, Comondú y La Paz; la predicción sugiere su distribución desde el sur del municipio de Ensenada, Baja California Norte, hasta el municipio de La Paz, en Baja California Sur, en el matorral sarcocaulé de las elevaciones moderadas que existen en la región (Figura 9).

-*Elgaria paucicarinata*: tanto los registros puntuales como la predicción para esta especie ocurren en el sur de Baja California Sur, en los matorrales, los bosques de pino y encino, y en la selva baja que ocurren al sur del municipio de La Paz y en el municipio de Los Cabos (Figura 9).

-*Elgaria kingi*: los registros puntuales se distribuyen a lo largo de la Sierra Madre Occidental, en los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nayarit, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco; de manera similar, la predicción sugiere su distribución en los pastizales, matorrales y bosques del norte de Sonora y Chihuahua, en los bosques de pino y encino además de la selva baja de las elevaciones moderadas y altas de la Sierra Madre Occidental en los estados de Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nayarit, Zacatecas y Jalisco, y en los bosques mesófilos, de pino, de encino, selva mediana, selva baja y pastizales del sur de Nayarit y oeste, centro y sur de Jalisco, y noroeste de Morelia (Figura 9).

-*Anniella geronimensis*: los registros puntuales ocurren en la costa oeste de Ensenada, Baja California Norte y del municipio de Comondu en Baja California Sur, de manera similar, la predicción sugiere su distribución en los matorrales y pastizales de la costa oeste de la península de Baja California, en los municipios de Tijuana, Rosarito y Ensenada, Baja California Norte, y Mulege, Comondu y la Paz, en Baja California Sur (Figura 9).

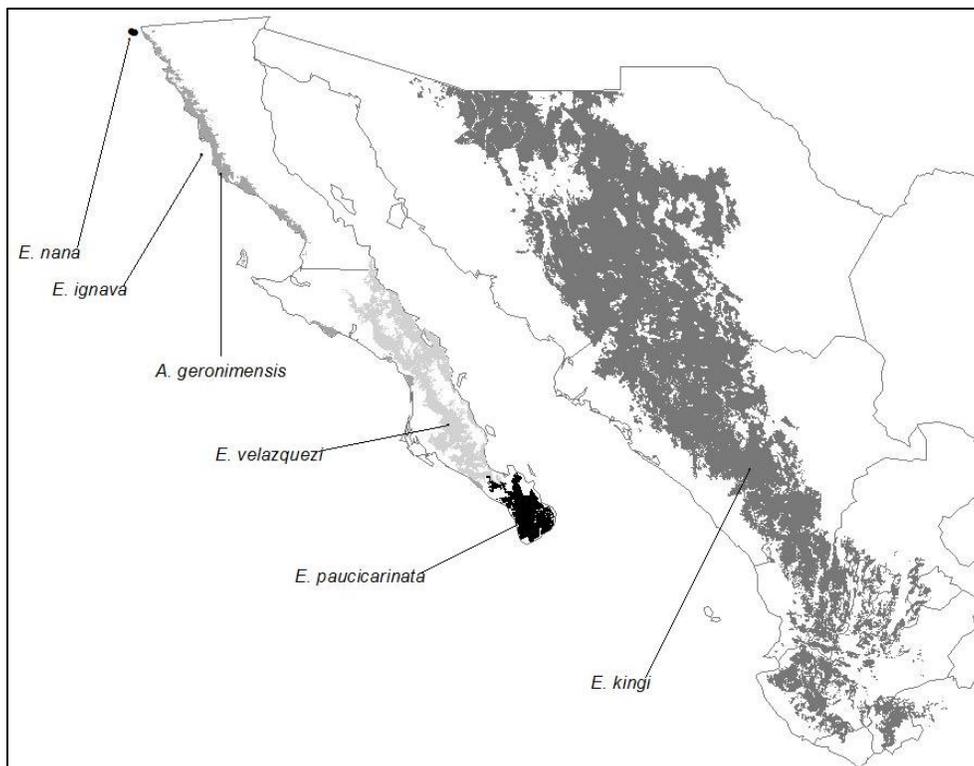


Figura 9. MDE's de las especies *Elgaria nana*, *E. ignava*, *E. velazquezi*, *E. paucicarinata*, *E. kingi* y *Anniella geronimensis*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Gerrhonotus infernalis*: tanto los registros puntuales como la predicción suceden de manera similar, donde la especie se presenta de manera continua por los bosques de encino, de pino, mesófilos y selva mediana que ocurren desde el este de Chihuahua, en una gran proporción del estado de Coahuila, en la región centro y sur de Nuevo León, norte y sur Tamaulipas y la región centro-este de San Luis Potosí, y de manera aislada en bosque de encino y de pino de elevaciones moderadas de la Sierra Madre Occidental, en una zona que es límite entre el norte de Durango y sur de Chihuahua, y finalmente otra en los matorrales, pastizales y chaparrales al este de Durango (Figura 10).

-*Barisia imbricata*: los registros puntuales se han obtenido de los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Estado de México, Morelos, D. F., Querétaro, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Veracruz y Oaxaca, a lo largo del Eje Neovolcánico, sur del Altiplano Sur Zacatecano, la Sierra Madre Oriental y la provincia de Oaxaca; la predicción sugiere que la especie se distribuye en los bosques de pino, de encino, mesófilos, de oyamel, pastizales y algunas zonas agrícolas de la región oeste, centro y sur de Jalisco, norte de Michoacán, sur y norte de Guanajuato, sur, centro y norte de Querétaro, en casi todo el Estado de México a excepción del suroeste, en las serranías que rodean el valle de México, al norte de Morelos, al sur y en el sistema montañoso al norte de Hidalgo, en la región centro de Tlaxcala, en la región centro y norte, así como una porción en el sur de Puebla, la zona montañosa del centro de Veracruz y al norte de Oaxaca, en la región de la Cañada (Figura 10).

-*Barisia jonesi*: los registros puntuales se restringen al suroeste de Michoacán, al norte de los municipios de Coalcomán de Vázquez Pallares y Aguililla, en tanto que la predicción sugiere su distribución en los bosques de de pino de estos dos municipios, en la zona este de Coalcoman de Vázquez Pallares y al noroeste de Aguililla (Figura 10).

-*Barisia planifrons*: los registros puntuales se encuentran distribuidos en la región centro del estado de Oaxaca, en los municipios de Atlatlahuca, San Miguel del Río, Ixtepeji, Huayapam, San

Pablo Etna, Oaxaca de Juárez, San Miguel Peras y San Antonio el Alto; la predicción sugiere su distribución en los bosques de pino y encino, así como en algunos pastizales de las altas elevaciones que existen en la región centro del estado de Oaxaca (Figura 10).

-*Gerrhonotus parvus*: los registros puntuales ocurren en los municipios de Santiago, Rayones y Galeana, en Nuevo León, en tanto que la predicción sugiere su distribución en chaparrales, matorrales, pastizales y algunos bosques de pino que suceden al este de Coahuila, en el municipio de Arteaga, así como los que ocurren al oeste de Nuevo León, en los municipios de Santiago, Montemorelos, Rayones, Galeana e Iturbide (Figura 11).

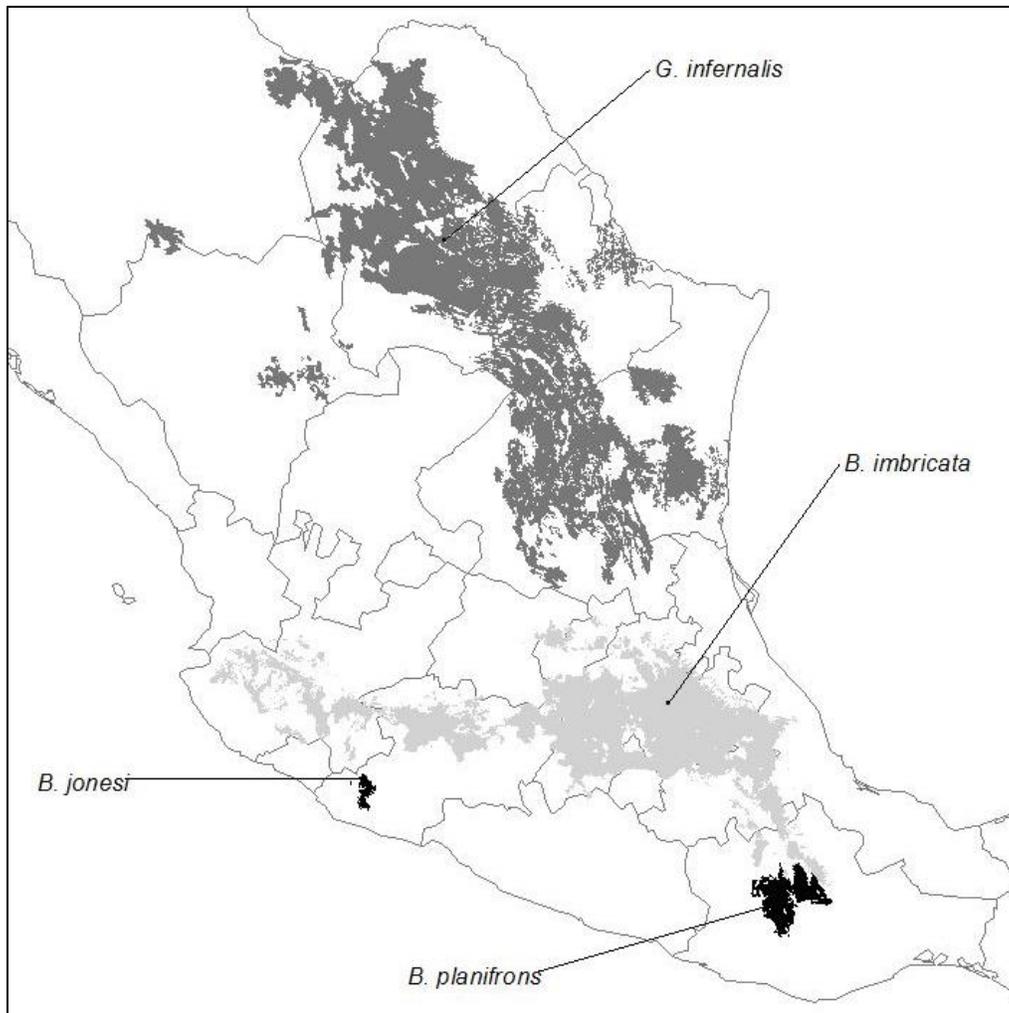


Figura 10. MDE's de las especies *Gerrhonotus infernalis*, *Barisia imbricata*, *B. jonesi* y *B. planifrons*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Gerrhonotus ophiurus*: los registros puntuales se han obtenido de los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz; de acuerdo con la predicción, se sugiere que esta especie se distribuye en los bosques de encino y la selva baja que se encuentran al sur de Tamaulipas, bosques de encino, selva baja y algunas zonas agrícolas del sureste de San Luis Potosí, bosques de encino y matorrales del noreste de Guanajuato, bosques de pino, de encino, matorrales y pastizales del suroeste, región centro y norte de Hidalgo, pastizales y selva alta al norte de Veracruz al igual que en el sistema montañoso al centro de éste estado, y finalmente en los bosques de pino y encino en el norte y al centro de Puebla (Figura 11).

-*Mesaspis juarezi*: los registros puntuales se obtuvieron de los municipios de San Pedro Yolox, Santiago Comaltepec, Ixtla de Juárez, San Pablo Cuatro Venados, Villa de Zaachila y Santa Cruz Xoxocotlan, al centro-norte de Oaxaca, en tanto que la predicción sugiere su distribución en los bosques mesófilos, de pino y de encino que ocurren al oeste del estado de Guerrero, así como en la región centro, al noroeste y sur del estado de Oaxaca (Figura 11).

-*Celestus rozellae*: los registros puntuales que se han obtenido de México (la especie ocurre hacia Centroamérica), son del oeste de Oaxaca y del norte de Chiapas, sin embargo la predicción sugiere su distribución en la selva alta perenifolia que ocurre al sureste de Veracruz, al sur y centro de Tabasco, el noroeste de Oaxaca, suroeste de Campeche, norte y oeste de Chiapas, sobre la provincia Golfo de México, y en algunos pastizales al sur de Chiapas, sobre la provincia Costa del Pacífico (Figura 11).

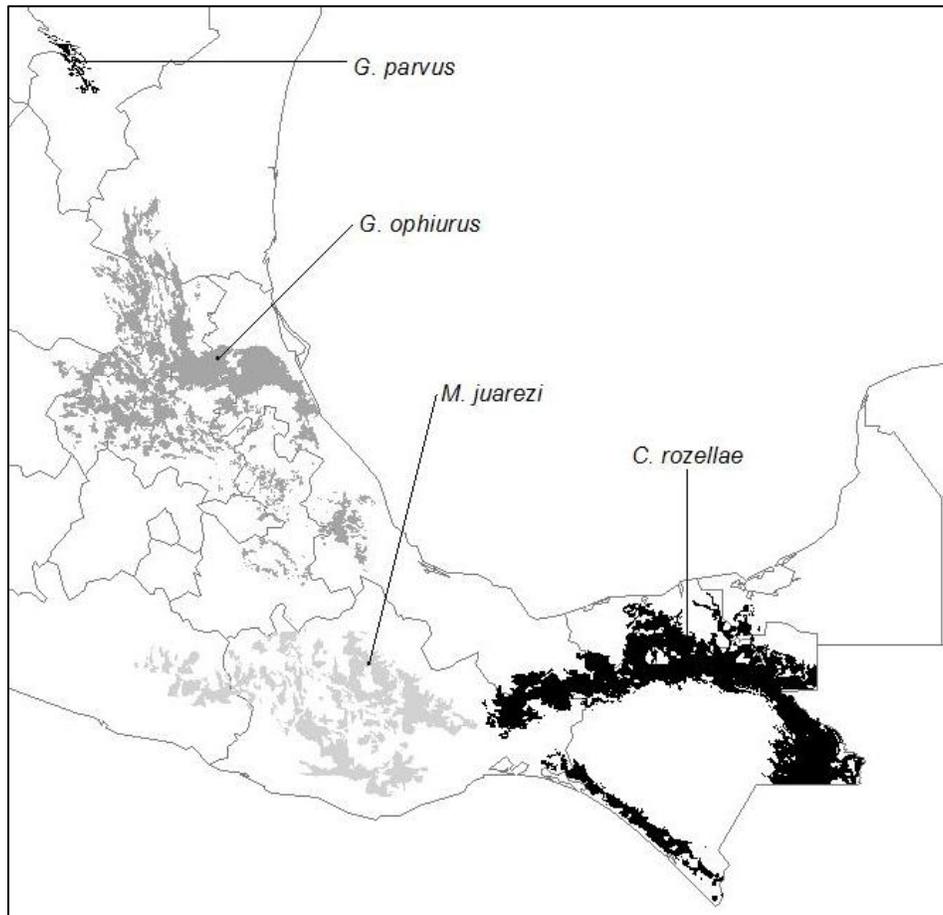


Figura 11. MDE's de las especies *Gerrhonotus parvus*, *G. ophiurus*, *Mesaspis juarezi* y *Celestus rozellae*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Elgaria multica rinata*: los registros puntuales de la especie se distribuyen en el centro y en el norte de Baja California Norte, en los municipios de Mexicali, Tijuana, Rosarito y Ensenada, el modelo sugiere una distribución en los chaparrales, matorrales y algunos bosques de esos mismos municipios, tanto en la costa como en las serranías que en la zona existen (Figura 12).

