



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores
Iztacala

**“Efectividad de la red de Áreas Naturales
Protegidas en la conservación de anfibios
mexicanos en categorías de riesgo”**

TESIS

Para obtener el título de:

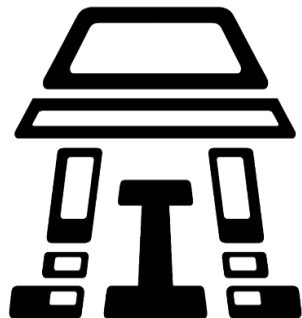
BIÓLOGO

PRESENTA

Brian Edwin Siurob Espíndola

Director de Tesis:

Dr. Hibraim Adán Pérez Mendoza



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Índice

Resumen.....	1
I. Introducción.....	2
II. Antecedentes.....	6
III. Justificación.....	8
IV. Objetivos.....	10
Objetivo general	
Objetivos particulares	
V. Materiales Y Métodos.....	11
Identificación de sitios prioritarios	
Comparación de los Sitios Prioritarios con la Red de Áreas Naturales Protegidas Federales	
Distribución de los Sitios Prioritarios en las diferentes Ecorregiones terrestres de México	
VI. Resultados.....	21
VII. Discusión.....	29
VIII. Conclusiones.....	36
IX. Recomendaciones.....	37
X. Literatura Citada.....	38
XI. Anexo.....	45

Agradecimientos académicos

Al Dr. Hibrán Pérez Mendoza por su trabajo como profesor y director de tesis, pero sobretodo por su labor como persona al ver en mí, así como en todos quienes trabajamos bajo su tutela, a un ser humano y no sólo a un tesista más. No creo tener las palabras para agradecer el esfuerzo en la formación de quienes hemos sido tus alumnos.

A la Mtra. Mónica Chico Avelino por participar invaluablemente en la elaboración de este proyecto de tesis. Desde brindarme la oportunidad de tomar una clase que resultó de gran valor hasta compartir de su conocimiento y el tiempo para hacer de éste el mejor trabajo posible.

A las Dra. Patricia Koleff, Dra. Tania Urquiza, Mtra. Wolke Tobón y Dra. Ángela Cuervo por colaborar, desde sus áreas de especialidad, en el entendimiento de la complejidad que implica la conservación de la diversidad biológica. Este trabajo no habría sido posible sin sus enseñanzas.

Y a todos y cada uno de aquellos quienes han sido mis profesores durante toda mi vida académica. Indudablemente algunos impactaron más que otros, pero sería negligente omitir la valía de quienes tuvieron la vocación de pararse frente a un grupo y llevar a cabo una de las más nobles profesiones, la enseñanza.

Agradecimientos personales

A mi madre, Liz, quien hizo todo esto posible. Siempre he de estar agradecido por todo lo que hiciste y, por lo que no, también. Sé que tal agradecimiento algunas veces no se notó y otras tantas parecía lo contrario, seguro era mi ego herido al reconocer que todos mis logros siempre tuvieron tu respaldo como piedra angular y yo ni siquiera lo sabía. Mi completo reconocimiento por permitirme vivir como he querido y todavía permanecer ahí para apoyarme, pero más importante aún, mi sempiterna gratitud por la persona que tuviste que ser para que yo fuera quien soy; me debo completamente a ti.

A mi familia, por el cariño y amparo brindado, aún cuando era yo quien menos sabía que lo necesitaba. Paquita, Mario, Adriana, Israel, Elvia, Mario, Julio, Mario, Monse, Ramsés y Efra, todos y cada uno formaron el concepto que tengo de lo que es una familia, correcto o incorrecto, no lo sé, pero de lo que sí estoy seguro es que hicieron todo lo posible para sentirme amado y en eso no fallaron; ya no estaba en sus manos si yo no supe procesarlo. Gracias por creer que yo valía la pena.

A mis hermanos, Brenda y Sebastian, aunque en tiempos diferentes, ambos son las personas que siempre he de amar por el simple hecho de ser ustedes y por quienes he de querer ser mejor. De los dos tengo la idea más prístina de lo que es una familia.

A mis amigos y hermanos, de quienes tengo los mejores recuerdos en los últimos años. Sara, Ale, Luis, Victor y Monse, estudiar Biología con ustedes fue un gusto, pero ser su amigo y compartir un poco de nuestras vidas ha sido y sigue siendo un motivo mayor de alegría.

No hace falta decir nombres, aunque admito que me costaría escribirlos. Hay personas que nos forman como seres humanos, otras pocas a quienes queremos sin saber porqué y algunas más por quienes estamos agradecidos de haber coincidido, ambas son todo eso y más. Simplemente mi vida no se explica si no es a través de ustedes y, a pesar de todo, es gracias a ustedes que siento que le terminaré debiendo a la vida misma.

Finalmente, quiero agradecer a todas aquellas personas que, pese a no ser aquí nombradas, prevalecen en la memoria. Los nombres son muchos, pero lo son aún más los recuerdos y la gratitud porque, de una u otra manera, estuvimos para nosotros cuanto la vida nos ha permitido; espero nos otorgue la dicha de que sea por más tiempo.

Resumen

La importancia de la diversidad biológica y su conservación ha permeado en las agendas legislativas de la gran mayoría de los países, siendo el de México un caso particular por el reto que implica debido a la cantidad de componentes biológicos que alberga y su compleja distribución en el territorio. No obstante, si bien se cuenta con un robusto marco legislativo nacional e importantes acuerdos internacionales, la protección *in situ* de la diversidad biológica a través de su principal instrumento de conservación, las Áreas Naturales Protegidas, carece de criterios sistemáticos en su planificación aún cuando su cobertura se ha incrementado considerablemente en los últimos años, teniendo hoy en día un sistema de reservas que no resguarda una muestra representativa de los componentes biológicos ni asegura la continuidad de los procesos ecológicos-evolutivos, sobretodo de aquellos más amenazados a causa de actividades antrópicas. En este contexto, a partir de los datos de ocurrencia de las especies de anfibios mexicanos en categorías de riesgo se elaboraron los modelos de sus distribuciones potenciales con el principio de Máxima Entropía en Maxent 3.4.1, los cuales se emplearon para la identificación de los sitios prioritarios para su conservación. Así mismo se realizaron cuatro ejercicios de priorización con el software MARXAN 1.8, en los cuales se utilizaron unidades de planificación de 25,600 y 10,000 ha, y metas de conservación del 10% del área de distribución de todas las especies y otras establecidas en función de la endemidad, la amplitud de su distribución y el estatus de conservación en la NOM-059-SEMARNAT y la Red List de IUCN. Al comparar la localización de los sitios identificados como prioritarios con la cobertura de las Áreas Naturales Protegidas Federales y las Ecorregiones Terrestres de México, se evidenciaron la ineficiencia de la red actual de reservas en la protección de estas especies y la predominante distribución serrana que tiene este grupo.

Palabras clave: Planeación sistemática para la conservación, áreas naturales protegidas, anfibios, México.

I. Introducción

Debido a su valor intrínseco e importancia, la biodiversidad y su conservación han sido consideradas por el Convenio sobre Diversidad Biológica (CBD, 1992) como motivos de interés para toda la humanidad. Precedido por importantes acuerdos para la protección de componentes bióticos (Ramsar Convention, 1971; Stockholm Declaration, 1972; World Heritage Convention, 1972; CITES, 1973), el Convenio sobre Diversidad Biológica es quizá el tratado internacional más completo jamás adoptado (CBD, 2001). Conformado por 168 países —incluido México—, éste tiene entre sus tres objetivos principales la conservación de la diversidad biológica en todos sus niveles (CBD, 1992).

En cumplimiento de las disposiciones del CBD (1992), México elaboró dos de los tres documentos que se comprometió a elaborar: La Diversidad Biológica de México: un estudio de país (CONABIO, 1998) y Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (CONABIO, 2000); sin embargo, quedó pendiente la elaboración de un Plan de Acción para implementar esta última (CONABIO, 2016). Recientemente y en función de lo establecido por el CDB en el Plan Estratégico 2011-2020 y las Metas de Aichi (COP-10, 2010), se elaboró la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030 (CONABIO, 2016), un marco de trabajo que define las necesidades y prioridades en cuestiones sobre la diversidad biológica del país; y la Estrategia 2040, la cual dicta los objetivos en un plazo de más de 20 años para gestionar las Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2014).