-*Gerrhonotus liocephalus*: Se ha registrado esta especie en Durango, Sinaloa, Jalisco, Colima, Estado de México, Morelos, Guerrero, Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas; en tanto que la predicción sugiere su distribución a lo largo de la costa del pacífico, en bosques mesófilos, de encino, de pino, selva baja y algunas zonas agrícolas del este y sureste de Durango, del sureste de Sinaloa, del norte, centro y sur de Nayarit, del oeste de Jalisco, Colima y Michoacán, en gran parte de Guerrero, de Oaxaca y de Chiapas, además se predice su presencia por la Costa del

Golfo en Catemaco, el sureste y en la zona montañosa del centro de Veracruz, así mismo se sugiere también que ocurre en el sur del Estado de México, norte de Morelos y en el sur de Puebla (Figura 12).

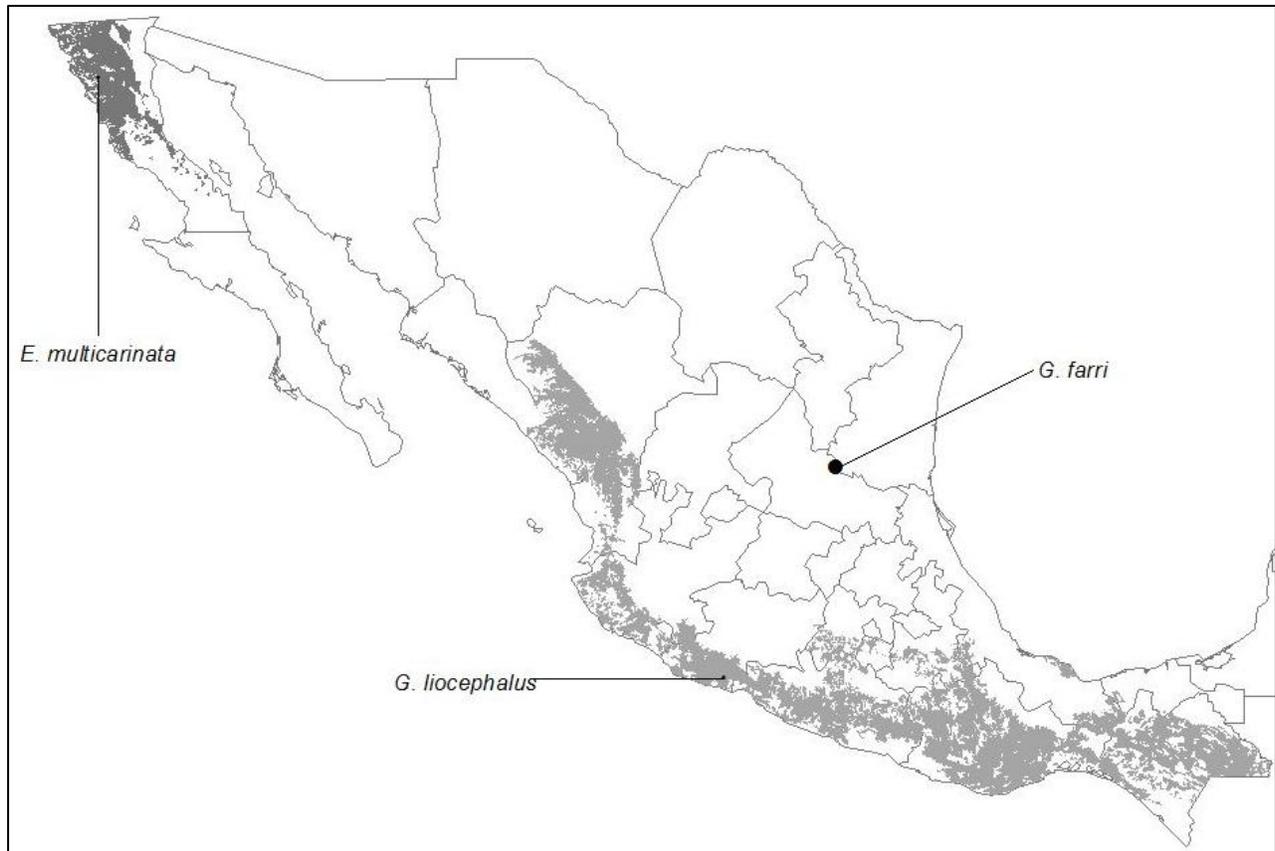


Figura 12. MDE's de las especies *Elgaria multicastrinata* y *Gerrhonotus liocephalus*. Además se muestra la localización del único registro que se tiene para la especie *Gerrhonotus farri*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Mesaspis viridiflava*: los registros de esta especie se han obtenido del estado de Oaxaca, al norte en las provincias de Oaxaca y Golfo de México, en la región centro en la provincia Sierra Madre del Sur, y en el suroeste en la provincia Costa del Pacífico; la predicción sugiere la distribución de la especie en la zona montañosa del centro de Veracruz, sureste de Puebla por la región de Tehuacán – Cuicatlán, en los bosques de pino al este de Guerrero, además de los bosques mesófilos, de pino, selva alta perenifolia, pastizales y algunas zonas agrícolas del norte, centro, sur y oeste del estado de Oaxaca (Figura 13).

-*Mesaspis moreleti*: los registros puntuales para esta especie se localizan en Chiapas, en la región centro-norte, en los municipios de Tapalapa, Pantepec, Rayón, Tapilula, Solistahuacan, Tenejapa, Chamula, Zinacantan, San Cristobal de las Casas, Teopisca y Comitán, y al sur del estado en los municipios de Montecristo, Siltepec, Escuintla, Villa Comaltitlán, Cacahoatan y Tapachula; la predicción sugiere una distribución en los bosques mesófilos, de pino y de encino de Los Altos de Chiapas, al norte del estado, y en los bosques mesófilos, de pino y algunas zonas agrícolas del sur del estado (Figura 13).

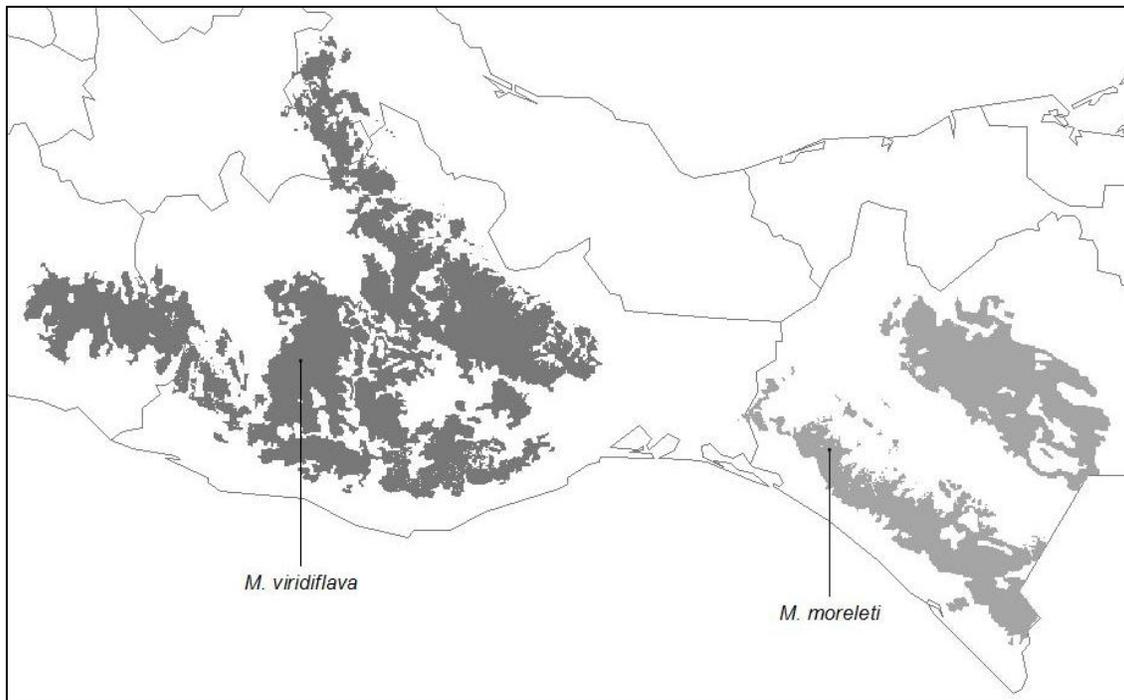


Figura 13. MDE's para las especies *Mesaspis viridiflava* y *M. moreleti*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

-*Abronia oaxacae*: los registros puntuales de esta especie se ubican en la región centro del estado de Oaxaca, en los municipios de San Juan Bautista Cuicatlán, San Juan Bautista Atlatlahuca, Santos Reyes Pápalo, San Juan Tepeuxila, San Pablo Macuilianguis, Ixtlán de Juárez, Santiago Xiacui, Santa Catarina Ixtepeji, San Andrés Huyapam, Oaxaca de Juárez, San Miguel Peras, San Vicente Lachixio, Tlaxiaco, San Miguel Suchixtepec y San Sebastián Tutla, la predicción sugiere

su distribución en los bosques mesófilos, de pino, de encino y algunas zonas agrícolas de las regiones de la Mixteca y de la Cañada, hacia Sierra Norte, los Valles centrales y Sierra Sur del estado de Oaxaca, así como al sureste del estado de Puebla, en la Sierra Negra (Figura 14).

-*Abronia ornelasi*: los registros puntuales de esta especie se obtuvieron del municipio de San Miguel Chimalapa, al sureste de Oaxaca; la predicción para esta especie sugiere que su distribución potencial ocurre en los bosques de encino y de pino que van desde la porción este del municipio de San Miguel Chimalapa en Oaxaca, hacia la porción oeste del municipio de Cintalapa en Chiapas (Figura 14).

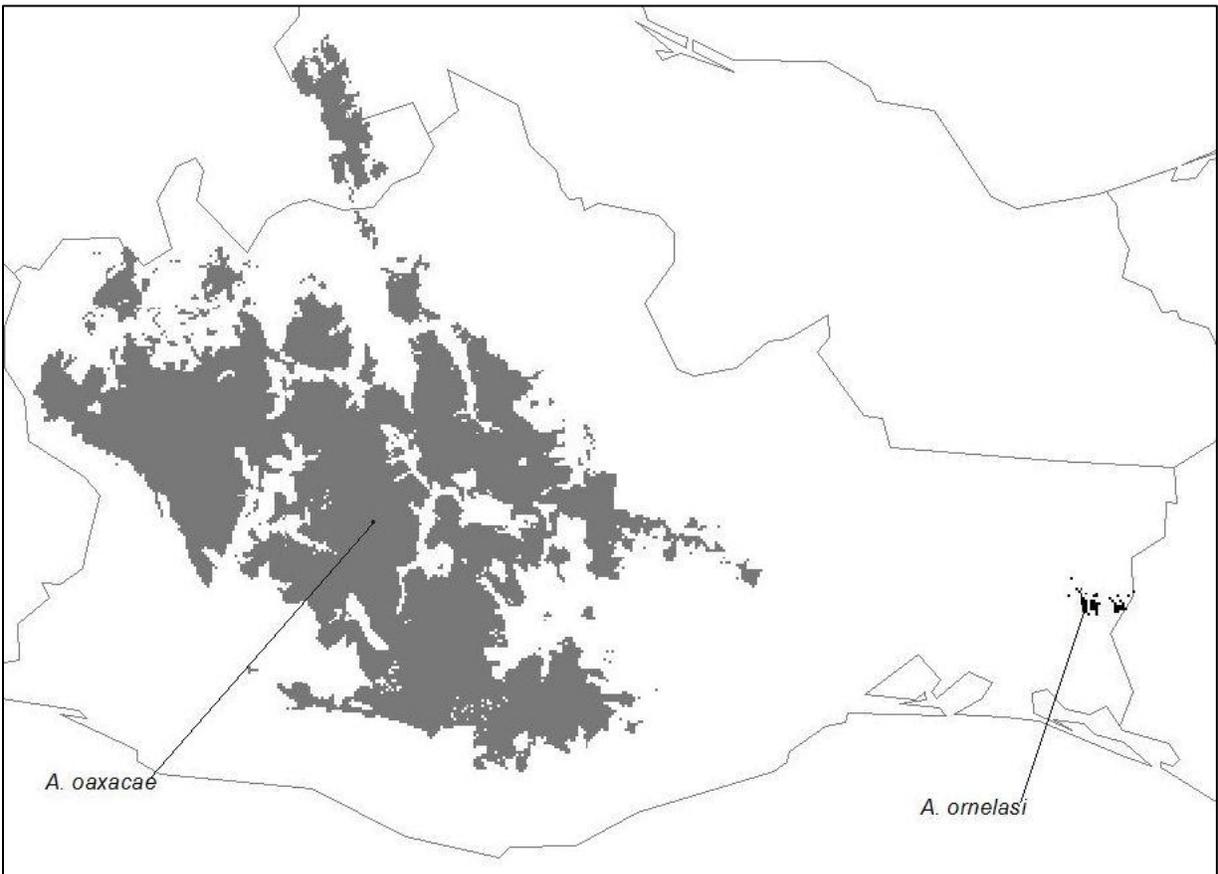


Figura 14. MDE para la especie *Abronia oxacaë* y *A. ornelasi*. La gradación del color indica el área del MDE para cada especie.

Los registros únicos de las especies que no contaron con MDE's se distribuyen de la siguiente manera:

-*Gerrhonotus farri*: suroeste de Tamaulipas, en el municipio de Tula (Figura 12).

-*Abronia reidi*: en la Sierra de los Tuxtlas, al sur de Veracruz (Figura 15).

-*Abronia mitchelli*: en Cerro Pelón, al norte de Sierra Juárez, Oaxaca (Figura 15).

-*Abronia bogerti*: al norte de Niltepec, al este de Oaxaca (Figura 15).

-*Abronia ramirezi*: en el municipio de Jiquipilas, al oeste Chiapas (Figura 15).

-*Abronia leurolepis*: en el municipio de Comitán, en el centro de Chiapas (Figura 15).