Dentro de los esquemas de trabajo a nivel internacional y nacional para la protección de la diversidad biológica se reconoce a la conservación *in situ* como la exigencia fundamental y la vía principal para el resguardo de los componentes bióticos en cualesquiera de sus niveles de organización (CBD, 1992; CONABIO, 2016), siendo las Áreas Naturales Protegidas (ANP) la base en la que se sustentan las estrategias de conservación ya que los principales objetivos de éstas es albergar una muestra representativa de la diversidad biológica y

asegurar la continuidad de sus procesos ecológicos y evolutivos (Margules & Pressey, 2000; Dudley & Stolton, 2008).

A nivel mundial las ANP resguardan 14.7% (19.8 millones de km²) de la superficie de ecosistemas terrestres y de aguas continentales, mientras que la cobertura del área de ecosistemas oceánicos y costeros es de 4.12% y 10.2% (14.9 millones de km²) respectivamente (UNEP-WCMC & IUCN, 2016). Actualmente existen 182 ANP de carácter federal en México, las cuales suman una cobertura total mayor a 900,000 km² (CONANP, 2017), es decir, 17.76% del territorio mexicano —incluyendo la zona exclusiva económica de mar territorial— se encuentra bajo protección. No obstante, debido a la compleja distribución de la diversidad biológica en el país y a una inadecuada selección de sitios para la conservación de componentes bióticos, de manera general la red de ANP no es eficaz para resguardar y asegurar la continuidad de una muestra representativa de la diversidad biológica (Margules & Pressey, 2000; CONABIO et al. 2007a,b; Margules & Sarkar, 2007).

Ante el reto que supone una red de ANP que resguarde una muestra representativa de la diversidad biológica y asegure la continuidad de sus procesos ecológicos y evolutivos, se realizaron una serie de trabajos que contribuyeron al desarrollo de un marco teórico sobre la adecuada selección de áreas destinadas a la conservación biológica (Pressey et al. 1993; Pressey, 1994; Olson & Dinerstein, 1998; Margules et al. 1988). Posteriormente, se propuso la Planeación Sistemática de la Conservación (PSC), un proceso que tiene entre sus objetivos la identificación de áreas de prioridad para la conservación y desvincularlas de aquellos procesos que amenazan la existencia de la diversidad biológica, conciliando los distintos intereses sociales, económicos y políticos que puedan encontrarse vinculados (Margules & Pressey, 2000; Margules & Sarkar 2007).

En un inicio la PSC se ideó solamente como un proceso de seis etapas (Margules & Pressey, 2000), no obstante, debido a la necesidad de transparentar y especificar lo realizado en cada una de éstas, se propuso agregar tres etapas más (Margules & Sarkar,

2007). Además, a causa de ser un proceso que requiere continuidad, las medidas tomadas a partir de la PSC son susceptibles a constantes cambios y revisiones (Margules & Pressey, 2000). Pese a ser quizá la etapa más sencilla en toda la PSC (Sarkar & Illoldi-Rangel, 2010), la revisión de la red de ANP existente es una de las que más requiere actualización para lograr los objetivos de conservación (Margules & Pressey, 2000).

El éxito de la conservación biológica dentro de la jurisdicción de las ANP radica en una serie de factores relacionados a su manejo y gestión, siendo unas más exitosas que otras (Bruner et al. 2001). No obstante, una red de ANP basada sólo en el porcentaje de área bajo protección —como la mayoría a nivel mundial— no garantiza adecuado resguardo a toda la diversidad biológica, siendo los anfibios uno de los grupos con menor protección dentro de las ANP (Rodrigues et al. 2004 a, b; Stuart et al. 2004; Watson et al. 2016).

Los anfibios conforman un grupo que se distingue de otros vertebrados terrestres por poseer piel altamente permeable desprovista de escamas, plumas o pelo; y la ausencia de alguna estructura de protección sólida durante el desarrollo embrionario. Este grupo se compone de los órdenes: Anura, Caudata y Gymnophiona, y consta de más de 6,300 especies descritas (Wells, 2007; Schoch, 2014; Vitt & Caldwell, 2013). Desde una perspectiva sistemática, los anfibios actuales —Lissamphibia— se reconocen como un grupo monofilético debido a la ancestría común de todos sus representantes y con base en una serie de caracteres morfológicos derivados compartidos, tales como dientes pedicelados y bicúspidos, papila amphibiorum, canalis perioticus, gónadas con grandes cuerpos grasos, y la articulación del radio y cúbito sobre el húmero; este taxón hace distinción entre los anfibios modernos y los taxa del Paleozoico y Mesozoico que comúnmente son llamados “anfibios” (Wells, 2007; Schoch, 2014).

De manera general este taxón es particularmente susceptible a las perturbaciones de su medio debido a características fisiológicas, morfológicas, conductuales y ecológicas propias del grupo, por tanto, estos organismos han llegado a ser considerados como buenos

indicadores del grado de conservación de su hábitat (Wake, 1991; Collins & Storfer, 2003; Wells, 2007).

Durante las últimas décadas del siglo pasado comenzó a reportarse el declive simultáneo de algunas poblaciones de anfibios en diversas regiones del mundo, el cual se presume es producto de la susceptibilidad propia del grupo más una compleja interacción entre distintos factores, tanto bióticos como abióticos, tales como: introducción de especies invasoras, destrucción y fragmentación del hábitat, enfermedades infecciosas, contaminación con pesticidas u otros compuestos químicos tóxicos y cambio climático (Blaustein & Kiesecker; 2002; Collins & Storfer, 2003; Wells, 2007; Halliday, 2005). Pese a que el grado de afectación no ha sido el mismo en todos los de anfibios, no se han identificado las características que hacen más vulnerables a unas especies que a otras (Crump, 2005).

II. Antecedentes

A nivel global, Rodrigues et al. (2004a) realizaron un análisis de vacíos y omisiones (GAP) para evaluar la efectividad de la red de ANP —sólo aquellas validadas por IUCN— en el resguardo de una muestra representativa de vertebrados terrestres —anfibios, reptiles (tortugas), aves y mamíferos—, considerando que una especie se encuentra resguardada dentro de la red de ANP si y sólo si una fracción de su distribución se sobrepone con el área de ésta. Se concluyó que los anfibios son el taxón con menor representatividad dentro de las ANP, mientras que las especies reconocidas en alguna categoría de riesgo, sin importar el taxón al que pertenecen, constituyen el grupo con mayor proporción de especies que no se encuentran dentro de la cobertura de la red de ANP.

A su vez, Watson et al. (2016) llevaron a cabo un análisis GAP a escala mundial para evaluar la eficiencia de la red de ANP para asegurar la representatividad y continuidad de algunos vertebrados terrestres —anfibios, aves y mamíferos— en categorías de riesgo, teniendo entre sus resultados dos hechos importantes: 1) los anfibios son el grupo con mayor número de especies amenazadas que no se hallan representadas en la red de ANP, y el que cuenta con menos especies cuyo porcentaje del área de su distribución dentro de las ANP permite asegurar la continuidad de sus poblaciones; 2) Mesoamérica es una de las regiones en las que se requiere incrementar la cobertura de las ANP para asegurar la representatividad y continuidad de su diversidad biológica.

Por su parte, en México, Ochoa-Ochoa y Flores-Villela (2006) realizaron un análisis de discrepancias entre las áreas prioritarias para la conservación de anfibios y reptiles en México —delimitadas en cuadros a escala de 0.5° e identificadas por medio del método de complementariedad— y las ANP de carácter federal que, hasta ese entonces, ocupaban 8.9% de la superficie del territorio nacional. Habiendo reconocido 125 áreas prioritarias para la conservación, de las cuales la mayoría se localizan en la región sur del país, hallaron que

aproximadamente el 70% del número total de ANP no se sobreponían con los cuadros complementarios y el área de solapamiento sólo corresponde al 24% de la superficie de las ANP's.

Más tarde se realizó un análisis GAP en la red de ANP de México (CONABIO et al. 2007a). Los análisis para anfibios se realizaron con tres algoritmos distintos —MARXAN, CPLEX y RESNET— en una red de unidades hexagonales de 256 km² y con distintas metas de conservación dadas por criterios como el área de distribución y el estatus de conservación, concluyendo que, de las 302 especies tomadas en cuenta, 224 habitan en alguna de las ANP.

Posteriormente, Urbina-Cardona y Flores-Villela (2010) identificaron áreas para la conservación de la herpetofauna mexicana con base en las especies registradas sólo en los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Guerrero, Puebla y Michoacán. El ejercicio de priorización se realizó por medio del software ConsNet utilizando tres subrogados: especies endémicas, especies amenazadas y toda la herpetofauna, con objetivos de conservación del 10 y 30% de representación, obteniendo así seis escenarios distintos en los que, dependiendo del subrogado, para conservar la herpetofauna se requería proteger entre 27,533 km² y 160,120km² de la región, de los cuales sólo entre 4% y 22.1% se encontraban dentro de la jurisdicción de las ANP vigentes.