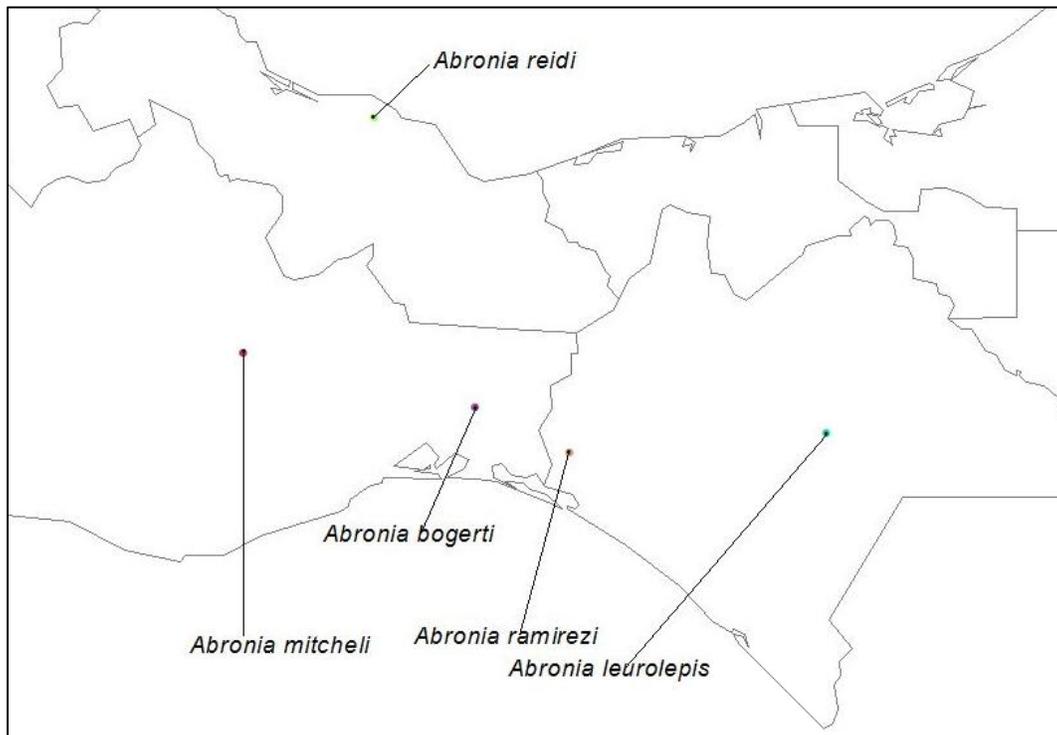


Figura 15. Localización de los registros puntuales únicos para las especies *Abronia reidi*, *A. mitchelli*, *A. bogerti*, *A. ramirezi* y *A. leurolepis*.

Los modelos obtenidos directamente del algoritmo de MAXENT de aquellas especies en las que los registros ocurren en diferentes provincias y/o distintos tipos de vegetación, reflejaron una sobre-predicción relativamente grande. Sin embargo, con el refinamiento realizado con los

tipos de vegetación y provincias biogeográficas que habitan las especies, los MDE's reflejan una distribución confiable y congruente con lo que se ha sugerido para estas lagartijas.

La mayor coincidencia entre las predicciones refinadas de la distribución espacial y los mapas sugeridos para cada especie, se encontró en aquellas especies que cuentan con mayor número de registros.

Una vez obtenidos y refinados los mapas de distribución de cada especie, se calculó el área de acuerdo con el MDE generado. Se encontró que el modelo con la menor área corresponde a las especies *Elgaria ignava* y *Elgaria nana*, cada una con un área aproximada de 1 Km², mientras que el modelo con la mayor área de predicción corresponde a la especie *Elgaria kingi* con un área de 228,496 Km² (Cuadro 6). Con base en el criterio señalado en la metodología para clasificar las áreas de los MDE's, se encontró que las especies de amplia distribución son *Elgaria multicarinata*, *Gerrhonotus ophiurus*, *Mesaspis viridiflava*, *M. gadovi*, *Celestus rozellae*, *Abronia taeniata*, *Barisia imbricata*, *B. levicolis*, *Gerrhonotus infernalis*, *G. liocephalus*, *Barisia ciliaris* y *Elgaria kingi*, mientras que se consideraron como de distribución restringida a *Elgaria ignava*, *E. nana*, *Abronia ornelasi*, *A. matudai*, *A. ochotereane*, *Celestus ingridae* y *Barisia jonesi*. Las 26 especies restantes no se consideraron en ninguna categoría.

Además se encontró que aquellas especies con una distribución geográfica amplia, habitan en una mayor diversidad de tipos de vegetación y de provincias biogeográficas.

Se observó que de las 51 especies de ánguidos que ocurren en México, el 75% son endémicas a México, con excepción de *Abronia lytrochila*, *A. matudai*, *A. smithi*, *Celestus rozellae*, *Mesaspis moreleti*, *M. gadovi* y *Gerrhonotus liocephalus*, que se distribuyen por el sur hacia Guatemala y Belice; y *Anniella geronimensis*, *A. pulchra*, *Elgaria multicarinata*, *E. kingi* y *Gerrhonotus infernalis* que se distribuyen por el norte, hacia Estados Unidos.

Cuadro 6. Área de distribución obtenida de acuerdo al MDE y los respectivos refinamientos para cada especie de ánguido. ? = no cuentan con un MDE.

Especie	Área en Km²	Especie	Área en Km²
<i>Abronia bogerti</i>	?	<i>B. planifrons</i>	5375
<i>A. chiszari</i>	929	<i>B. rudicollis</i>	2428
<i>A. deppei</i>	9048	<i>Celestus enneagramus</i>	14236
<i>A. fuscolabialis</i>	15986	<i>C. ingridae</i>	259
<i>A. gramminea</i>	12670	<i>C. legnotus</i>	4357
<i>A. leurolepis</i>	?	<i>C. rozellae</i>	33242
<i>A. lytrochila</i>	21458	<i>Elgaria cedroensis</i>	2200
<i>A. martindelcampoii</i>	4872	<i>E. ignava</i>	1
<i>A. matudai</i>	118	<i>E. kingi</i>	228496
<i>A. mitchelli</i>	?	<i>E. multicarinata</i>	28777
<i>A. mixteca</i>	9906	<i>E. nana</i>	1
<i>A. oaxacae</i>	19963	<i>E. paucicarinata</i>	6272
<i>A. ochoterena</i>	269	<i>E. velazquezi</i>	21211
<i>A. ornelasi</i>	58	<i>Mesaspis antauges</i>	1411
<i>A. ramirezi</i>	?	<i>M. gadovi</i>	34585
<i>A. reidi</i>	?	<i>M. juarezi</i>	19586
<i>A. smithi</i>	5952	<i>M. moreleti</i>	15783
<i>A. taeniata</i>	61457	<i>M. viridiflava</i>	31612
<i>Anguis incomptus</i>	13076	<i>Gerrhonotus farri</i>	?
<i>Anniella geronimensis</i>	7915	<i>G. infernalis</i>	127021
<i>Anniella pulchra</i>	9364	<i>G. liocephalus</i>	182787
<i>Barisia ciliaris</i>	219313	<i>G. lugoi</i>	11180
<i>B. herrerae</i>	4420	<i>G. ophiurus</i>	30647
<i>B. imbricata</i>	66879	<i>G. parvus</i>	1082
<i>B. jonesi</i>	776	<i>Ophisaurus ceroni</i>	1478
<i>B. levicollis</i>	77014		

7.2 Diversidad Taxonómica.

Se utilizaron los 45 mapas de las especies de ánguidos que se construyeron con el algoritmo de MAXENT y los registros puntuales de aquellas especies que no contaron con un MDE. Estos se sobrepusieron en una gradilla de 1° X 1° de longitud-latitud; con ello se recopiló información de presencia-ausencia de las especies por cada una de las cuadrículas, para realizar un análisis de diversidad taxonómica.

De todas las cuadrículas consideradas para calcular el índice de diferenciación taxonómica promedio, sólo se tomaron en cuenta aquellas que tuvieron una riqueza específica igual o mayor a 5, ya que estas son las que pueden proveer información relevante para este análisis. Así, se encontró que los valores del índice de diferenciación taxonómica promedio ($\Delta+$) tuvieron una variación por cuadrículas entre 44 (Q26-centro de Chiapas con 6 especies; y, M18-sur de Querétaro y sur de Guanajuato con 5 especies) y 72 (O23-sureste de Veracruz), mientras que los valores del índice de variación de la diferenciación taxonómica ($\Lambda+$), tuvo un intervalo entre 176 (O23-sureste de Veracruz con 5 especies) y 864 (A1-Islas Colorado, Costa Norte de Baja California con 5 especies), además, se encontró que la cuadrícula P22 (centro-norte de Oaxaca) es la que tuvo la mayor riqueza con 13 especies de ánguidos (Cuadro 5).

Las cuadrículas con mayor diversidad taxonómica corresponden a las unidades con los valores más altos del índice de diferenciación taxonómica promedio, por encima del valor promedio esperado y con los valores más altos respecto a la riqueza específica. Con base en esto, se observó que las zonas de mayor diversidad taxonómica corresponden a las cuadrículas de la zona del norte de Puebla y Veracruz (cuadrícula M21), la zona centro de Veracruz (cuadrícula N22), la zona norte de Oaxaca que colinda con el sureste de Puebla y región centro de Veracruz (cuadrícula O22), la zona este de Tlaxcala, centro de Puebla y la zona montañosa del centro de Veracruz (cuadrícula N21), la zona de la Sierra Sur de Oaxaca (cuadrícula Q23), y la zona centro

de Hidalgo y parte de Veracruz (cuadrícula M20) (Figura 16). La distribución geográfica de las zonas con la mayor diversidad taxonómica de ánguidos se visualiza en la Figura 17.

Cuadro 5. Valores de los Índices de Diversidad Taxonómica correspondientes a las 26 cuadrículas con una riqueza igual o mayor a 5. N= número de especies; $\Delta+$ = Diferenciación Taxonómica; $\Lambda+$ = Variación de la Diferenciación Taxonómica. Las cuadrículas con el símbolo (*) corresponden a aquellas con la mayor diversidad taxonómica.

Cuadrícula	N	$\Delta+$	$\Lambda+$
A1	5	56	864
J19	5	64	304
K19	6	58.67	451.56
L19	6	61.33	344.89
M18	5	44	384
M20*	9	61.11	420.99
M21*	8	71.43	269.39
N19	5	48	336
N20	8	56.43	430.1
N21*	10	61.78	352.4
N22*	7	69.52	328.1
O19	6	49.33	312.89
O21	10	57.78	323.95
O22*	8	66.43	258.67
O23	5	72	176
P20	6	49.33	312.89
P21	9	52.22	250.62
P22	13	54.62	345.36
P23	5	64	544
Q21	8	51.43	269.39
Q22	9	57.78	350.62
Q23*	8	61.43	455.1
Q24	5	66	404
Q26	6	44	384
Q27	6	58.67	451.56
R26	6	58.67	451.56

Las especies presentes en cada una de las cuadrículas con la mayor diversidad se citan a continuación:

Cuadrícula M21 (S= 8; $\Delta+=$ 71.43): *Abronia graminea*, *Abronia taeniata*, *Anguis incomptus*, *Barisia imbricata*, *Celestus enneagrammus*, *Celestus legnotus*, *Gerrhonotus ophiurus* y *Ophisaurus ceroni*; estas ocho especies corresponden a seis géneros, que representan a tres subfamilias de la familia Anguidae: Gerrhonotinae, Diploglossinae y Anguinae.

Cuadrícula N22 (S= 7; $\Delta+=$ 69.52): *Abronia graminea*, *Abronia taeniata*, *Barisia imbricata*, *Celestus enneagrammus*, *Celestus legnotus*, *Gerrhonotus ophiurus* y *Ophisaurus ceroni*; estas siete especies corresponden a cinco géneros, que representan a tres subfamilias de la familia Anguidae: Gerrhonotinae, Diploglossinae y Anguinae.

Cuadrícula O22 (S= 8; $\Delta+=$ 66.43): *Abronia graminea*, *Abronia taeniata*, *Barisia imbricata*, *Celestus enneagrammus*, *Mesaspis viridiflava*, *Mesaspis juarezi*, *Gerrhonotus liocephalus* y *Ophisaurus ceroni*; estas ocho especies corresponden a seis géneros, que representan a tres subfamilias de la familia Anguidae: Gerrhonotinae, Diploglossinae y Anguinae.

Cuadrícula N21 (S= 10; $\Delta+=$ 61.78): *Abronia graminea*, *Abronia taeniata*, *Barisia imbricata*, *Celestus enneagrammus*, *Celestus legnotus*, *Mesaspis viridiflava*, *Mesaspis juarezi*, *Mesaspis antauges*, *Gerrhonotus ophiurus* y *Gerrhonotus liocephalus*; estas 10 especies corresponden a cinco géneros, que representan a dos subfamilias de la familia Anguidae: Gerrhonotinae y Diploglossinae.

Cuadrícula Q23 (S= 8; Δ + = 61.43): *Abronia fuscolabialis*, *Abronia oaxacae*, *Celestus enneagrammus*, *Celestus rozellae*, *Mesaspis viridiflava*, *Mesaspis juarezi*, *Mesaspis gadovi* y *Gerrhonotus liocephalus*; estas ocho especies corresponden a cuatro géneros, que representan a dos subfamilias de la familia Anguidae: Gerrhonotinae y Diploglossinae.

Cuadrícula M20 (S= 9; Δ + = 61.11): *Abronia graminea*, *Abronia taeniata*, *Barisia imbricata*, *Barisia ciliaris*, *Celestus enneagrammus*, *Celestus legnotus*, *Gerrhonotus ophiurus*, *Gerrhonotus liocephalus* y *Gerrhonotus infernalis*; estas nueve especies corresponden a cuatro géneros, que representan a dos subfamilias de la familia Anguidae: Gerrhonotinae y Diploglossinae.

De las 18 especies mencionadas, 14 son endémicas a México (*Abronia graminea*, *A. taeniata*, *A. fuscolabialis*, *A. oaxacae*, *Anguis incomptus*, *Barisia imbricata*, *B. ciliaris*, *Celestus enneagrammus*, *C. legnotus*, *C. rozellae*, *Gerrhonotus ophiurus*, *Ophisauru ceroni*, *Mesaspis viridiflava*, *M. juarezi* y *M. antauges*), mientras que de las mismas 18 especies, nueve se categorizaron como especies de amplia distribución (*Gerrhonotus ophiurus*, *Mesaspis viridiflava*, *M. gadovi*, *Celestus rozellae*, *Abronia taeniata*, *Barisia imbricata*, *Gerrhonotus infernalis*, *G. liocephalus*, *Barisia ciliaris*).