Finalmente, Koleff y Urquiza-Haas (2011) compararon los resultados de tres algoritmos diferentes —entre ellos Marxan— que emplearon para la selección de redes de reservas de anfibios con unidades de planeación de 256 km² (25,600 ha) y distintos subrogados: especies seleccionadas por expertos, raras, comunes y todas, concluyendo que no hay una única solución adecuada para alcanzar los objetivos de conservación, pero que sí hay sitios que por sus particularidades resultan ser irremplazables y, por tanto, son denominados Sitios Altamente Prioritarios (SAP).

III. Justificación

De acuerdo a lo concertado por el CBD (1992) y explícitamente establecido en el artículo 7 del mismo, son componentes de la diversidad biológica cuya conservación es de sumo interés aquellas especies que se encuentren amenazadas o que sean de relevancia para la investigación sobre la conservación biológica. Además, en función de lo ratificado por la Conferencia de las Partes del CBD (COP-10, 2010) y con fundamento en Objetivo Estratégico C de las Metas de Aichi, es de común acuerdo mejorar la situación de la diversidad biológica, para lo cual es fundamental el cumplimiento de las metas 11 y 12, las cuales establecen respectivamente: incrementar la superficie conservada a través de ANP y que éstas a su vez sean representativas de la diversidad biológica; y eludir la extinción de especies actualmente en peligro además de mejorar el estatus de conservación de las especies, principalmente aquellas en mayor declive.

Para el caso de México, el Eje Estratégico 2 de la Estrategia nacional sobre biodiversidad de México y plan de acción 2016-2030 (CONABIO, 2016) tiene por objetivo la consolidación de las diversas modalidades de conservación —incluida la conservación *in situ*—, para lo cual en parte se pretende aumentar el área del territorio nacional resguardada por medio de ANP que salvaguarden una muestra representativa de la diversidad biológica y aseguren la viabilidad de sus poblaciones; mientras que en el Eje Sustantivo concerniente a la Conservación y Manejo de la Biodiversidad de la Estrategia 2040 (CONANP, 2014) igualmente tiene por objetivo mantener la representatividad de la diversidad biológica y la integridad de los procesos ecológicos.

En México se han registrado aproximadamente 380 especies de anfibios, de las cuales casi el 60% son endémicas (Flores-Villela & Gerez, 1994; CONABIO, 2011a; Parra-Olea et al. 2014), sin embargo, 194 de éstas se encuentran en la NOM-059 (SEMARNAT, 2010) y

115 en la Red List (IUCN, 2017) es decir, más del 50% de los anfibios nativos de México se ubican en alguna categoría de riesgo.

Por tanto, con base en las metas propuestas en los marcos de trabajo sobre biodiversidad a nivel internacional y nacional (CBD, 1992; COP-10, 2010; CONABIO, 2016; CONANP, 2014), la susceptibilidad intrínseca del grupo (Wells, 2007; Collins & Storfer, 2003), el declive generalizado de sus especies (Blaustein & Kiesecker, 2002; Collins & Storfer, 2003; Wells, 2007; Halliday, 2005), el presente trabajo tuvo por objetivo evaluar la efectividad de la red de ANP federales en la representatividad y continuidad de los anfibios mexicanos en categorías de riesgo.

IV. Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la efectividad de las Áreas Naturales Protegidas para la protección de los anfibios mexicanos en categorías de riesgo.

Objetivos particulares

- Identificar sitios prioritarios para la conservación de las especies de anfibios nativos mexicanos en categorías de riesgo.
- Comparar la ubicación de los sitios prioritarios para la conservación de anfibios con la red de Áreas Naturales Protegidas federales de México.
- Conocer la distribución de los sitios prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo en relación a las Ecorregiones terrestres de México.

V. Materiales Y Métodos

Identificación de sitios prioritarios

De las especies de anfibios registradas en México (CONABIO, 2011a) se seleccionaron solamente aquellas en alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059 (SEMARNAT, 2010) o en la Red List (IUCN, 2017). La información puntual de cada especie se obtuvo a partir de la base de datos colaborativa de acceso libre Global Biodiversity Information Facility (GBIF) a través del software R (Ihaka y Gentleman, 1996) usando la función *gbif* del paquete *dismo* (Hijmans et al. 2017).

A partir de la información obtenida se elaboró una base de datos en formato de texto separado por comas .csv, tomando en cuenta sólo aquellos campos de relevancia para el estudio, tales como: nombre científico de la especie y su sistema de clasificación, país y año de colecta, tipo de registro (observación humana, espécimen conservado, en literatura o de origen desconocido), geolocalización de ocurrencia (coordenadas geográficas en grados decimales, SRC WGS84), colección o institución a la que pertenecen y nombre de quien identificó al organismo.

Debido a los riesgos que supone el uso de información proveniente de fuentes como GBIF (Newbold, 2010; Peterson et al. 2011), se organizó y depuró la base de datos, de manera que se corrigieron los nombres científicos y actualizaron las sinonimias, se excluyeron aquellos registros pertenecientes a otros países o que no contaran con la geolocalización de ocurrencia. Para corroborar su validez geográfica, los datos de cada especie fueron proyectados en un SIG, QGIS 2.18 (QGIS Project, 2018), sobre las capas vectoriales de los límites nacionales de México (CONABIO, 2003) y de su distribución potencial de acuerdo a Ochoa-Ochoa et al. (2006) y IUCN (2017), de manera que se eliminaron aquellos registros que se localizaran fuera del límite territorial mexicano o se encontraran en un sitio de ocurrencia improbable para la especie.

Posteriormente se incorporaron dos campos referentes al estatus de conservación de cada especie, uno para la categoría de riesgo de cada especie de acuerdo a la clasificación de la NOM-059 (SEMARNAT, 2010) y otro para la de la Red List (IUCN, 2017); es importante mencionar que únicamente se consideraron las categorías: *sujetas a protección especial* (Pr), *amenazada* (A) y *en peligro de extinción* (P) de la NOM-059, y *vulnerable* (VU), *endangered* (EN) y *critically endangered* (CR) de la Red List, de manera que en un inicio se tomaron en cuenta 275 especies de anfibios mexicanos.

Se modeló la distribución potencial de cada especie de acuerdo al principio de máxima entropía utilizando el software Maxent 3.4.1 (Phillips et al. 2017) a partir de las localidades de ocurrencia de las especies y las 19 variables bioclimáticas de WorldClim 2.0 (Fick & Hijmans, 2017). Debido al efecto que tiene el número de registros empleados para generar cada modelo y a la correspondencia temporal requerida entre los registros y las variables ambientales (García, 2006; Hernandez, 2006; Phillips et al. 2006; Peterson et al. 2011), solamente se tomaron en cuenta aquellas especies con 5 o más registros únicos posteriores a 1970, por tanto se consideraron sólo 160 especies, 85 anuros y 75 caudatos. Después, para delimitar el área accesible de cada especie (Peterson et al. 2011) se consideró el criterio aplicado por Ochoa-Ochoa y Flores-Villela (2016) utilizando la intersección de la envolvente convexa de las localidades de ocurrencia con los límites de las cuencas hidrológicas de México (CNA, 1998), posterior a lo cual se realizó un clip con máscara a las capas climáticas en un SIG, ArcMap 10.2.2, con el paquete SMDtoolbox 2.0 (Brown et al. 2017).

El algoritmo se corrió generando 10 replicas por cada especie con una validación cruzada —*crossvalidate*—, con los parámetros establecidos por default: 10,000 puntos de *background* y un multiplicador de regularización =1; utilizando el 75% de los registros para el entrenamiento —*training*— y el 25% restante como prueba —*testing*— de acuerdo a lo realizado por Urbina-Cardona y Flores- Villela (2010).

Los modelos resultantes se evaluaron con base en los análisis: Área Bajo la Curva (AUC) y curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC), eligiendo para el ejercicio de priorización aquellos con bajo porcentaje de omisión y el valor más alto de AUC, siempre y cuando éste fuese >0.75 (Phillips et al. 2006; Phillips & Dudik, 2008). Posteriormente los modelos seleccionados, uno por cada especie, se procesaron en el SIG ArcView 3.1 (ESRI, 2002) aplicando el umbral del 10 percentil, obteniendo así modelos de presencias y ausencias en formato raster y en un SRC WGS84.

A partir de los modelos de distribución de las especies tomadas en cuenta, se realizaron cuatro ejercicios de priorización con el software Marxan 1.8 (Ball & Possingham, 2000) en dos rejillas de diferente resolución, una con 8,216 unidades de planificación de 25,600 ha (256 km²) y otra con 20,476 unidades de 10,000 ha (100 km²), y por cada rejilla se corrieron ejercicios con diferentes metas de conservación, las cuales están dadas en términos del área de distribución de cada especie. De acuerdo a Koleff y Urquiza-Haas (2011) se estableció como meta el 10% de la distribución de todas las especies, sin embargo también se establecieron metas diferentes para cada taxón a partir de diferentes criterios (Tabla 1) tales como endemidad, tamaño del área de distribución, modificado de Rodrigues et al. (2004b), categoría de riesgo de acuerdo a NOM-059 (SEMARNAT, 2010) y a la Red List (IUCN, 2017). Por tanto, se crearon los archivos de entrada necesarios para cada ejercicio (Game & Grantham, 2008): Archivo de Unidades de Planificación —*pu.dat*—, Archivo de Objetos de Conservación —*spec.dat*—, Archivo de Unidades de Planificación vs Objetos de Conservación —*puvspr2.dat*— y, por último, Archivo de Parámetros de Entrada —*input.dat*—.

Tabla 1. Anfibios mexicanos en categorías de riesgo y criterios utilizados para la asignación de metas de conservación para el ejercicio de priorización en Marxan.

¹ De ser una especie endémica se estableció como meta el 5% de su distribución

² Modificado de Rodrigues et al. (2004b). Para especies con áreas de distribución <1,000km² se establece el 20% como meta, mientras que en especies con áreas de distribución >250,000 km² se asigna una meta del 5%; la meta de conservación para especies con áreas de distribución dentro de ese rango se establece interpolando entre esos dos extremos ($= -6 \cdot E + 11m^2 + 20.06$)

³ Porcentaje sumado a la meta total dependiendo la categoría de riesgo en la legislación mexicana NOM-059 (SEMARNAT, 2010): En Peligro de Extinción (P) = 15; Amenazada (A) = 10 Sujetas a Protección Especial (Pr) = 5

⁴ Porcentaje sumado a la meta total dependiendo la categoría de riesgo en la Red List (IUCN, 2017): Critically Endangered (Cr) = 15; Endangered (En) = 10; Vulnerable (Vu) = 5

*Las especies cuyos modelos de distribución potencial no cumplieron con los requisitos de acuerdo a los criterios establecidos no se tomaron en cuenta para el ejercicio de priorización

id Marxan	Especie	Endemismo ¹	Área de distribución ²	NOM-059 ³ E/P/A/Pr	IUCN ⁴ Cr/En/Vu	% Meta
1001	<i>Anaxyrus californicus</i>		20	15	10	45
1002	<i>Anaxyrus debilis</i>		11	5		16
1003	<i>Anaxyrus retiformis</i>		19	5		24
1004	<i>Incilius cavifrons</i>	5	20	5	10	40
1005	<i>Incilius coccifer</i>		20	5		25
1006	<i>Incilius cristatus</i>	5	20	5	15	45
1007	<i>Incilius macrocristatus</i>		20		5	25
1008	<i>Incilius perplexus</i>	5	17		10	32
1009	<i>Incilius tacanensis</i>		20		10	30
1010	<i>Incilius tutelarius</i>		20		10	30
1011	<i>Craugastor alfredi</i>		19		5	24
1012	<i>Craugastor berkenbuschii</i>	5	19	5		29
1013	<i>Craugastor decoratus</i>	5	19	5	5	34
1014	<i>Craugastor greggi</i>		20	5	15	40
1015	<i>Craugastor hobartsmithi</i>	5	19		10	34
1016	<i>Craugastor lineatus</i>		19	5	15	39
1017	<i>Craugastor matudai</i>		20	5	5	30
1018	<i>Craugastor mexicanus</i>	5	15	5		25
1019	<i>Craugastor montanus</i>	5	20	5	10	40
1020	<i>Craugastor omiltemanus</i>	5	20	5	10	40
1021	<i>Craugastor polymniae</i>	5	29	5	15	45
1022	<i>Craugastor pozo*</i>					
1023	<i>Craugastor pygmaeus</i>		16		5	21
1024	<i>Craugastor rhodopis</i>	5	17		5	27
1025	<i>Craugastor spatulatus</i>	5	18	5	10	38

id Marxan	Especie	Endemismo ¹	Área de distribución ²	NOM-059 ³ E/P/A/Pr	IUCN ⁴ Cr/En/Vu	% Meta
1026	<i>Craugastor stuarti</i>		19	5	10	34
1027	<i>Craugastor tarahumaraensis</i>	5	13	5	5	28
1028	<i>Craugastor yucatanensis</i>	5	20	5		30
1029	<i>Eleutherodactylus angustidigitorum</i>	5	18	5	5	33
1030	<i>Eleutherodactylus dilatus</i>	5	19		10	34
1031	<i>Eleutherodactylus grandis</i>	5	20	5	15	45
1032	<i>Eleutherodactylus leprus</i>		20		5	25
1033	<i>Eleutherodactylus longipes</i>	5	17		5	27
1034	<i>Eleutherodactylus modestus</i>	5	19	5	5	34
1035	<i>Eleutherodactylus pallidus</i>	5	20	5		30
1036	<i>Eleutherodactylus rubrimaculatus</i>		20		5	25
1037	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>	5	18	5	5	33
1038	<i>Bromeliohyla dendroscarta</i>	5	19	5	15	44
1039	<i>Charadrahyla altipotens*</i>					
1040	<i>Charadrahyla chaneque</i>	5	17	5	10	37
1041	<i>Charadrahyla nephila</i>	5	20		5	30
1042	<i>Charadrahyla taeniopus</i>	5	20	15	5	45
1043	<i>Duellmanohyla chamulae</i>	5	20	5	10	40
1044	<i>Duellmanohyla ignicolor</i>	5	20	5	10	40
1045	<i>Duellmanohyla schmidtorum</i>		19	5	5	29
1046	<i>Dendropsophus sartori</i>	5	19	15		39
1047	<i>Exerodonta chimalapa</i>	5	19		10	34
1048	<i>Exerodonta juanita</i>	5	20	15	5	45
1049	<i>Exerodonta melanomma</i>	5	19	5	5	34
1050	<i>Exerodonta pinorum</i>	5	20	5	5	35
1051	<i>Exerodonta smaragdina</i>	5	17	5		27
1052	<i>Exerodonta xera</i>	5	20		5	30
1053	<i>Hyla plicata</i>	5	17	15		37
1054	<i>Hyla walkeri</i>					
1055	<i>Megastomatohyla mixe</i>	5	20	5	15	45
1056	<i>Plectrohyla arborescandens*</i>					
1057	<i>Plectrohyla binstincta</i>	5	17	5		27
1058	<i>Plectrohyla charadricola</i>	5	20	15	10	50
1059	<i>Plectrohyla chryses</i>	5	20	5	15	45
1060	<i>Plectrohyla cyclada</i>	5	19		10	34
1061	<i>Ptychohyla euthysanota</i>		20	15		35
1062	<i>Plectrohyla guatemalensis</i>		20		15	35
1063	<i>Plectrohyla ixil</i>		20		15	35
1064	<i>Plectrohyla lacertosa</i>	5	20	5	10	40
1065	<i>Ptychohyla leonhardschultzei*</i>					
1066	<i>Plectrohyla pentheter</i>	5	20		10	35