Los ánguidos presentes en las seis cuadrículas de mayor diversidad taxonómica, son representantes de tres de las cuatro subfamilias de la familia Anguidae. La subfamilia Gerrhonotinae cuenta con 44 especies en México y está presente en las seis cuadrículas. La subfamilia Diploglossinae ocurre en México con cuatro especies y está presente en las seis cuadrículas. Finalmente, la subfamilia Anguinae está presente en México con solo dos especies y está presente en las tres cuadrículas de mayor diversidad taxonómica.

De las 18 especies que participan en las zonas de mayor diversidad taxonómica, siete especies están presentes en cuatro o más cuadrículas, cuatro de esas siete especies fueron

consideradas en este trabajo como de “amplia distribución”: *Abronia taeniata*, *Barisia imbricata*, *Gerrhonotus ophiurus* y *G. liocephalus*. Otras dos de esas siete especies, *Celestus enneagrammus* (presente en seis de seis) y *Abronia graminea* (presente en cinco de seis), no fueron catalogadas como de amplia distribución, aunque tienen un área de distribución que rebasa la media.

7.3 Caracterización ambiental de las zonas de mayor diversidad taxonómica de ánguidos

Las zonas de mayor diversidad taxonómica se localizan en las provincias biogeográficas de Altiplano Sur (Neártico), Sierra Madre Oriental (Zona de Transición), Eje Volcánico Transmexicano (Zona de Transición), Oaxaca (Zona de Transición), Sierra Madre del Sur (Zona de Transición), Golfo de México (Neotropical) y Costa del Pacífico (Neotropical), en los Estados de Oaxaca, Veracruz, Puebla, Hidalgo y Tlaxcala (cuadro 6).

En lo general, las zonas de mayor diversidad taxonómica se caracterizan por ser de clima cálido principalmente, con variaciones en la temperatura media anual que va de los -3 a los 22 °C, generalmente con lluvias en verano y secas en invierno. Los tipos de vegetación que ahí se encuentran son principalmente bosques (mesófilo, de coníferas y de encino), selvas (alta, mediana y baja) y en menor medida matorral (Cuadro 6).

Las especies presentes en estas zonas pertenecen a los géneros *Abronia* (4 de 18 especies registradas para México), *Anguis* (1 de 1 especies registradas para México) *Barisia* (2 de 7 especies registradas para México), *Celestus* (3 de 4 especies registradas para México), *Mesaspis* (4 de 5 especies registradas para México), *Ophisaurus* (1 de 1 especie registradas para México) y *Gerrhonotus* (3 de 6 especies registradas para México) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Descripción climática, de vegetación, especies y provincias biogeográficas, presentes en cada una de las siete zonas de mayor diversidad filogenética de ánguidos en México. (TMA = Temperatura media anual; TV = tipos de vegetación; PB= provincias biogeográficas)

	O22 (Oax. y Ver.)	N21 y N22 (Tlax., Pue. y Ver.)	M20 y M21 (Hgo. Pue. y Ver.)	Q23 (SE de Oaxaca)
Clima	Cálidos, Semicálido, Templado húmedo, Árido, Semifrío húmedos	Cálidos, Semicálidos, Semiáridos, Áridos, Muy áridos Templados (Subhúmedos y semicalidos), Semifrío, Fríos, y Muy fríos	Cálidos, Semiáridos, Áridos, Muy áridos Templados (Subhúmedos) y Semifríos	Cálido, Semicálido, Templado, Semiárido y Árido
TMA (°C)	T°C: -3, 5, 12, 18, 20 y 22	T°C: -2, 5, 12, 18 y 22	T°C: 5, 12, 20 y 22	T°C: -3, 12, 18, 22
Lluvia	Lluvias en verano, secas en invierno, ligeras lluvias en invierno.	Lluvias en verano, secas en invierno, presencia de lluvias en invierno.	Lluvias en verano, secas en invierno, lluvias en invierno.	Lluvias en verano, secas en invierno, lluvias en invierno.
TV	Sabana, Selva baja caducifolia, Selva mediana caducifolia, Selva alta perennifolia, Bosque mesófilo de montaña, Pino y Encino.	Bosque de pino, Encino, Coníferas, Mesófilo de Montaña, Matorral rosetófilo, Pastizal, Selva baja caducifolia, Selva alta perennifolia y Manglar.	Manglar, Selva alta perennifolia, Pastizal, Bosque de pino, encino, Coníferas, Mesófilo de montaña, Matorral espinoso, Matorral sarcocrasicaule y Mezquital.	Selva alta perennifolia, Selva mediana perennifolia, Selva baja perennifolia, Selva baja caducifolia, Bosque de pino, Encino y Mesófilo de Montaña.
Especies por Zona	<i>Abronia graminea</i> , <i>A. taeniata</i> , <i>Barisia imbricata</i> , <i>Celestus enneagramus</i> , <i>Mesaspis viridiflava</i> , <i>Mesaspis juarezi</i> , <i>Gerrhonotus liocephalus</i> , <i>Ophisaurus ceroni</i> .	<i>Abronia graminea</i> , <i>A. taeniata</i> , <i>B. imbricata</i> , <i>Celestus enneagramus</i> , <i>C. legnotus</i> , <i>Mesaspis viridiflava</i> , <i>M. juarezi</i> , <i>M. antauges</i> , <i>Gerrhonotus ophiurus</i> , <i>G. liocephalus</i> y <i>Ophisaurus ceroni</i> .	<i>Abronia graminea</i> , <i>A. taeniata</i> , <i>Barisia imbricata</i> , <i>Anguis incomptus</i> , <i>B. ciliaris</i> , <i>Celestus enneagrammus</i> , <i>C. legnotus</i> , <i>Gerrhonotus ophiurus</i> , <i>G. liocephalus</i> , <i>G. infernalis</i> y <i>Ophisaurus ceroni</i> .	<i>Abronia fuscolabialis</i> , <i>A. oaxacae</i> , <i>Celestus enneagramus</i> , <i>C. rozela</i> , <i>Mesaspis viridiflava</i> , <i>M. juarezi</i> , <i>M. gadovi</i> , <i>Gerrhonotus liocephalus</i> .
PB	Golfo de México y Oaxaca.	Golfo de México, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y Oaxaca.	Golfo de México, Sierra Madre Oriental y Altiplano sur.	Sierra Madre del Sur y Costa del Pacífico.

7.4 Estrategias de conservación que se realizan en las áreas de mayor diversidad taxonómica de ánguidos

Una vez localizadas las zonas con la mayor diversidad taxonómica de ánguidos en el país, se revisó si existen zonas o estrategias de conservación que pudieran garantizar su protección, considerando que dichas estrategias son las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) o las Áreas Prioritarias para las Conservación (APC's).

Al contrastar las zonas de mayor diversidad taxonómica de ánguidos con el mapa de ANP's, se encontró que en la cuadrícula P-22, se localizan el Parque Nacional Benito Juárez y la porción sur del la Reserva de la Biósfera del Valle de Tehuacán-Cuicatlán; en la cuadrícula N-21, se encuentran el Parque Nacional Cofre de Perote, el Parque Nacional Pico de Orizaba y la

porción este del Parque Nacional La Malinche; en la cuadrícula O-21, se ubican el Parque Nacional Cañón de Río Blanco, la porción sur del Parque Nacional Pico de Orizaba y la porción centro y norte de la Reserva de la Biósfera de Tehuacan-Cuicatlán; en la cuadrícula Q-22, se localiza el Parque Natural Yagul; en la cuadrícula P-21, se encuentra la porción suroeste de la Reserva de Biósfera del Valle de Tehuacán-Cuicatlán; por último, en la cuadrícula M-20, se sitúan el Parque Nacional El Chico, la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán y la porción oeste de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (Figura 18).

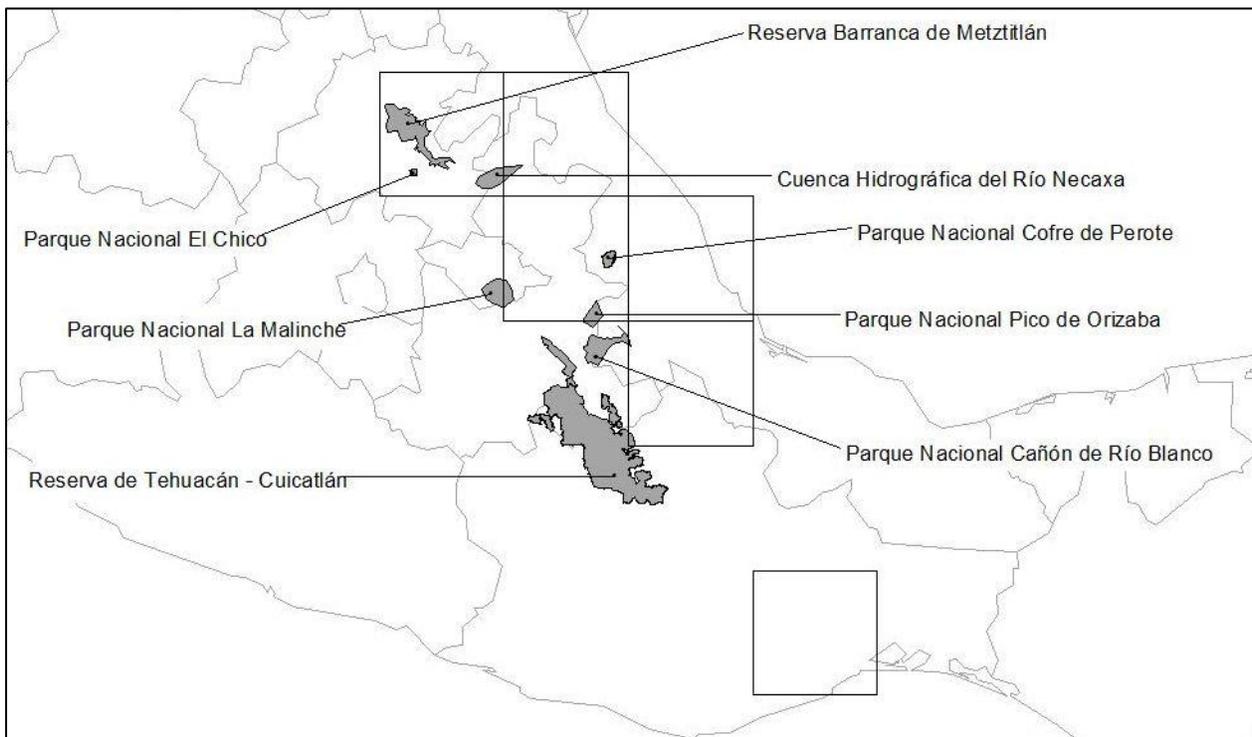


Figura 18. Mapa donde se muestra la presencia de las distintas áreas naturales protegidas en las cuadrículas con la mayor diversidad taxonómica de ánguidos en México.

Adicionalmente, al contrastar las zonas de mayor diversidad taxonómica de ánguidos con el mapa de APC's, se encontró que en la cuadrícula P-22, se localizan la Sierra del Norte de Oaxaca y la Sierra Mixe, además de la porción sureste del Valle de Tehuacán-Cuicatlán; en la cuadrícula N-21, se encuentran la porción sur de Cuetzalan, la porción este de La Malinche y gran parte de Pico de Orizaba – Cofre de Perote; en la cuadrícula O-21, se ubica una gran porción

del Valle de Tehuacán-Cuicatlán; en la cuadrícula Q-22, se localiza una porción del sureste de lo que se conoce como Sierra del Norte de Oaxaca; en la cuadrícula P-21, se encuentran la Sierra Triqui, la Sierra Mixteca, la porción sur del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y el Cerro Negro-Yucaño; por último, en la cuadrícula M-20, se sitúan los Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental (Figura 19).

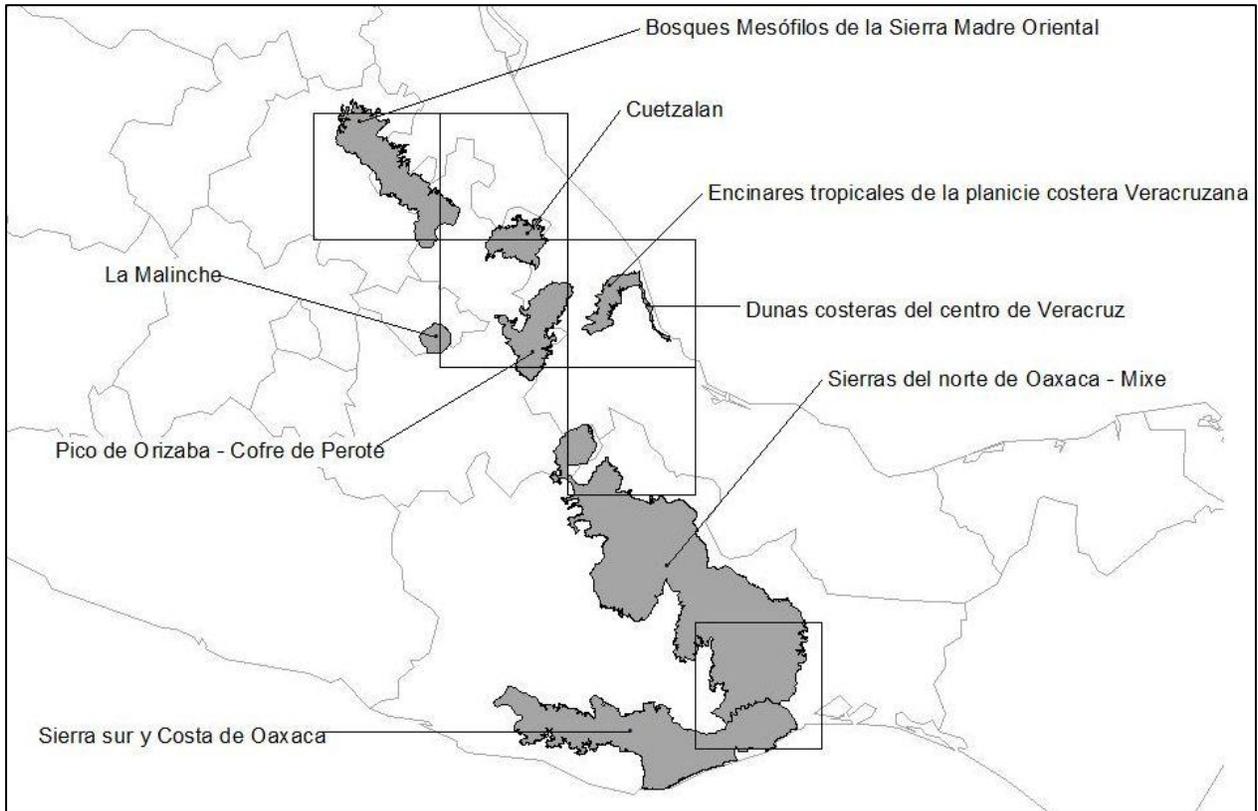


Figura 19. Mapa donde se muestran las áreas prioritarias para la conservación que se localizan en las cuadrículas con la mayor diversidad taxonómica de ánguidos en México.