id Marxan	Especie	Endemismo¹	Área de distribución²	NOM-059³ E/P/A/Pr	IUCN⁴ Cr/En/Vu	% Meta
1067	<i>Plectrohyla robertsororum</i>	5	20	15	10	50
1068	<i>Plectrohyla sagorum</i>		20		10	30
1069	<i>Plectrohyla thorectes</i>	5	20	5	15	45
1070	<i>Gastrophryne elegans</i>		14	5		19
1071	<i>Gastrophryne olivacea</i>		4	5		9
1072	<i>Gastrophryne usta</i>		17	5		22
1073	<i>Lithobates berlandieri</i>		14	5		19
1074	<i>Lithobates chiricahuensis</i>		11	15	5	31
1075	<i>Lithobates dunnii</i>	5	20	5	10	40
1076	<i>Lithobates forreri</i>		11	5		16
1077	<i>Lithobates megapoda</i>	5	16	5	5	31
1078	<i>Lithobates montezumae</i>	5	12	5		22
1079	<i>Lithobates neovolcanicus</i>	5	15	15		35
1080	<i>Lithobates pustulosus</i>	5	13	5		23
1081	<i>Lithobates sierramadrensis</i>	5	17	5	5	32
1082	<i>Lithobates tarahumarae</i>		16		5	21
1083	<i>Lithobates tlaloci</i>	5	20	25	15	65
1084	<i>Lithobates yavapaiensis</i>		15	5		20
1085	<i>Rana draytonii</i>		20		5	25
1086	<i>Rhinophrynus dorsalis</i>		5	5		10
1087	<i>Ambystoma altamirani</i>	5	20	15	10	50
1088	<i>Ambystoma dumerilii</i>	5	20	5	15	45
1089	<i>Ambystoma granulosum</i>	5	20	5	15	45
1090	<i>Ambystoma lermaense</i>	5	20	5	10	40
1091	<i>Ambystoma mexicanum</i>	5	20	25	15	65
1092	<i>Ambystoma ordinarium</i>	5	20	5	10	40
1093	<i>Ambystoma rivulare</i>	5	20	15		40
1094	<i>Ambystoma rosaceum</i>	5	12	5		22
1095	<i>Ambystoma taylori</i>	5	20	5	15	45
1096	<i>Ambystoma velasci</i>	5	16	5		26
1097	<i>Bolitoglossa engelhardti</i>		20	5	10	35
1098	<i>Bolitoglossa flavimembris</i>		20	5	10	35
1099	<i>Bolitoglossa flaviventris</i>		20		10	30
1100	<i>Bolitoglossa franklini</i>		20	5	10	35
1101	<i>Bolitoglossa macrinii</i>	5	20	5		30
1102	<i>Bolitoglossa mexicana</i>		19	5		24
1103	<i>Bolitoglossa platydactyla</i>	5	18	5		28
1104	<i>Bolitoglossa riletti</i>	5	20	5	10	40
1105	<i>Bolitoglossa rostrata</i>		20	5	5	30
1106	<i>Bolitoglossa rufescens</i>		18	5		23
1107	<i>Bolitoglossa stuarti</i>		20	15		35

id Marxan	Especie	Endemismo ¹	Área de distribución ²	NOM-059 ³ E/P/A/Pr	IUCN ⁴ Cr/En/Vu	% Meta
1108	<i>Bolitoglossa yucatanana</i>		16	5		21
1109	<i>Cryptotriton adelos</i>		20	5	10	35
1110	<i>Cryptotriton alvarezdeltoroi</i>	5	20	5	10	40
1111	<i>Chiropterotriton arboreus</i>		20	5	15	40
1112	<i>Chiropterotriton chondrostega</i>		20	5	10	35
1113	<i>Chiropterotriton dimidiatus</i>		20	5	10	35
1114	<i>Chiropterotriton lavae</i>		20	5	15	40
1115	<i>Chiropterotriton magnipes</i>		20	5	15	40
1116	<i>Chiropterotriton multidentatus</i>		20	5	10	35
1117	<i>Chiropterotriton orculus</i>		20		5	25
1118	<i>Chiropterotriton priscus</i>		20	5		25
1119	<i>Chiropterotriton terrestris</i>		20		15	35
1120	<i>Dendrotriton megarhinus*</i>					
1121	<i>Pseudoeurycea altamontana</i>	5	20	5	10	40
1122	<i>Pseudoeurycea bellii</i>	5	16	15	5	41
1123	<i>Pseudoeurycea boneti</i>	5	19		5	29
1124	<i>Pseudoeurycea cephalica</i>	5	19	15		39
1125	<i>Pseudoeurycea chocranae</i>		20	15		35
1126	<i>Pseudoeurycea firscheini*</i>					
1127	<i>Pseudoeurycea gadovii</i>	5	20	5	5	35
1128	<i>Pseudoeurycea galeanae</i>	5	20	15	5	45
1129	<i>Pseudoeurycea gigantea*</i>					
1130	<i>Pseudoeurycea juarezi</i>	5	20	15	15	55
1131	<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	5	19	15		39
1132	<i>Pseudoeurycea lineola</i>	5	20	5	10	40
1133	<i>Pseudoeurycea longicauda</i>	5	20	5	10	40
1134	<i>Pseudoeurycea lynchi*</i>					
1135	<i>Pseudoeurycea nigra</i>	5	20	25	10	60
1136	<i>Pseudoeurycea nigromaculata</i>	5	20	5	10	40
1137	<i>Pseudoeurycea papenfussi</i>	5	19		10	34
1138	<i>Pseudoeurycea parva</i>	5	20	15	15	55
1139	<i>Pseudoeurycea rex</i>		20	5	15	40
1140	<i>Pseudoeurycea robertsi</i>	5	20	15	15	55
1141	<i>Pseudoeurycea saltator</i>	5	19	15	15	54
1142	<i>Pseudoeurycea scandens</i>	5	20	5		30
1143	<i>Parvimolge townsendi</i>		20	15	15	50
1144	<i>Thorius arboreus</i>	5	19		10	34
1145	<i>Thorius aureus</i>	5	20		15	40
1146	<i>Thorius boreas</i>	5	19		10	34
1147	<i>Thorius dubitus</i>	5	20	5	10	40
1148	<i>Thorius grandis</i>	5	20		10	35

id Marxan	Especie	Endemismo ¹	Área de distribución ²	NOM-059 ³ E/P/A/Pr	IUCN ⁴ Cr/En/Vu	% Meta
1149	<i>Thorius lunaris</i>	5	20		10	35
1150	<i>Thorius macdougalli</i>	5	20	5	5	35
1151	<i>Thorius magnipes</i>	5	20		15	40
1152	<i>Thorius munificus</i>	5	20		15	40
1153	<i>Thorius narisovalis</i>	5	20	5	15	45
1154	<i>Thorius omiltemi</i>	5	20		10	35
1155	<i>Thorius papaloe</i>	5	20		10	35
1156	<i>Thorius pennatulus</i>	5	20	5	15	45
1157	<i>Thorius pulmonaris</i>	5	20	5	10	40
1158	<i>Thorius schmidti</i>	5	20	5	10	40
1159	<i>Thorius spilogaster</i>	5	20		15	40
1160	<i>Thorius troglodytes</i>	5	20	5	10	40

El Archivo de Unidades de Planificación —*pu.dat*— se realizó en el SIG QGIS 2.18 (QGIS Project, 2018) creando dos archivos vectoriales en un sistema de coordenadas proyectadas Cónicas conforme de Lambert de acuerdo a los parámetros de CONABIO (2011b), cada uno con unidades hexagonales —*teselas*— de 25,600 ha y 10,000 ha respectivamente, tomando los límites nacionales de México (CONABIO, 2003); únicamente se seleccionaron las teselas que intersectaron con el territorio continental e insular del país. Posteriormente, por cada archivo vectorial se exportó la información a un archivo delimitado por comas en el que se asignó un *id* consecutivo a cada unidad, por tanto, se obtuvieron dos archivos de unidades de planificación: uno en el que cada unidad equivalía a 25,600 ha y otro a 10,000 ha. Los costos se establecieron con base en la información de *Mexbio* (Kolb, 2009), en el SIG QGIS 2.18 (QGIS Project, 2018) se extrajeron los valores del raster a partir de los centroides de cada unidad de planificación, los cuales posteriormente se multiplicaron por mil. Para el Archivo de Objetos de Conservación —*spec.dat*—, en el SIG QGIS 2.18 (QGIS Project, 2018) se vectorizaron los modelos de distribución potencial seleccionados para los ejercicios de priorización y se transformaron de un sistema de referencia de coordenadas geográfico (WGS84) a la proyección Cónicas Conforme de Lambert (CONABIO, 2011b), después en ArcView 3.1 (ESRI, 2002) se calculó en m² y ha el área de la distribución potencial de cada una de las especies y finalmente se les asignó un *id* numérico. El Archivo de Unidades de Planificación vs Objetos de Conservación —*puvspr2.dat*— se creó en ArcView 3.1 (ESRI,

2002) intersectando las vectoriales de las unidades de planeación —25,600 y 10,000 ha— con la vectorial de la distribución potencial de cada especie y calculando en metros cuadrados el área de distribución que hay por unidad de planificación. La información se exportó a un archivo delimitado por comas. Finalmente, los valores para el Archivo de Parámetros de Entrada —*input.dat*— se establecieron con base en lo realizado por Koleff et al. (2009), se llevaron a cabo 10,000 corridas con 1,000,000 de iteraciones bajo el esquema de templado adaptable —*adaptive annealing schedule*— y mejoramiento normal iterativo —*normal iterative improvement*— y un factor de borde de 0.0001.

Comparación de los Sitios Prioritarios con la Red de Áreas Naturales Protegidas Federales

De los resultados de cada ejercicio de priorización, en QGIS 2.18 (QGIS Project, 2018) se efectuó la unión de los archivos de salida de Maxent: *_best.dat* y *_ssol.dat*, los cuales contienen la información de las unidades de planeación seleccionadas en la mejor solución y el número de veces que cada unidad de planeación fue seleccionada en el total de corridas del ejercicio, con los archivos *.dbf* de las vectoriales de las unidades de planeación. Aquellas unidades de planificación que fueron seleccionadas en el 100% de las repeticiones en cada ejercicio de priorización se consideraron como Sitios Altamente Prioritarios (Koleff et al. 2011).