Al revisar la distribución de las ANP's y las APC's, se encontró que la mayoría de las cuadrículas cuentan con una presencia importante de ANP's, con excepción las cuadrículas P-22 y Q-22, que son las que menor presencia tienen de este tipo de áreas, tanto en número como en volumen. Se encontró además que en las seis cuadrículas, existe una presencia importante de APC's, toda vez que por lo menos un 25% del área de cada cuadrícula, corresponde a este tipo de estrategia (Cuadro 7).

Se encontró además que en las seis cuadrículas de mayor diversidad taxonómica, presentan establecimientos humanos, ciudades importantes, y cambio de uso de suelo. Es importante señalar que en las cuadrículas N21, O21, M20 y P21 se registran áreas sin vegetación. Finalmente, cabe mencionar que en las cuadrículas M21 y N21 es donde se encuentra una mayor red de carreteras (Cuadro 7). La combinación o el incremento de estas características pueden significar una merma para los ecosistemas donde se concentra la mayor diversidad de ánguidos.

Cuadro 7. Descripción de las cuadrículas respecto a las áreas destinadas a la conservación y algunas actividades humanas. (*) = porcentaje de área aproximado dentro de la cuadrícula correspondiente. ANP = área natural protegida. APC = área prioritaria para la conservación. MAPP = manejo agrícola pecuario y plantaciones.

	M21	N21	N22	O22	M20	Q23
ANP y %*	Cuenca hidrográfica del río Necaxa; menor al 25%	Parque La Malinche, Parque Cofre de Perote y Parque Pico de Orizaba; menor al 25%	Ninguna, 0%	Cañón de Río Blanco y Tehuacán - Cuicatlán; Menor al 5%	Parque El Chico, Reserva Barranca de Metztitlán y Cuenca hidrográfica del río Necaxa; menor al 25%	Ninguna, 0%
APC y %*	Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental y Cuetzalan; mayor al 25%	La Malinche, Cuetzalan y Pico de Orizaba-Cofre de Perote; mayor al 50%	Pico de Orizaba – Cofre de Perote, Encinares tropicales de la planicie costera Veracruzana, y Dunas costeras del centro de Veracruz; mayor o igual al 25%	Sierras del norte de Oaxaca – Mixe; menor al 25%	Sierra Gorda – Río Moctezuma y Bosques Mesófilos de la Sierra Madre Oriental; menor al 50%	Sierras del norte de Oaxaca – Mixe, y Sierra Sur y costa de Oaxaca; menor al 75%
Ciudades importantes	Tuxpan y Poza Roca de Hidalgo (Veracruz)	Ninguna	Xalapa y Veracruz (Veracruz).	Córdoba (Veracruz) y Tuxtepec (Oaxaca)	Pachuca y Tulancingo (Hidalgo)	Salina Cruz (Oaxaca)
Presencia de áreas sin vegetación	No	Si	Si	No	Si	Si
MAPP y %*	Alta, mayor al 75%	Alta, menor o igual al 75%	Alta, mayor al 75%	Alta, mayor al 50%	Alta, menor o igual al 75%	Baja, menor al 25%
Carreteras (Km)	986.17	1422.457	1007.886	1375.601	1188.927	652.109

Si bien estas zonas concentran la mayor diversidad taxonómica de ánguidos en México, cabe señalar que existen algunas especies que de acuerdo con su modelo de distribución o sus

registros puntuales (en el caso de las especies que no se pudieron modelar), no están dentro de alguna Área Natural Protegida, dichas especies son: *Abronia bogerti*, *A. leurolepis*, *A. mitchelli*, *A. ornelasi*, *A. ochoterenae*, *A. martindelcampoi*, *Barisia jonesi*, *Gerrhonotus farri*, *Elgaria ignava*, *E. nana*, *Ophisaurus ceroni* y *Anguis incompus*. Todas estas especies se caracterizan por tener distribuciones limitadas en cuanto al área que predice su modelo, o bien, a tamaños por debajo de la media.

8. Discusión

8.1 Distribución de la familia Anguidae

Se puede considerar que los mapas construidos en ésta tesis para las especies de ánguidos distribuidos en México, son precisos en gran medida, pues la combinación de los criterios utilizados para remover las áreas de sobre-predicción dan una propuesta más confiable que la predicción hecha solamente por el algoritmo (Martínez-Meyer *et al.*, 2006).

A la fecha no se ha encontrado un trabajo que haya explorado con este tipo de herramientas la distribución geográfica potencial para este grupo de lagartijas, mismas que se distribuyen en gran medida en el territorio mexicano, y que se caracterizan además por tener pocos registros de la mayoría de ellas, sin dejar de tomar en cuenta, que todas están catalogadas bajo distintas categorías de riesgo tanto por la Norma Oficial Mexicana como por la IUCN.

En los planes de manejo para la conservación se ha reconocido que una de las primeras problemáticas a resolver, es el conocimiento de la distribución de las especies involucradas. Por ejemplo, en el proyecto “Conservación, asesoramiento y manejo planificado (CAMP) para lagartijas *Abronia*” (Hudson *et al.*, 2001), uno de los principales objetivos es conocer la distribución de las especies de este género, para con ello efectuar el plan de acción que proponen en dicho documento. Si bien es discutible la precisión de las distribuciones aquí expuestas, estas constituyen una serie de propuestas valiosas y confiables que pueden contribuir a dar solución a dicho objetivo, pero no sólo para las lagartijas del género *Abronia*, sino para todas las especies de la familia Anguidae que se estudiaron aquí.

Por lo tanto se considera que este proyecto de investigación hace una contribución importante en el tema de la distribución espacial encaminada a la conservación, sin embargo, la contribución más importante, es que con estos modelos se localizaron las zonas de mayor diversidad taxonómica de este grupo de organismos en México.

Cabe señalar también que la labor que realizan las colecciones consultadas (físicas y

virtuales), es muy importante, pues la información que resguardan aporta significativamente al desarrollo del conocimiento en distintos rubros, como en este caso: la biodiversidad. Sin embargo, algunas de las problemáticas que se encontraron al hacer uso de las bases de datos de colecciones científicas, es la falta de actualización en cuanto a la taxonomía de las especies y el hecho de que en algunos ejemplares no hay una determinación correcta, lo que en consecuencia genera confusión en los registros y obliga a corroborar el material a consultar.

Otra opción que contribuyó en gran medida al desarrollo de este análisis, fue la recopilación bibliográfica, ya que proporcionó información básica como la cantidad de especies registradas en ciertos lugares, como información de la distribución puntual dentro de sus límites.

Se observó que el fenómeno de la sobre-predicción en los MDE's generados (sin depurar, utilizando únicamente el criterio de "mínima omisión"), está en relación con el tipo de distribución de las especies y que tiene mucho que ver con la distribución espacial de los registros puntuales que se utilizan para generar un modelo: en la mayoría de las ocasiones, se observó que cuando la distribución de los puntos es dispersa, el algoritmo genera un modelo con una sobre-predicción relativamente mayor, y viceversa, cuando la distribución de los puntos se congrega en un espacio menor, el algoritmo proyecta un modelo con una sobre-predicción relativamente menor.

Se ha señalado que cuando es mayor la uniformidad de las especies, en relación a las condiciones climáticas que se utilizan para construir un modelo de este tipo, los mapas resultantes suelen ser mucho más precisos (Kadmon *et al.*, 2003; Elith *et al.*, 2006; Hernández *et al.*, 2006). Este mismo fenómeno se repitió en el presente trabajo, toda vez que al depurar los mapas obtenidos de MAXENT, se observó que aquellas especies con mayor sobre-predicción en sus mapas, correspondían a especies con una amplia distribución geográfica, lo que a su vez, también significó una mayor variabilidad en cuanto a sus condiciones climáticas y ecológicas (tipos de vegetación y provincias biogeográficas).

Por supuesto los mapas obtenidos no son más que una propuesta acerca de los sitios potenciales donde determinada especie se puede distribuir, propuesta que tiene sus fundamentos en una búsqueda de similitudes climáticas a partir de registros históricos (Soberón y Peterson, 2005), acompañada de un refinamiento de características históricas y ecológicas.

Los MDE's predicen una serie de lugares en donde se reúnen las condiciones climáticas para que los organismos puedan estar presentes, entonces el ejercicio faltante, sería corroborar su presencia en ellos, situación que se vuelve mucho más relevante para aquellas especies en las que se cuentan con pocos registros, como en el caso de las especies más sureñas del género *Abronia* o aquellas del género *Celestus*.

Si bien se eligió trabajar con los ánguidos registrados hasta la fecha dentro de los límites de México, se contempló la opción de modelar aquellas especies que estuvieran cercanos a los mismos (*Abronia frosti*, *Celestus bivittatus*, *Diploglossus bilobatus* -frontera con Guatemala- y *Elgaria coerulea* -frontera con E.U.-), pues cabía la posibilidad de una predicción al interior del país; sin embargo en ningún caso esto se cumplió. En el caso por ejemplo de *Diploglossus atitlanensis*, se había sugerido que su distribución al norte llegaría hasta los municipios del suroeste del Estado de Chiapas (Smith y Taylor, 1950), pero al construir su MDE, esta situación no se cumple ya que el modelo predice su distribución únicamente en la región sur-oeste de Guatemala.

Para aquellas especies con distribución en México, se encontraron tres vertientes: la primera es que existe similitud entre los MDE's generados en el presente trabajo y la distribución sugerida por algunos autores, salvo algunas diferencias puntuales debido a que las propuestas anteriores utilizan técnicas distintas, pero sobre todo que siempre se obtuvieron zonas donde la especie no ha sido registrada, como en el caso de las especies: *Abronia deppei* (Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002c; Flores-Villela y Sánchez-Herrera, 2003), *Abronia chiszari* (Smith y Smith, 1981; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002b), *Abronia lytrochila* (Smith y Álvarez del Toro, 1963; Campbell y

Frost, 1993; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002f), *Abronia matudai* (Campbell y Frost, 1993; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002g), *Abronia ochoterenae* (Campbell y Frost, 1993; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002k), *Ophisaurus ceroni* (Casas-Andreu *et al.*, 1996), *Barisia rudicollis* (Zaldívar-Riverón y Nieto-Montes de oca, 2002), *Barisia ciliaris* (Smith *et al.*, 2002), *Elgaria ignava* (Grismer, 2002), *Elgaria nana* (Grismer, 2002), *Elgaria paucicarinata* (Grismer y Hollingsworth, 2001; Grismer, 2002), *Elgaria kingi* (Knight y Duerre, 1987; Good, 1988b; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002s), *Aniella pulchra* (Grismer, 2002), *Elgaria cedroensis* (Grismer y Hollingsworth, 2001; Grismer, 2002), *Barisia levicollis* (Good, 1988b; Smith *et al.*, 2002; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002o), *Barisia imbricata* (Smith *et al.*, 2002; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2005), *Barisia jonesi* (Smith *et al.*, 2002; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2005), *Barisia planifrons* (Smith *et al.*, 2002; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2005), *Gerrhonotus parvus* (Knight y Scudday, 1985; Good, 1988b; Banda-Leal *et al.*, 2002), *Elgaria multicarinata* (Grismer, 2002), y *Abronia ornelasi* (Campbell, 1984).

No existe dentro de este grupo de especies algún patrón o alguna característica evidente que las una, pues existen especies con pocos y muchos registros, son especies de amplia y de limitada distribución, de uno o varios tipos de vegetación, de una o de varias provincias biogeográficas, ni tampoco pertenecen a un tipo de clima en particular.

La segunda vertiente es que existen algunas zonas que marcan una diferencia evidente, entre el MDE obtenido y la propuesta hecha por algunos investigadores. Hay que tomar en cuenta primero, que los MDE's son una predicción hecha con base en una búsqueda de equivalencias climáticas de puntos geográficos donde se ha registrado una determinada especie, por tal razón las predicciones se interpretan como zonas geográficas con condiciones climáticas muy próximas a las que dicha especie experimentó en los sitios donde fue registrada o colectada (Guisan y Zimmermann, 2000).

Los MDE's que presentan diferencias respecto a las propuestas de distribución que

antecedentes a este trabajo, corresponden a las especies: *Celestus enneagramus* (Campbell y Camarillo, 1994; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002q), *Abronia mixteca* (Bogert y Porter, 1967; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002i), *Abronia smithi* (Campbell y Frost, 1993), *Abronia graminea* (Good, 1988b, Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002e), *Barisia herrerae* (Zaldívar-Riverón y Nieto-Montes de Oca, 2002; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2005), *Abronia taeniata* (Good, 1988b; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002n), *Abronia oaxacae* (Bogert y Porter, 1967; Campbell, 1984; Campbell y Frost, 1993), *Mesaspis gadovi* (Good, 1988b; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002z), *Gerrhonotus lugoi* (Good, 1994; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002x), *Mesaspis viridiflava* (Good, 1988b; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002-1), *Mesaspis moreleti* (Good, 1988b; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002-2), *Elgaria velazquezii* (Grismer y Hollingsworth, 2001), *Anniella geronimensis* (Grismer, 2002), *Gerrhonotus infernalis* (Good, 1994), *Gerrhonotus ophiurus* (Good, 1994), *Gerrhonotus liocephalus* (Good, 1994; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002w) y *Celestus rozellae* (Campbell y Camarillo, 1994).

Cuando se obtiene una predicción que va más allá de lo conocido para una especie, se puede interpretar de varias formas: a) que son sitios con alta probabilidad para que la especie habite pero no ha sido registrada aún (sobre todo aquellos sitios que están inmediatos a la distribución previamente conocida) (Raxworthy *et al.*, 2003); b) que son sitios con alta probabilidad para que la especie habite, pero por razones históricas (barreras geográficas, entre otros), ecológicas (aspectos de la dinámica poblacional, falta de recursos alimenticios, alta presencia de depredadores, entre otros) o antropogénicas, la especie no se encuentra en dichos lugares (Guisan y Thuiller, 2005; Soberón y Peterson, 2005); y, c) son sitios que corresponden a la distribución de una especie evolutivamente muy cercana, que comparte incluso cierta afinidad climatológica (Raxworthy *et al.*, 2003).

Dada la metodología que se siguió al depurar las predicciones hechas por el algoritmo (conservar sólo los tipos de vegetación donde se ha registrado a la especie dentro de la misma

provincia biogeográfica) y que no se cuenta con suficientes datos de la dinámica poblacional de estos organismos, se considera que las diferencias encontradas en los MDE's de las especies que conforman esta segunda vertiente, corresponden a sitios con una alta probabilidad de que la especie este presente pero que no ha sido registrada aún. No obstante, el ejercicio que ayudaría a corroborar o a descartar esta situación sería una búsqueda dirigida en dichos lugares.

La tercera y última vertiente es con respecto a los MDE's de las especies en las que no se conoce su distribución, debido principalmente a los pocos registros que se han obtenido. Tal es el caso de las especies: *Abronia martindelcampoi* (Flores-Villela y Sánchez-Herrera, 2003), *Abronia fuscolabialis* (Good y Schwenk, 1985; Good, 1988b, Campbell y Frost, 1993; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002d), *Celestus legotus* (Campbell y Camarillo, 1994), *Anguis incomptus* (Terán-Juárez, 2008), *Mesaspis juarezi* (Good, 1988b; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002-1), *Celestus ingridae* (Werler y Campbell, 2004; Savage *et al.*, 2008) y *Mesaspis antauges* (Good, 1998b; Zaldívar-Riverón *et al.*, 2002y).

Aunque no se cuenta con una referencia previa de la distribución de estas especies, se puede señalar que estos modelos son confiables, ya que se al depurar los mapas obtenidos del algoritmo se tomaron en cuenta los tipos de vegetación que sugieren los autores que han descrito y registrado a dichas especies. En estos casos es donde resalta con mayor insistencia el hecho de corroborar en campo, muchos de los puntos de distribución que la predicción sugiere para cada una de estas especies, pues con ello se revelará la precisión de los mismos.

8.2 Diversidad taxonómica

Los estudios con aproximaciones para conocer la biodiversidad que toman como base los modelos de distribución espacial son muy pocos, y se han realizado principalmente en grupos como mamíferos (Herrera-Muñoz, 2011), aves (Peterson *et al.*, 2000; Bravo-Cadena, 2011), anfibios (Pineda y Lobo, 2009) y reptiles (García, 2006).

Los índices de diversidad taxonómica tienen entre sus ventajas que son independientes del esfuerzo de muestreo (Clarke y Warwick, 1998), por lo tanto en el presente proyecto, la exploración de este tipo de diversidad a partir del MDE's generados con información obtenida de colecciones científicas y literatura, no estuvo sesgada por esa diferencia metodológica.

Las cuadrículas con la mayor diversidad taxonómica de ánguidos en México, se localizan en el centro-sureste del país. La mayoría de ellas son adyacentes, y van desde el este de Hidalgo, pasando por el centro norte de Puebla, centro de Veracruz y norte de Oaxaca, y de manera separada el sureste de Oaxaca. Cabe resaltar que en medio de éste par de agrupaciones (sur de Puebla, este, centro y sur de Oaxaca) se localizan las cuadrículas con la mayor riqueza específica, lo que en su totalidad conformarían un corredor muy interesante de concentración de ánguidos. Ya se ha señalado que en el centro de Oaxaca se localizan puntos importantes de biodiversidad para aves (Álvarez y Morrone, 2004) y mamíferos (García-Marmolejo *et al.*, 2008). Con los datos encontrados en este trabajo, se señala que también lo es al menos para un grupo importante de reptiles.

Las seis cuadrículas de mayor diversidad taxonómica, cuentan con representantes de tres de las cuatro subfamilias de la familia Anguillidae, la excepción es la subfamilia Anniellinae, que se distribuye únicamente en la península de Baja California. La subfamilia Anguinae se distribuye principalmente en la provincia de Golfo de México; la subfamilia Diploglosinae ocurre en México en el sureste del país; y la subfamilia Gerrhonotinae se distribuye de manera uniforme a lo largo de todo el país (Zug *et al.*, 2001).

Sin embargo un incremento del número de especies, derivado de la convergencia de estos tres grupos en el centro sureste del país, no es el único factor que determina los valores de diversidad taxonómica encontrados, si bien es importante la presencia de un determinado número de especies, lo es aún más las relaciones ancestro-descendiente que se dan entre las especies que participan (Clarke y Warwick, 1998, 2001; Warwick y Clarke, 1995).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la cuadrícula P-22 (centro norte de Oaxaca) registra el mayor número de ánguidos (13 especies), pero el valor del índice de diferenciación taxonómica de ésta cuadrícula ($\Delta+= 54.62$) se registra por debajo incluso de la media esperada por azar ($\Delta+= 60$). Esto se debe a que de los ánguidos registrados en esta cuadrícula, seis especies pertenecen al mismo género (*Abronia*), y 12 de las 13 pertenecen a la misma subfamilia (Gerrhonotinae), es decir, que las especies que participan en esta cuadrícula son de linajes muy cercanos (cinco géneros y dos subfamilias), y por lo tanto la zona presenta una alta riqueza específica pero una baja diversidad taxonómica.

En la cuadrícula N-21 (zona centro de Puebla), también está presente un número importante de ánguidos (10 especies), pero los valores de $\Delta+$ apenas rebasa la media esperada por azar ($\Delta+= 61.78$), dado que las especies que participan tienen linajes muy cercanos (las especies corresponden a cinco géneros y a dos subfamilias).

Por otro lado, la cuadrícula M-21 (norte de Puebla y límites con Veracruz) registra un menor número de ánguidos (8 especies), pero con el valor del índice de diferenciación más alto ($\Delta+= 71.43$). Estos valores se deben a que en esta cuadrícula existe un mayor número de los géneros y subfamilias a las que éstas ocho especies pertenecen, por lo tanto, si bien la riqueza específica es menor, existe una mayor variación en los linajes que participan (seis géneros y tres subfamilias) y por ende una mayor diversidad taxonómica.

Existe cierta relación entre los valores de diversidad taxonómica y algunos componentes del ambiente. La cuadrícula M-21, que es la que tiene los valores más altos de diversidad taxonómica, es también donde convergen tres provincias biogeográficas: Golfo de México, Altiplano Sur y Sierra Madre Oriental. La cuadrícula N-22, que es el segundo valor más alto, se sitúa en un lugar donde convergen las provincias de Golfo de México, Sierra Madre Oriental y Oaxaca. Una situación muy similar presenta la cuadrícula N-21, que es la cuarta cuadrícula con mayor diversidad taxonómica, en la cual convergen las provincias Sierra Madre Oriental, Eje

Volcánico Transmexicano y Oaxaca.

El encuentro de las distintas historias evolutivas implicadas en cada una de las provincias biogeográficas, además de la conjunción de los componentes biológicos, los accidentes geográficos y la variabilidad de las condiciones climáticas de estos lugares (Morrone, 2005), favorece la presencia de una importante diversidad de este tipo, pues siempre los límites o las zonas de transición entre provincias biogeográficas supone una interacción biótica que tiende a incrementar la riqueza específica (Ruggiero y Ezcurra, 2003)

8.3 La implicación de la diversidad evolutiva de ánguidos en la conservación

Dado que todas las especies de ánguidos son vulnerables, se dificulta el hecho de dirigir los esfuerzos de conservación en la familia, porque se tiene conocimiento de muy pocos aspectos de la biología de estos saurios. Se sabe por ejemplo, que muchas poblaciones de estas especies enfrentan el fenómeno de la degradación de los ambientes donde éstas habitan, y aunque no existen datos de la dinámica poblacional que pudieran ofrecer una idea acerca de si están en declive o si se mantienen, se infiere a partir de los escasos registros de estos organismos que sus poblaciones se han visto disminuidas (Campbell y Frost, 1993; Hudson *et al.*, 2001).

Debido a que la distribución espacial es una de las principales carencias que se tiene en el conocimiento de estos organismos (Hudson *et al.*, 2001), se exploró este aspecto en el presente trabajo, y se puso énfasis en que los mapas construidos tuvieran un refinamiento adicional (por provincias biogeográficas y por tipos de vegetación), para incrementar la calidad de los mapas generados con el algoritmo por sí solo (Martínez-Meyer *et al.*, 2006).

La elaboración de estos mapas que proponen la distribución de las distintas especies de ánguidos en el país, permite dirigir los esfuerzos de conservación, ya que en este proyecto, dichos mapas se utilizaron para aproximarse a conocer la diversidad taxonómica de este grupo, con lo cual se encontró que la máxima diversidad taxonómica de este grupo en México se encuentra en

el centro-sureste del país, zona que también es importante en cuestiones de diversidad biológica para aves (Álvarez y Morrone, 2004), mamíferos (García-Marmolejo *et al.*, 2008), y otros reptiles (García, 2006).

La comparación de los puntos de mayor diversidad taxonómica con la distribución de las ANP's en México reveló una falta de coincidencia entre ellos, principalmente en el norte Puebla y centro-norte de Veracruz (cuadrícula M-21), centro de Veracruz (cuadrícula N-22), así como el norte (cuadrícula O-22) y sureste de Oaxaca (cuadrícula Q-23), aún a pesar de que en estos estados ya existen zonas destinadas para tal efecto. En estas zonas, los hábitats naturales de los ánguinos, se ven amenazados por la presencia de una fuerte combinación de actividades humanas, estas son: zonas urbanas, redes carreteras, la cada vez más constante aparición de áreas sin vegetación y la transformación de uso de suelo.

Es por ello que se sugiere contemplar la posibilidad de desarrollar en estos sitios, estrategias adicionales que favorezcan la continuidad de estas especies en sus hábitats originales, ya sea mediante la promoción de nuevas áreas o la expansión de las que están próximas; y no sólo por el hecho de que ahí se localiza una importante diversidad de un grupo de saurios, sino porque también existen algunas Áreas Prioritarias para la Conservación, lo cual significa que también son zonas importantes para otro tipo de biota (Álvarez y Morrone, 2004).

La mayor diversidad taxonómica se concentra en el centro-este de México, con una interesante combinación de especies de amplia distribución y especies que se distribuyen particularmente en esa zona, además existen ánguinos en los cuales su distribución individual está fuera de esta zona, pero su MDE se predice dentro de alguna ANP, dichas especies son: *Abronia chiszari*, *A. deppei*, *A. lytrochila*, *A. mixteca*, *A. matudai*, *A. ramirezi*, *A. reidi*, *A. smithi*, *Anniella geronimensis*, *A. pulchra*, *Barisia rudicollis*, *B. planifrons*, *B. levicollis*, *B. herrerae*, *Celestus ingridae*, *Elgaria cedroensis*, *E. velazquezi*, *E. paucicarinata*, *E. multicarinata*, *E. kingi*, *Mesaspis moreleti*, *Gerrhonotus lugoi* y *G. parvus*. Sin embargo, las especies *Abronia bogerti*, *A.*

leurolepis, *A. mitchelli*, *A. ornelasi*, *A. ochoterenae*, *A. martindelcampoi*, *Barisia jonesi*, *Gerrhonotus farri*, *Elgaria ignava*, *E. nana*, *Ophisaurus ceroni* y *Anguis incomptus* no aparecen dentro de ninguna ANP, esto, sumado a que tienen una distribución limitada (de acuerdo con su MDE), y que existe una continua transformación de sus hábitats, resultan ser las más vulnerables a desaparecer próximamente. Las opciones que se pudieran sugerir para conservar éstas especies son, por un lado pensar en la reintroducción en zonas donde ya existe alguna estrategia de conservación como las ANP's y que además, predominaran las características ecológicas y ambientales para que la especie pueda subsistir, mismas que se podría en parte reconocer con ayuda de los modelos de nicho ecológico (Martínez-Meyer *et al.*, 2006) o bien, impulsar nuevas áreas de conservación contemplando las APC's que estuvieran presentes en las áreas donde originalmente se distribuyen dichas especies (Álvarez y Morrone, 2004).

Se sabe que es muy complicado resguardar a la biodiversidad en su totalidad, mas de llevarse a cabo una protección adecuada de la diversidad taxonómica de ánguidos en nuestro país, se estaría conservando, no sólo una importante riqueza específica de saurios, sino también una considerable diversidad de linajes evolutivos al interior de la familia Anguidae.

Vale la pena aclarar que los resultados y los comentarios derivados de las metodologías implementadas en el presente trabajo, se proponen como herramientas complementarias a las que tradicionalmente se utilizan para desarrollar planes de manejo y conservación, pues se ha demostrado que tienen una aplicación efectiva para la toma de decisiones en el ámbito de la conservación, tanto los Modelos de Distribución Espacial generados con Maxent (Guisan y Thuiller, 2005; Escalante *et al.*, 2009; Gadsden *et al.*, 2012) como los Índices de Distinción Taxonómica (Eguiarte *et al.*, 1999; Clark y Warwick, 2001; von Euler y Svensson, 2001).

9. Conclusiones

1.- Los MDE's construidos permitieron hacer propuestas a detalle de las distribuciones potenciales para 45 especies de ánguidos, de donde se sugiere que las diferencias encontradas con respecto las anteriores propuestas de distribución, son zonas donde aún no han sido registradas las especies. Además, se hace una propuesta de distribución para aquellas especies que no la tenían previamente.

2.- Se encontró que la mayor diversidad taxonómica de este grupo de saurios en México se localiza en el centro sureste del país, desde el este de Hidalgo, centro norte de Puebla, centro de Veracruz, hasta el norte y sureste de Oaxaca, en las provincias biogeográficas Golfo de México, Sierra Madre Oriental, Costa del Pacífico, Oaxaca, Sierra Madre del Sur, Depresión del Balsas, Altiplano Sur y Eje Volcánico Transmexicano. Esta diversidad estuvo constituida por 18 especies pertenecientes a 7 géneros y a su vez a 3 subfamilias de la familia Anguidae.

3.- En las cuadrículas donde se localizó la mayor diversidad taxonómica de ánguidos, se encontró una baja presencia de ANP's, incluso de APC's, por lo que se sugieren estrategias adicionales que favorezcan las condiciones ambientales que en dichas zonas prevalecen, ya que con esto, se haría un contribución importante en la conservación, no sólo este grupo de saurios, sino de la biota en general que en estas zonas se presenta.

10. Literatura citada

Abellán, P., D. T. Bilton, A. Millán, D. Sánchez-Fernández y M. Ramsay. 2006. Can taxonomic distinctness assess anthropogenic impacts in inland waters? A case study from a Mediterranean river basin. *Freshwater Biology*, 51: 1744 – 1756

Álvarez, M. E. y J. J. Morrone. 2004. Propuestas de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia*, 29: 112 – 120.

Banda-Leal, J., R. W. Bryson y D. Lazcano-Villarreal. 2002. New record of *Elgaria parva* (Lacertilia: Anguidae) from Nuevo León, México. *The Southwestern Naturalist*, 47: 614 – 615.

Bezaury-Creel J.E., J. F. Torres, L. M. Ochoa Ochoa. 2007. Base de Datos Geográfica de Áreas Naturales Protegidas Estatales del Distrito Federal y Municipales de México - Versión 1.0, Agosto 30, 2007. The Nature Conservancy / PRONATURA A.C / Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad / Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 6 Capas ArcGIS 9.2 + 4 Capas Goggle Earth KMZ + 1 Archivo de Metadatos Word.