A partir archivo vectorial de las Áreas Naturales Protegidas federales (SEMARNAT-CONANP, 2017) en ArcView 3.1 (ESRI, 2002) se creó un archivo *shape* sólo con aquellas con cobertura, total o parcial, en el medio terrestre, para lo cual se realizó un *clip* del mismo archivo con la perimetral de los límites nacionales (CONABIO, 2003). Después, por cada ejercicio de priorización, en el mismo software se realizó un *clip* entre la vectorial unidades de planeación seleccionadas —*input theme*— y la vectorial del archivo creado con las Áreas Naturales protegidas federales terrestres —*clip theme*—, para así obtener cuatro archivos *shape* con la superficie de solapamiento entre los sitios prioritarios para la conservación de

anfibios y el sistema de reservas federal mexicano, mismos a los que se les calculó el área en hectáreas. Posteriormente se volvió a realizar un *clip* entre los mismos archivos *shape*, pero ahora tomando la vectorial de las Áreas Naturales Protegidas federales terrestres como *input theme* y la vectorial de las unidades de planeación como *clip theme*, y al archivo resultante se le aplicó un *dissolve* basado en el atributo correspondiente al nombre de las reservas naturales para así conocer el área de los sitios prioritarios que cada una resguarda.

Finalmente, a partir de los archivos *.dbf* de cada *shape* creado, se calculó en excel la sumatoria del área en hectáreas de los sitios prioritarios dentro de la cobertura del sistema de reservas federales terrestres mexicano, y la cobertura que cada Área Natural Protegida federal terrestre tiene sobre éstos.

Distribución de los Sitios Prioritarios en las diferentes Ecorregiones terrestres de México

Tomando los *shapes* previamente creados de la unión de los archivos de salida de Maxent: *_best.dat* y *_ssol.dat* con los archivos *.dbf* de las vectoriales de las unidades de planeación, en ArcView 3.1 (ESRI, 2002) se realizó la unión de los mismo con las vectoriales de las Ecorregiones Terrestres de Mexico (INEGI et al. 2008) para así conocer en qué proporciones se distribuyen los sitios prioritarios en éstas. En el mismo software se realizó un *dissolve* con base en el atributo de los nombres de las Ecorregiones, y después se calculó la superficie en hectáreas de los sitios.

VI. Resultados

A partir de los ejercicios de priorización, se identificaron entre 817 y 3230 sitios prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo, sin embargo sólo entre el 20.99 y 29.62% de éstos se encuentran total o parcialmente dentro de la cobertura de la red de Áreas Naturales Protegidas federales, mientras que únicamente entre 16 y 20.44% de éstos tenían más del 25% de su superficie dentro de alguna reserva (Tabla 2).

Tabla 2. Sitios Prioritarios (SP) para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo dentro de la cobertura de la red de Áreas Naturales Protegidas federales

Ejercicio de priorización	Total de SP identificados	SP con cobertura por ANP (total o parcial)	SP con cobertura por ANP (>25%)
UP = 25,600 ha MC = 10%	817	242 (29.62%)	167 (20.44%)
UP = 10,000 ha MC = 10%	1918	447 (23.30%)	363 (18.92%)
UP = 25,600 ha MC*	1299	329 (25.32%)	210 (16.16%)
UP = 10,000 ha MC*	3230	678 (20.99%)	517 (16.00%)

UP: Unidades de planificación; MC: Metas de conservación; MC*: Metas de conservación establecidas con base a criterios por especie

Por su parte, ubicaron entre 16 y 107 Sitios Altamente Prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo. No obstante, solamente entre 23.36 y 70.37 % de éstos de encuentran protegidos total o parcialmente por alguna reserva natural, mientras que entre 16.82 y 40.74% de éstos tienen resguarda más del 25% de su superficie por alguna ANP federal (Tabla 3).

Tabla 3. Sitios Altamente Prioritarios (SAP) para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo dentro de la cobertura de la red de Áreas Naturales Protegidas federales

Ejercicio de priorización	Total de SAP identificados	SAP con cobertura por ANP (total o parcial)	SAP con cobertura por ANP (>25%)
UP = 25,600 ha MC = 10%	27	19 (70.37%)	11 (40.74%)
UP = 10,000 ha MC = 10%	16	6 (37.50%)	4 (25.00%)
UP = 25,600 ha MC*	78	32 (41.02%)	19 (24.35%)
UP = 10,000 ha MC*	107	25 (23.36%)	18 (16.82%)

UP: Unidades de planificación; MC: Metas de conservación; MC*: Metas de conservación establecidas con base a criterios por especie

De las 182 Áreas Naturales Protegidas de carácter federal, 110 tienen cobertura parcial o total en los sitios identificados como prioritarios y altamente prioritarios en al menos uno de los cuatro ejercicios de priorización realizados, de las cuales 37 son Parques Naturales, 33 Reservas de la Biosfera, 27 Áreas de Protección de Flora y Fauna, 7 Áreas de Protección de Recursos Naturales, 5 Santuarios 1 Monumento Natural (Tabla 4), siendo las Reservas de la Biosfera aquellas que en promedio tienen mayor superficie de intersección con los sitios identificados, seguida de Áreas de Protección de Flora y Fauna, Parques Nacionales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Monumentos Naturales y Santuarios (Tabla 5).

Tabla 4. Superficie (ha) de cobertura entre las ANP federales que intersectan con los sitios prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo.

¹ *: ANP decretadas posterior a lo acordado en el Plan Estratégico 2011-2020 y las Metas de Aichi (COP-10, 2010)

² Área de Protección de Flora y Fauna: APFF; Área de Protección de Recursos Naturales: APRN; Reserva de la Biosfera: RB; Monumento Natural: MN; Parque Nacional: PN; Santuario: S; MC: Metas de Conservación; MC*: Metas de Conservación establecidas con base en criterios por especie

Área Natural Protegida ¹	Categoría de Manejo ²	Ejercicio con unidades de 25,600 ha		Ejercicio con unidades de 10,000 ha	
		MC = 10%	MC*	MC = 10%	MC*
Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado	RB	0.00	10382.04	8970.15	8039.48
Arrecifes de Sian Ka'an	RB	0.00	0.00	0.00	50.58
Bala'an K'aax	APFF	5072.90	6776.40	13256.23	11374.16
Barranca de Metztlán	RB	0.00	36212.00	9710.25	57010.78
Barranca del Cupatitzio	PN	0.00	176.04	331.19	331.19
Bavispe	APFF	65628.86	73381.29	46112.21	32883.89
Benito Juárez	PN	0.00	2495.67	0.00	983.08
Bonampak	MN	4362.20	4362.20	3752.55	3752.55
Bosencheve	PN	7422.74	2010.20	7038.97	11287.76
Calakmul	RB	257565.84	165876.88	208330.18	139192.61
Campo Verde	APFF	78249.78	99967.99	50908.58	80909.8
Cañón de Santa Elena	APFF	7710.01	67160.66	21998.24	57003.37
Cañón del Río Blanco	PN	9447.41	22843.49	12126.35	7370.71
Caribe Mexicano*	RB	3532.19	3532.19	6378.99	12632.6
Cascada de Bassaseachic	PN	0.00	0.00	0.00	2960.22
Cerro Garnica	PN	638.67	971.99	0.00	0.00
Cerro de la Estrella	PN	1010.65	1177.64	0.00	1177.64
Cerro de las Campanas	PN	0.00	0.00	0.00	58.02
Cerro Mohinora*	APFF	2825.08	0.00	313.13	2652.68
Chamela-Cuixmala	RB	0.00	7602.37	7222.82	6930.41
Ciénegas del Lerma	APFF	0.00	534.33	344.81	938.35
Cofre de Perote o Nauhcampatépetl	PN	0.00	9222.24	0.00	8554.22
Constitución de 1857	PN	0.00	1496.76	0.00	10.98
Corredor Biológico Chichinautzin	APFF	0.00	5097.10	0.00	23665.13
Cuatrociénegas	APFF	0.00	0.00	9968.36	12736.26