Bogert, C. M., y A. P. Porter. 1967. A new species of *Abronia* (Sauria: Anguidae) from the Sierra Madre del Sur of Oaxaca, Mexico. *American Museum Novitates*, 2279: 1 – 21.

Bolívar-Cimé, B. S. 2009. Análisis del hábitat óptimo y modelado de nicho ecológico para la conservación del venado cola blanca en el centro de Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México.

Bravo-Cadena, J. 2011. Cambio Climático Global: efecto en algunas especies de aves en peligro en el Estado de Hidalgo, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

Brown, J. H. 1988. Species Diversity. En: *Analytical biogeography* A. A. Myers & P. S. Giller, (Eds.). London, Chapman & Hall, p: 57 – 89

Bryson, R. W. Jr., y M. R. Graham. 2010. A new alligator lizard from northeastern México. *Herpetologica*, 66: 92 – 98.

Cadotte, M. W., T. J. Davies, J. Regetz, S. W. Kembel, E. Cleland y T. H. Oakle. 2010. Phylogenetic diversity metrics for ecological communities: integrating species richness, abundance and evolutionary history. *Ecology Letters*, 13: 96 – 105.

Campbell, J. A. 1984. A new species of *Abronia* (Sauria: Anguidae) with comments of herpetogeography of the highlands of southern Mexico. *Herpetologica*, 40: 373 – 381.

Campbell, J. A. 1994. A new species of elongate *Abronia* (Squamata: Anguidae) from Chiapas, México. *Herpetologica*, 50: 1 – 7.

Campbell, J. A. y D. R. Frost. 1993. Anguid lizards of the genus *Abronia*: revisionary notes, description of four new species, a phylogenetic analysis, and key. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. 216: 1 – 121.

Campbell, J. A. y R. J. L. Camarillo. 1994. A new lizard of the genus *Diploglossus* (Anguidae: Diploglossinae) from México, with a review of the mexican and northern central american species.

Canseco-Márquez, L., y M. G. Gutierrez-Mayen. 2010. Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A. C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

Casas-Andreu, G., S. Guzmán, y J. L. Camarillo. 1996. Notas sobre la distribución e historia natural de *Ophisaurus ceroni* (Sauria: Anguidae) de Veracruz, México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica, 67: 157 – 162.

Centenero-Alcalá, E., V. H. Jiménez-Arcos, A. Escalona-López y S. Santa Cruz-Padilla. 2009. *Abronia deppei*. Herpetological Review 40: 450

Chao, A., C. Chiu y L. Jost. 2010. Phylogenetic diversity measures based on Hill numbers. Philosophical Transaction of the Royal Society, Biological Science, 365: 3599 – 3609.

Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 1998. A taxonomic distinctness index and its statistical properties. Journal of Applied Ecology, 35: 523 – 531.

Clarke, K. R. y R. M. Warwick. 2001. A further biodiversity index applicable to species list: variation in taxonomic distinctness. Marine Ecology Progress Series, 216: 265 – 278.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1997. “Provincias biogeográficas de México”. Escala 1 : 4,000,000. México.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. “Uso de suelo y vegetación de INEGI agrupado por CONABIO”. Escala 1 : 4,000,000. Modificado de: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) – Instituto Nacional de Ecología (INE). Uso del suelo y vegetación, escala 1: 1,000,000. México.

CONABIO. 2008. *Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la Biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONANP. 2012. *Áreas Naturales Protegidas Federales de México, Agosto 2012*. Mapa Digital formato shapefile. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Morelia, Michoacán de Ocampo, México.

Conroy, C. J., R. W. Bryson., D. Lacano y A. Knight. 2005. Phylogenetic position of the pygmy alligator lizard based on mitochondrial DNA. Journal of Herpetology, 39: 142 – 147.

Crozier, R. H., L. J. Dunnnett, y P. M. Agapow. 2005. Phylogenetic Biodiversity assessment based on systematic nomenclature. Evolutionary Bioinformatics Online, 1: 11–36.

Digital Chart of the world. “Red de carreteras”. 2008. Escala 1: 1,000,000. 4 archivos ArcInfo 9.2 + 1 Archivo de Metadatos PDF.

Eguiarte, L. E., J. Larson-Guerra, J. Nuñez-Farfan, A. Martínez-Palacios, K. Santos del Prado y H. T. Arita. 1999. Diversidad filogenética y conservación: ejemplos a diferentes escalas y una propuesta a nivel poblacional para *Agave victoriae-reginae* en el Desierto de Chihuahua, México. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72: 475 – 492.

Elith, J., C. H. Graham, R. P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R. J. Hijmans, F. Huettmann, J. R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L. G. Lohmann, B. A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J. McC. Overton, A. T. Peterson, S. J. Phillips, K. S. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R. E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M. S. Wisz y N. E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129 – 151.

Escalante, T., M. Linaje, P. Illoldi-Rangel, M. Rivas, P. Estrada, F. Neira y J. J. Morrone. 2009. Ecological niche models and patterns of richness and endemism of the southern Andean genus *Eurymetopum* (Coleoptera: Cleridae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 53: 379 – 385.

ESRI. 1999. ArcView GIS 3.2. Environment Systems Research Institute, Inc. New York.

Faith, D. P. 1992. Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*, 61: 1 – 10.

Flores-Villela, O. y I. Goyenechea. 2003. Patrones de distribución de anfibios y reptiles en México. En: J. J. Morrone y J. Llorente Bousquet (Eds.). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. CONABIO/UNAM, México, p: 289 – 296.

Flores-Villela, O. y O. Sánchez-Herrera. 2003. A new species of *Abronia* (Squamata: Anguinae) from the Sierra Madre del Sur of Guerrero, México, with comments on *Abronia deppii*. *Herpetologica*, 59: 524 – 532.

Gadsden, H., C. Ballesteros-Barrera, O. Hinojosa de la Garza, G. Castañeda, C. García-De la Peña y J. A. Lemos-Espinal. 2012. Effects of land-cover transformation and climate change on the distribution of two endemic lizards, *Crotaphytus antiquus* and *Sceloporus cyanostictus*, of northern Mexico. *Journal of Arid Environments*, 83: 1 – 9.

García, A. 2006. Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation*, 130: 25 – 46.

García, E. – Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. “Climas” (Clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1,000,000. México. Sistema Meteorológico Nacional / Comisión Federal de Electricidad / Comisión Nacional del Agua. 7 Capas ArcINFO 9.2 + 1 Archivo de Metadatos PDF.

García-Marmolejo, G., Escalante, T. y J. J. Morrone. 2008. Establecimiento de prioridades para la conservación de mamíferos terrestres neotropicales de México. *Mastozoología Neotropical*, 15: 41 – 65.

García-Padilla, E. y F. Villegas-Ruiz. 2010. *Gerrhonotus ophiurus* (Snake lizard). *Herpetological Review* 41: 512.

- García-Vazquéz, U. O., Aguilar-López, J. L., Feria-Ortiz, M., y I. Durán-Fuentes. 2006. Reporte de una hembra gestante de *Barisia ciliaris* (Smith, 1942). Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana, 14: 45 - 46.
- Good, D. A. 1988 (a). Allozyme variation and phylogenetic relationships among the species of *Elgaria* (Squamata: Anguinae). *Herpetologica*, 44: 154 – 162.
- Good, D. A. 1988 (b). Phylogenetic relationship among gerrhonotine lizards. University of California Publications in Zoology. 121: 138 pp.
- Good, D. A. 1994. Species limits in the genus *Gerrhonotus* (Squamata: Anguinae). *Herpetological Monographs*, 8: 180 – 202.
- Good, D. A. y K. Schwenk. 1985. A new species of *Abronia* (Lacertilia: Anguinae) from Oaxaca, México. *Copeia*, 1985: 135 – 141.
- Google, 2011. *Google Earth*. Consulta y descarga del software libre: 5 de Agosto de 2011. <http://earth.google.com>
- Grismer, L. L. 1988. Geographic variation, taxonomy, and biogeography of the anguid genus *Elgaria* (Reptilia: Squamata) in Baja California, México. *Herpetologica*, 44: 431 – 439.
- Grismer, L. L. y B. D. Hollingsworth. 2001. A taxonomic review of the endemic alligator lizard *Elgaria paucicarinata* (Anguinae: squamata) of Baja California, México with a description of a new species. *Herpetologica*, 57: 488 – 496.
- Grismer, L. L. 2002. Amphibians and reptiles of Baja California, including its Pacific islands and the islands in the Sea of Cortés. University of California Press Associates. Berkeley and Los Angeles, California.
- Guisan, A. y N. E. Zimmermann. 2000. Predictive habitat distribution model in ecology. *Ecological Modelling*, 135: 147 – 186.
- Guisan, A., y W. Thuiller. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8: 993 – 1009.
- Gutiérrez-Mayén, M. G. 2000. Anfibios y reptiles del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Biología. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. L283. México, D.F.
- Hernández, P. A., C. H. Graham, L. L. Master y D. L. Albert. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography* 29: 773 – 785.
- Herrera-Muñoz, G. 2011. Variación espacial de la riqueza de quirópteros utilizando modelos de distribución potencial en el estado de Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones y A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climates surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25: 1965 – 1978.

Hudson R., L. Sigler, C. Guichard, O. Flores y S. Ellis (Eds.) 2001. Conservación, asesoramiento y manejo planificado para lagartijas Abronia. Informe. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group: Apple Valley, MN.

Ibarra-Montoya, J. L., G. Rangel-Peraza, F. A. González-Farías, J. De Anda, M. E. Zamudio-Reséndiz, E. Martínez-Meyer, y H. Macías-Cuellar. 2010. Modelo de nicho ecológico para predecir la distribución potencial de fitoplancton en la Presa Hidroeléctrica Aguamilpa, Nayarit, México. *Revista Ambiente y Agua – An interdisciplinary Journal of Applied science*, 5: 60 – 75.

Johnson, J. D., L. D. Wilson y J. H. Townsend. 2010. Summary of the recent major changes in higher taxonomic categories of Mesoamerican amphibians and reptiles. En: L. D. Wilson, y J. H. Townsend (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Publications, LC, Eagle Mountain, Utah: 18 – 27.

Kadmon R., Farber O. y Danin A. 2003. A systematic analysis of factors affecting the performance of climatic envelope models. *Ecological Applications* 13:853-86.

Knight, R. A. y D. Duerre. 1987. Notes on the distribution, habitat and sexual dimorphism of *Gerrhonotus kingi*. *The Southwestern Naturalist*, 32: 283 – 285.

Knight, R. A. y J. F. Scudday. 1985. A new *Gerrhonotus* (Lacertidae: Anguidae) from the Sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Southwestern Naturalist* 30: 89 – 94.

Lazcano-Villarreal, D. 1997. Anfibios y reptiles del estado de Nuevo León. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIB2010-CONABIO. Proyecto No. B099. México, D.F.

Lazcano-Villarreal, D., 1999. Anfibios y reptiles del estado de Tamaulipas, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. H104. México D. F.

Lemos-Espinal, J. A. 2009. Anfibios y reptiles de la Región Terrestre Prioritaria (47): Sierra del Nido Pastizal de Flores Magón, Chihuahua. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyectos No. EE009, EE008, DE006, DE004, CE002, CE001, BE002, AE003, X004, U003 y L103. México, D.F.

Lemos-Espinal, J. A, Webb, R. G., Chiszar D. y H. M. Smith. 2000. *Barisia imbricata ciliaris*. *Herpetological Review* 31: 112.

Loeza-Corichi, A. y O. Flores-Villela. 1995. *Elgaria Kingii*. *Herpetological Review* 26: 108.

López-Vidal, J. C. 2006. Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN Fase 1: Estado de México, Hidalgo, San Luis

Potosí y Tlaxcala. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO. Proyecto No. BC004. México, D.F.

López-Vidal, J. C., Elizalde-Arellano, C., Campos-Rodríguez, J. I., Matías-Ferrer, N., González, N. y S. Murillo-Jiménez. 2008. Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN - Fases 2 y 3. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Bases de datos SNIB2010-CONABIO. Fase 2. Proyecto No. CC002. México, D.F.

Macey, J. R., J. A. Schulte II, A. Larson, B. S. Tunney, N. Orlov y T. J. Papenfuss. 1999. Molecular phylogenetics, tRNA evolution, and historical biogeography in anguid lizards and related taxonomic families. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 12: 250 – 272.

Martínez-Meyer, E., P. A. Peterson, J. I. Servín y L.F. Kiff. 2006. Ecological niche modelling and prioritizing areas for species reintroductions. *Oryx*, 40: 411 – 418.

McCormack, E. J., A. J. Zellmer, y L. L. Knowles. 2009. Does niche divergence accompany allopatric divergence in *Aphelocoma* jays as predicted under ecological speciation?: insights from test with niche models. *Evolution* 64: 1231 – 1244.

McCoy, C. J. 1970. A new alligator lizard (Genus *Gerrhonotus*) from the Cuatro Ciénegas Basin, Coahuila, México. *The Southwestern Naturalist*, 15: 37 – 44.

Medina-Romero M., I. Goyenechea y J. M. Castillo-Cerón. 2012. Phylogenetic measures applied to the conservation of Mexican Marsupials. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 1215 – 1226.

Mendoza-Quijano, F. y D. A. Good. 1994. *Gerrhonotus infernalis* (Texas Alligator Lizard). *Herpetological Review* 25: 164.

Milesi, F. A. y C. J. López. 2005. El concepto de nicho en Ecología aplicada: del nicho al hecho hay mucho trecho. *Ecología Austral*, 15: 131 – 148.

Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76: 207 – 252.

Nieto-Montes de Oca, A. 1999. Anfibios y reptiles del estado de Querétaro. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. H250. México, D.F.

Noss, R. F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4: 355 – 364.

Ortega-Huerta, M. A. y A. T. Peterson. 2008. Modelado de nichos ecológicos y predicción de distribuciones geográficas: comparación de seis métodos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 205 – 216.

Papes, M., y P. Gaubert. 2007. Modelling ecological niche from low numbers of occurrence: assessment of the conservation status of poorly known viverrids (Mammalia: Carnivora) across two continents. *Diversity and Distribution*, 13: 890 – 902.

Pearson, G. R., C. J. Raxworthy, M. Nakamura, y A. T. Peterson. 2007. Predicting species distribution from small number of occurrence records: a test using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34: 102 – 117.

Pérez-Losada, M., y K. A. Crandall. 2003. Can taxonomic richness be used as a surrogate for phylogenetic distinctness indices for ranking areas for conservation? *Animal Biodiversity and Conservation* 26: 77 – 84.

Peterson, A. T. 2001. Predicting species geographic distribution based on ecological niche modeling. *Condor*, 103: 599 – 605.

Peterson, A. T., S. L. Egbert, V. Sánchez-Cordero, y K. P. Price. 2000. Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Veracruz, México. *Biological Conservation*, 93: 85 – 94.

Pianka, E. R., y L. J. Vitt. 2003. *Lizards, Windows to the evolution of diversity*. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, California.

Pineda, E., y J. M. Lobo. 2009. Assessing the accuracy of species distribution models to predict amphibian species richness patterns. *Journal of Animal Ecology*, 78: 182 – 190.

Phillips, S. J., R. P. Anderson, y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distribution. *Ecological Modelling*, 190: 231 – 259.

Pough, F. H., R. M. Andrews, J. E. Cadle, M. L. Crump, A. H. Savitzky y K. D. Wells. 2004. *Herpetology*. Third Edition. Pearson, Prentice Hall.

PRIMER - LTD. 2001. Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research PRIMER ver 5.2.4. Plymouth United Kingdom.

Quintero-Díaz G., Vázquez-Díaz J. y H. M. Smith. 1999. *Elgaria kingii ferruginea*. *Herpetological Review* 30: 233-234.

Ramírez-Bautista, A., J. Vázquez-Díaz y G. Quintero-Díaz. 1998. *Gerrhonotus liocephalus* (Texas Alligator Lizard). *Herpetological Review* 29: 174.

Raxworthy, C. J., E. Martínez-Meyer, N. Horning, R. A. Nussbaum, G. E. Schneider, M. A. Ortega-Huerta y A. T. Peterson. 2003. Predicting distribution of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*, 426: 837 – 841.

Roig-Juñent, S., y G. DeBandi. 2004. Prioridades de conservación aplicando información filogenética y endemismo: un ejemplo basado en Carabidae (Coleoptera) de América del Sur Austral. *Revista Chilena de Historia Natural*, 77: 695 – 709.

Rodríguez, A. S. L., y K. J. Gaston. 2002. Maximising phylogenetic diversity in the selection of networks of conservation areas. *Biological Conservation* 105: 103 – 111.

Ruggeiro, A. y C. Ezcurra. 2003. Regiones y transiciones biogeográficas: Complementariedad de los análisis en biogeografía histórica y ecológica. En: Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía, J. J. Morrone y J. Llorente (Eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D.F., p: 141 – 154.

Sánchez-Cordero, V., V. Cirelli, M. Munguía, y S. Sarkar. 2005. Place prioritization for biodiversity representation using species' ecological niche modeling. *Biodiversity Informatics*, 2: 11 – 23.

Sánchez-Núñez, E. 2007. Vertebrados silvestres en zonas indígenas de la reserva de la biósfera Mariposa Monarca: anfibios y reptiles. Asesores en el Manejo de Recursos Naturales SA de CV. Bases de datos SNIB2010-CONABIO proyecto No. BK046. México, D.F.

Savage, J. M., K. R. Lips y D. R. Ibáñez. 2008. A new species of *Celestus* from west-central Panama, with consideration of the status of the genera of the Anguidae: Diploglossinae (Squamata). *Revista de Biología Tropical* 56: 845 – 859.

Schluter, D. y R. E. Ricklefs. 1993. Species diversity: an introduction to the problem. En: Species diversity in ecological communities. R. E. Ricklefs y D. Schluter (Eds.). Chicago University Press, Chicago, p: 1 - 10.

Schweiger, O., S. Klotz, W. Durka y I. Kühn. 2008. A comparative test of phylogenetic diversity indices. *Oecologia*, 157: 485 – 495.

SEMARNAT, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM – 059 – SEMARNAT – 2010, Protección ambiental – Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo.

Smith, H. M. 1986. The generic allocation of two species of Mexican anguid lizards. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 22: 21 – 22.

Smith, H. M., T. M. Burg y D. Chiszar. 2002. Evolutionary speciation in the alligator lizard of the genus *Barisia*. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, 38: 23 – 26.

Smith, H. M. y E. H. Taylor. 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of Mexico exclusive of the snakes. *Bulletin of the United States National Museum* 199: 1 – 253.

Smith, H. M. y M. Álvarez del Toro. 1963. Notulae herpetologicae Chiapasiae IV. *Herpetologica* 19: 100 – 105.

Smith, H. M. y R. B. Smith. 1981. Another epiphytic alligator lizard (*Abronia*) from Mexico. *Bulletin of Maryland Herpetological Society*. 17: 51 – 60.

Soberón, J. y Peterson, T. 2005. Interpretations of models of fundamental ecological niches and specie's distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2: 1 – 10.

Solano-Zavaleta, I., Méndoza-Hernández, A. A. y U. O. García-Vázquez. 2007. Reporte de tamaño de camada en *Abronia taeniata* (Wiegmann 1828). *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 15: 18 - 19.

Stockwell, D. y D. Peters. 1999. The GARP modeling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 13: 143 – 158.

Terán-Juárez, S. A. 2008. *Anguis incomptus* (Sauria: Anguidae), una adición a la herpetofauna de Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24: 235 – 238.

Vane-Wright, R. I., C. J. Humphries y P. H. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of a choice. *Biological Conservation* 55: 235 – 254.

Valdespino, T. C. S. 1998. Anfibios y Reptiles de la sierra del Carmen, Edo. de México. Tesis de licenciatura. UNAM. E.N.E.P. Iztacala. Tlanepantla, México.

Vellend, M., Cornwell, W. K., Magnuson-Ford, K., y Mooers, A. O. 2010. Measuring phylogenetic biodiversity. En: *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. A. E. Magurran y B. J. McGill (Eds.). Oxford University Press., p: 193 – 206.

von Euler, F. y Svensson, S. 2001. Taxonomic distinctness and species richness as measures of functional structure in bird assemblages. *Oecologia*, 129: 304 – 311.

Warwick, R. M. y K. R. Clarke. 1995. New 'biodiversity' measures reveal a decrease in taxonomic distinctness whit increasing stress. *Marine ecology progress series*, 129: 301 – 305.

Werler, E. J. y J. A. Campbell. 2004. New lizard of the genus *Diploglossus* (Anguidae: Diploglosinae) from the Tuxtlan faunal region, Veracruz, México. *The Southwestern Naturalist* 49: 327 – 333.

Worldclim. *Worldclim – Global Climate Data, free climate data for ecological modeling and GIS*. Consulta: Agosto de 2011. <http://www.worldclim.org>

Zaldívar-Riverón, A. y A. Nieto-Montes de Oca. 2002. Variation in the rare lizard *Barisia rudicollis* (Weigmann)(Anguidae) whit description of a new species from central México. *Herpetologica*, 58: 313 – 326.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (a). *Abronia bogerti*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (b). *Abronia chiszari*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (c). *Abronia deppei*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies

de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (d). *Abronia fuscolabialis*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (e). *Abronia graminea*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (f). *Abronia lytrochila*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (g). *Abronia matudai*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (h). *Abronia mitchelli*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (i). *Abronia mixteca*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (j). *Abronia oaxacae*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (k). *Abronia ochoterenai*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera,

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (l). *Abronia ornelasi*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (m). *Abronia reidi*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (n). *Abronia taeniata*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (ñ). *Barisia imbricata*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (o). *Barisia levicollis*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (p). *Barisia rudicollis*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (q). *Celestus enneagrammus*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (r). *Cellestus rozellae*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera,

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (s). *Elgaria kingi*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (t). *Elgaria multicaerinata*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (u). *Elgaria parva*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (v). *Elgaria paucicaerinata*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (w). *Gerrhonotus liocephalus*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (x). *Gerrhonotus lugoi*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (y). *Mesaspis antauges*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (z). *Mesaspis gadovi*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera,

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (1). *Mesaspis juarezi*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (2). *Mesaspis moreleti*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (3). *Mesaspis viridiflava*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (4). *Ophisaurus ceroni*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar Riverón, A., W. Schmidt y P. Heimes. 2002 (5). *Ophisaurus incomptus*. Revisión de las categorías en el proyecto de norma oficial mexicana (PROY-NOM-059-2000) para las especies de lagartijas de la familia Anguidae (Reptilia). Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W 026. México. DF.

Zaldívar-Riverón, A., A. Nieto-Montes de Oca y J. P. Laclette. 2005. Phylogeny and evolution of dorsal pattern in the Mexican endemic lizard genus *Barisia* (Anguidae: Gerrhonotinae). *Journal of Zoological Systematic and Evolutionary Research*, 43: 243 – 257.

Zug, G. R., L. J. Vitt, y J. P. Caldwell. 2001. *Herpetology, an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press. California, USA.

Anexo 1

IMÁGENES DE EJEMPLARES QUE ILUSTRAN LOS DISTINTOS GÉNEROS CON QUE SE TRABAJÓ EN LA PRESENTE TESIS

En el caso de *Anguis fragilis* y *Ophisaurus ventralis*, no son especies que se hayan trabajado, pero se usan estas imágenes para representar a los géneros, ya que no fue posible obtener imágenes de las especies *Anguis incompus* y *Ophisaurus ceroni*. Todas las fotos fueron tomadas de distintas páginas de internet, con el permiso previo de los autores.



Abronia smithi. Autor: Elí García Padilla.



Anguis fragilis. De: www.naturfakta.no



Anniella pulchra. De: www.reptiles-world.blogspot.com. Autor: John Smith



Barisia jonesi. De: www.picssr.com



Celestus rozellae. De: www.reptile-database.reptarium.cz



Elgaria multicarinata. De: www.herpnation.com



Mesaspis moreleti. De: www.wep3.smugmug.com
Autor: Bill Peterson



Gerrhonotus infernalis.
De: www.herpnation.com



Ophisaurus ventralis.
De: www.eol.org

Especie	Tipos de vegetación																								
	A T	B E	B O	B P	B M M	C H	M a	M C	M D M	M D R	M R C	M S M	M S	M S C	M z	P H	P I	P N	S a	S A P	S B C	S M C	S M Sc	S M Sp	V H
<i>Celestus ingrdae</i>																				X					
<i>Celestus legnotus</i>				X	X												X								
<i>Celestus rozellae</i>		X		X	X		X		X							X	X				X	X			
<i>Elgaria cedroensis</i>				X					X					X											X
<i>Elgaria ignava</i>				X		X			X		X														
<i>Elgaria velazquezi</i>									X				X												
<i>Elgaria paucicarinata</i>		X		X									X								X				
<i>Elgaria nana</i>						X					X														
<i>Elgaria multicarinata</i>				X		X			X		X														
<i>Elgaria kingi</i>		X		X	X				X		X				X		X	X			X		X		
<i>Mesaspis viridiflava</i>				X	X												X		X	X					
<i>Mesaspis moreleti</i>		X		X	X																				
<i>Mesaspis juarezi</i>		X		X	X																				
<i>Mesaspis gadovi</i>		X		X	X												X				X				
<i>Mesaspis antauges</i>		X																							
<i>Gerrhonotus lugoi</i>										X						X									
<i>Gerrhonotus farri</i>									X	X															
<i>Gerrhonotus parvus</i>						X			X								X								
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>		X		X				X	X								X			X	X				
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>		X		X	X												X		X	X	X	X		X	
<i>Gerrhonotus infernalis</i>		X	X	X	X	X			X	X							X	X			X	X			
<i>Ophisaurus ceroni</i>																	X				X				

Anexo 3

Provincias biogeográficas para cada especie de ánguido.

Claves: AN= Altiplano Norte; AS= Altiplano Sur; BC= Baja California; C= California; DC= Del Cabo; S= Sonora; T= Tamaulipeca; DB= Del Bajío; EVT= Eje volcánico Transmexicano; O= Oaxaca; SMOc= Sierra Madre Occidental; SMOr= Sierra Madre Oriental; SMS= Sierra Madre del Sur; CP= Costa del Pacífico; GM= Golfo de México; LAC= Los Altos de Chiapas; So= Soconusco.

Especie	Provincias biogeográficas																
	A N	A S	B C	C	D C	S	T	D B	E V T	O	S M Oc	S M Or	S M S	C P	G M	L A C	So
<i>Abronia bogerti</i>														X			
<i>Abronia chiszari</i>															X		
<i>Abronia deppeii</i>								X	X								
<i>Abronia fuscolabialis</i>										X			X	X			
<i>Abronia gramminea</i>									X	X		X					
<i>Abronia leurolepis</i>																X	
<i>Abronia lytrochila</i>														X	X	X	
<i>Abronia martindelcampoi</i>													X				
<i>Abronia mitchelli</i>													X				
<i>Abronia mixteca</i>													X				
<i>Abronia matudai</i>																	X
<i>Abronia oaxacae</i>										X			X				
<i>Abronia ochoterena</i>																X	
<i>Abronia ramirezi</i>														X			
<i>Abronia ornelasi</i>													X				
<i>Abronia reidi</i>															X		
<i>Abronia smithi</i>														X		X	X
<i>Abronia taeniata</i>		X							X			X					
<i>Anguis incomptus</i>															X		
<i>Anniella geronimensis</i>			X														
<i>Anniellis pulchra</i>			X	X													
<i>Barisia imbricata</i>		X							X			X					
<i>Barisia ciliaris</i>	X	X					X			X	X						
<i>Barisia rudicollis</i>									X								
<i>Barisia planifrons</i>													X				
<i>Barisia levicollis</i>	X										X						
<i>Barisia jonesi</i>								X					X	X			
<i>Barisia herrerae</i>									X								
<i>Celestus enneagramus</i>										X		X	X		X		
<i>Celestus ingridae</i>															X		
<i>Celestus legnotus</i>									X			X					
<i>Celestus rozellae</i>	X					X					X			X			
<i>Elgaria cedroensis</i>			X														
<i>Elgaria ignava</i>			X	X		X											

Especie	Provincias biogeográficas																
	A N	A S	B C	C	D C	S	T	D B	E V T	O	S M Oc	S M Or	S M S	C P	G M	L A C	So
<i>Elgaria velazquezi</i>			X														
<i>Elgaria paucicarinata</i>			X		X												
<i>Elgaria nana</i>				X													
<i>Elgaria multicarinata</i>			X	X		X											
<i>Elgaria kingi</i>	X					X					X				X		
<i>Mesaspis viridiflava</i>										X			X	X			
<i>Mesaspis moreleti</i>														X		X	X
<i>Mesaspis juarezi</i>										X			X				
<i>Mesaspis gadovi</i>													X	X			
<i>Mesaspis antauges</i>									X								
<i>Gerrhonotus lugoi</i>	X																
<i>Gerrhonotus farri</i>		X															
<i>Gerrhonotus parvus</i>		X										X					
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>		X										X			X		
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>									X	X	X		X	X	X	X	
<i>Gerrhonotus infernalis</i>	X	X					X				X	X			X		
<i>Ophisaurus ceroni</i>															X		