Área Natural Protegida ¹	Categoría de Manejo ²	Ejercicio con unidades de 25,600 ha		Ejercicio con unidades de 10,000 ha	
		MC = 10%	MC*	MC = 10%	MC*
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón	APRN	11753.49	11753.49	31983.35	41024.42
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 004 Don Martín	APRN	198524.05	216447.00	218403.18	187954.11
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 026 Bajo Río San Juan	APRN	31116.11	75478.26	12554.54	74031.13
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit	APRN	425395.00	713016.04	472773.80	840548.93
Cumbres de Monterrey	PN	13668.95	64554.26	16970.00	25788.92
Cumbres del Ajusco	PN		499.13	0.00	499.13
Desierto de los Leones	PN	543.95	972.79	0.00	1516.74
El Chico	PN	0.00	1028.01	0.00	2711.94
El Histórico Coyoacán	PN	0.00	39.58	0.00	39.58
El Jabalí	APFF	9.54	9.54	0.00	3519.53
El Pinacate y Gran Desierto de Altar	RB	51200.00	112818.66	49069.33	50000.00
El Potosí	PN	1786.83	1786.83	1980.57	1978.72
El Tepeyac	PN	0.00	248.15	0.00	248.15
El Tepozteco	PN	0.00	7959.33	0.00	5746.41
El Triunfo	RB	32540.15	93541.98	16733.87	83033.76
El Veladero	PN	0.00	2506.42	0.00	0.00
Fuentes Brotantes de Tlalpan	PN	0.00	21.92	21.92	21.92
General Juan Álvarez	PN	0.00	239.73	0.00	346.00
Gogorrón	PN	1586.09	1586.09	4701.85	2067.61
Huatulco	PN	540.19	540.19	2523.41	2523.41
Insurgente José María Morelos	PN	44.36	44.36	1596.11	1117.62
Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	PN	1881.05	0.00	0.00	1881.05
Islas del Golfo de California	APFF	0.00	6758.19	0.00	0.00
Islas Marías	RB	0.00	6976.60	0.00	0.00
Iztaccíhuatl-Popocatepetl	PN	23666.93	36881.72	23119.09	33335.88
Janos	RB	240057.38	169526.15	241740.87	272203.48
La Encrucijada	RB	14613.15	33920.47	47865.01	39639.44
La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl	PN	0.00	18724.33	0.00	10000.00

Área Natural Protegida ¹	Categoría de Manejo ²	Ejercicio con unidades de 25,600 ha		Ejercicio con unidades de 10,000 ha	
		MC = 10%	MC*	MC = 10%	MC*
La Primavera	APFF	10395.84	29915.72	9432.12	21524.78
La Sepultura	RB	20397.79	49922.62	17261.89	44736.64
Lacan-Tun	RB	53584.95	53584.95	49811.93	25014.87
Laguna de Términos	APFF	43308.74	0.00	25553.16	0.00
Laguna Madre y Delta del Río Bravo	APFF	70950.71	0.00	41944.16	0.00
Lagunas de Chacahua	PN	0.00	0.00	2379.63	7152.86
Lagunas de Zempoala	PN	0.00	1516.42	0.00	4525.22
Lomas de Padierna	PN	0.00	1155.67	864.05	1155.67
Los Mármoles	PN	0.00	0.00	0.00	8380.28
Los Petenes	RB	13149.72	0.00	30000.00	0.00
Los Remedios	PN	0.00	398.10	0.00	398.10
Los Tuxtlas	RB	152415.63	152415.63	29605.31	82939.79
Maderas del Carmen	APFF	79725.51	105325.51	72214.68	76626.03
Mapimí	RB	0.00	0.00	27789.91	67854.80
Mariposa Monarca	RB	39908.52	34203.45	19435.49	36060.05
Médanos de Samalayuca	APFF	360.59	360.59	19275.16	19275.16
Montes Azules	RB	221930.05	143156.67	249687.01	172098.06
Nahá	APFF	0.00	0.00	3209.63	0.00
Nevado de Toluca	APFF	20418.70	34279.78	10000.00	38087.94
Ocampo	APFF	1444.65	50694.41	1058.43	16767.08
Otoch Ma'ax Yetel Kooh	APFF	5326.03	5326.03	0.00	938.97
Pantanos de Centa	RB	32958.83	0.00	46200.73	0.00
Papigochic	APFF	51417.60	75594.73	50891.65	111794.04
Pico de Orizaba	PN	8792.84	9061.17	591.25	13788.06
Pico de Tancítaro	APFF	0.00	6939.78	0.00	8894.16
Playa de la Bahía de Chacahua	S	0.00	0.00	62.84	62.84
Playa de Escobilla	S	0.00	92.61	0.00	0.00
Playa de Mismaloya	S	0.00	213.73	0.00	88.50
Playa de Tierra Colorada	S	0.00	0.00	0.00	90.87
Playa Piedra de Tlacoyunque	S	0.00	0.00	0.00	16.57
Rayón	PN	23.31	23.31	0.00	0.00
Ría Celestún	RB	9743.25	0.00	3294.51	3294.51

Área Natural Protegida ¹	Categoría de Manejo ²	Ejercicio con unidades de 25,600 ha		Ejercicio con unidades de 10,000 ha	
		MC = 10%	MC*	MC = 10%	MC*
Ría Lagartos	RB	0.00	0.00	0.00	4891.51
Selva El Ocote	RB	285.62	13641.53	9682.42	23640.31
Sian Ka'an	RB	144574.27	147120.38	133884.61	141158.00
Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui	APFF	49276.11	42569.36	59917.94	43299.06
Sierra de Huautla	RB	19700.13	37494.35	33.88	25930.44
Sierra de Manantlán	RB	0.00	46010.95	0.00	31193.58
Sierra de Órganos	PN	0.00	299.40	0.00	0.00
Sierra de Quila	APFF	9678.91	15083.59	5236.43	11395.25
Sierra de San Pedro Mártir	PN	35028.89	38914.52	22269.77	43995.38
Sierra de Tamaulipas*	RB	151354.30	167891.06	146328.16	138297.4
Sierra del Abra Tanchipa	RB	0.00	0.00	3879.01	3879.01
Sierra Gorda	RB	62301.43	136795.19	68870.55	164745.19
Sierra Gorda de Guanajuato	RB	36289.62	92669.69	73603.07	101977.43
Tehuacán-Cuicatlán	RB	51147.02	110159.30	42032.15	114362.3
Tiburón Ballena	RB	0.00	0.00	0.00	0.56
Tutuaca	APFF	215128.89	232446.02	150947.72	252675.98
Uaymil	APFF	379.74	0.00	22308.86	0.00
Valle de los Cirios	APFF	0.00	0.00	10000.00	10000
Volcán Nevado de Colima	PN	4543.25	5137.23	2063.73	6396.61
Volcán Tacaná	RB	6012.46	6012.46	724.58	4826.29
Yum Balam	APFF	21420.45	21420.45	16475.51	30951.2
Zicuirán-Infiernillo	RB	21744.18	21744.18	10000.00	47457.17
Zona de Protección Forestal en los terrenos que se encuentran en los municipios de La Concordia, Ángel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas	APRN	6972.48	29182.43	22953.03	65671.69
Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	APRN	28889.66	76392.84	1439.67	8377.51
Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	APRN	0.00	35006.55	534.55	20789.46

Tabla 5. Superficie (ha) total de intersección de las Áreas Naturales Protegidas por categoría de manejo con los sitios prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo.

Categoría de manejo	Ejercicio con unidades de 25,600 ha		Ejercicio con unidades de 10,000 ha		Promedio
	Metas del 10% de la distribución	Metas establecidas (Tabla 1)	Metas del 10% de la distribución	Metas establecidas (Tabla 1)	
Área de Protección de Flora y Fauna	3135767.90	3956623.02	3018651.69	4071375.64	3545604.56
Áreas de Protección de Recursos Naturales	2749907.89	3608051.58	2655786.08	3739255.06	3188250.15
Monumento Natural	4362.20	4362.20	3752.55	3752.55	4057.37
Parque Nacional	3103262.09	3886201.71	2978485.12	3967213.21	3483790.53
Reserva de la Biosfera	3157512.08	3988749.24	3037621.84	4126922.87	3577701.50
Santuario	0.00	306.34	62.84	258.78	156.99

La distribución de los sitios prioritarios en las Ecorregiones Terrestres no varía entre los resultados de los cuatro ejercicios de priorización realizados, siendo las Sierras templadas la ecorregión que alberga más área de estos sitios, seguida de las Selvas Cálido Secas, Elevaciones Semiáridas Meridionales, Selvas Cálido-Húmedas, Desiertos de América del Norte, Grandes Planicies y California Mediterránea, respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6. Superficie (ha) total de los sitios prioritarios en las Ecorregiones Terrestres de México.

Ecorregión	Ejercicio con unidades de 25,600 ha		Ejercicio con unidades de 10,000 ha		Promedio
	Metas del 10% de la distribución	Metas establecidas (Tabla 1)	Metas del 10% de la distribución	Metas establecidas (Tabla 1)	
California Mediterránea	133147.75	106569.00	452105.94	414976.02	276699.68
Desiertos de America del Norte	2076947.77	1963861.78	3451747.03	2976244.13	2617200.17
Elevaciones Semiaridas Meridionales	3364203.65	3402195.12	4688727.23	4981022.94	4109037.24
Grandes Planicies	631004.85	611437.32	495988.54	469372.90	551950.90
Selvas Calido-Humedas	2589939.00	2350127.65	3514801.76	3547896.32	3000691.18
Selvas Calido-Secas	4107188.81	3708705.54	5411300.53	5116449.09	4585910.99
Sierras Templadas	7789681.84	6949803.38	14933325.94	14594607.16	11066854.58

VII. Discusión

Tal y como en algunos ejercicios de priorización a escala mundial (Rodrigues et al. 2004a; Watson et al. 2016) y nacional (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006; CONABIO et al. 2007a; Urbina-Cardona y Flores-Villela, 2010), los resultados en las tablas 2 y 3, y los mapas 1, 2, 3 y 4 (ver anexo) demuestran la ineficiencia de la red de ANP federales para el resguardo de los anfibios en categorías de riesgo, pues sólo: 29.62% (Mapa 1), 23.30% (Mapa 2), 25.32% (Mapa 3) y 20.99% (Mapa 4) de los sitios identificados como prioritarios (Tabla 2) se encuentran total o parcialmente bajo el resguardo de alguna ANP federal, mientras que de los sitios reconocidos como Altamente Prioritarios (Tabla 3) únicamente 59.25% (Mapa1), 37.50% (Mapa 2), 41.02% (Mapa3) y 23.36% (Mapa 4) se ubican dentro del sistema de reservas.

Los trabajos de CONABIO et al. (2007a), Urbina-Cardona y Flores-Villela (2010), y Koleff y Urquiza-Haas (2011) evidenciaron la necesidad de ampliar el sistema de reservas para el resguardo de un porcentaje mínimo de la distribución de anfibios mexicanos. Si bien es cierto que desde lo acordado en el Plan Estratégico 2011-2020 y las Metas de Aichi (COP-10, 2010) México incrementó la cobertura de ANP federales, pues pasó de 19,815,364 ha en 2008 (Bezaury-Creel et al. 2008) a 90,839,521 ha en 2017 (CONANP, 2017), los resultados en las Tablas 1 y 2, y lo observado en los mapas 1, 2, 3 y 4 evidencian que la cobertura de las ANP es aún insuficiente para el resguardo de las especies en categorías de riesgo de este taxón. Cabe mencionar que el poco progreso en parte podría deberse a la ubicación de las reservas decretadas en estos años, pues aún cuando la superficie del sistema de reservas se cuadruplicó, se crearon ocho ANP's federales (SEMARNAT, 2012a, b; SEMARNAT, 2015; SEMARNAT, 2016a, b, c, d SEMARNAT, 2017) que en su mayoría resguardan ambientes marinos y costeros, destacando las reservas Caribe Mexicano, Pacífico Mexicano Profundo y Revillagigedo (SEMARNAT 2016a, c; SEMARNAT, 2017) al ser las ANP de mayor cobertura creadas en este periodo —y las tres más grandes del país—,

cuya superficie suma en total 64,176,955.67 ha, mientras que Cerro Mohinora y Sierra de Tamaulipas (SEMARNAT, 2015; SEMARNAT, 2016d) son las únicas reservas completamente terrestres creadas en este periodo y que en conjunto suman una superficie de 318014.58 ha. Sin embargo, es preciso mencionar que el sistema de reservas mexicano no está compuesto únicamente por ANP federales, pues también las hay del orden estatal y municipal, así como privadas y sociales (Bezaury-Creel et al. 2009) y, por tanto, los resultados de las Tablas 2 y 3, y lo observado en los Mapas 1, 2, 3 y 4, no reflejan la contribución de estas reservas.

Con base en los datos de la tabla 4 y los observado en los mapas 5, 6, 7 y 8 (ver anexo), sólo 110 de las 182 ANP federales existentes, tienen cobertura total o parcial de los sitios identificados como prioritarios, pero es importante resaltar que, dependiendo el ejercicio de priorización realizado, la superficie de cobertura cambia. Si bien hay ANP que, sin importar el ejercicio de priorización, tienen cobertura en sitios prioritarios, hay casos en los que no es así, lo cual es coherente con CONABIO et al. (2007a) y Koleff y Urquiza-Haas (2011), quienes demostraron que para cumplir metas de conservación no hay una única solución, sino un conjunto de soluciones posibles para el cumplimiento de las metas establecidas.

De acuerdo a los resultados en la tabla 5, en promedio son las Áreas de Protección de Flora y Fauna la categoría de ANP que mayor cobertura tiene en los Sitios Prioritarios identificados (3545604.56 ha), aún por encima de las Reservas de la Biosfera (3577701.50 ha) y los Parques Nacionales (3483790.53 ha). Es interesante teniendo en cuenta que la superficie total de las Reservas de la Biosfera en la red de ANP es casi 9 veces mayor que la superficie bajo la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna, y representa más del 50 % del área total del ANP federales. Si bien esta diferencia no contempla la proporción de ambientes marinos y terrestres que se resguardan bajo cada categoría de manejo, es de resaltar que la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente (SEDUE, 1988) establece que las Áreas de Protección de Flora y Fauna deben contener hábitats de los cuales dependa la existencia de especies de flora y fauna, por su parte, esta ley estipula que las Reservas de la Biosfera deben establecerse en sitios, que si bien sean habitados por

especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, que contengan uno o más ecosistemas a nivel de áreas biogeográficas, mientras que los Parques Nacionales se deben constituir por uno o más ecosistemas de belleza escénica, de valor científico, recreativo, histórico y por la existencia de flora y fauna . Por tanto, podría suponerse que la cobertura a Sitios Prioritarios se debe en parte a los objetivos de conservación que tiene cada categoría de ANP y no únicamente a la totalidad de superficie.

Los resultados de los ejercicios realizados con metas de conservación del 10% de la distribución de las especies (Tabla 6) y lo observado en los Mapas 9 y 10 (ver anexo), asemejan en la región centro-sur a los obtenidos por CONABIO et al. (2007a) y Koleff y Urquiza-Haas (2011), quienes identificaron sitios prioritarios para la conservación de toda la anfibiofauna mexicana, los cuales se localizan principalmente en el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur. Sin embargo, existe una diferencia notable en la cantidad de sitios ubicados en las zonas altas al noroeste del país, pues al comparan con los trabajos previamente citados, destaca que en los Mapas 9 y 10 hay una cantidad mayor de sitios en esta región. Más interesante aún, al contrastar tales trabajos con lo observado en los Mapas 11 y 12 (ver anexo), obtenidos a a partir de los ejercicios con metas establecidas a partir criterios específicos para cada objeto de conservación, llaman la atención las zonas en las que se localizan los sitios que se adicionan, pues la mayor ganancia de sitios prioritarios se da en las Sierras Templadas, correspondientes al Eje Volcánico Transversal, la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental, pues en estas regiones se duplican la cantidad de sitios identificados, mientras que en las Selvas Cálido-Húmedas y Cálido-Secas al sur del país no se incrementan ni en un 50% la cantidad de nuevos sitios seleccionados (Tabla 6).

Al haber sido obtenidos a partir de metas de conservación semejantes, los resultados en la Tabla 6 y lo mostrado en los Mapas 9 y 10 muestran una cantidad y distribución similar de los sitios que se localizan en la región centro-sur del país, coincidentes con los trabajos de Ochoa-Ochoa y Flores-Villela (2006), CONABIO et al. (2007a) y Koleff y Urquiza-Haas (2011), lo cual es un reflejo de la distribución de la anfibiofauna en México, pues el mayor

número de especies registradas se encuentran las tierras altas del centro y sur, correspondientes al Eje Volcánico Transversal, la Sierra Madre del Sur y la parte meridional de la Sierra Madre Oriental (Campbell, 1999; Flores-Villela, 1991; Ochoa-Ochoa et al. 2014). No obstante, Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, (2006) y CONABIO et al. (2007a) consideraron un mayor número de especies de anuros que de caudatos, mientras que Koleff y Urquiza-Haas (2011) no mencionan el número de especies de ambos órdenes tomadas en cuenta en sus resultados, lo cual explicaría la diferencia en el mayor número de sitios prioritarios localizados en las Sierras Templadas al noroeste del país, correspondientes a la Sierra Madre Occidental, pues en el presente trabajo la proporción de especies consideradas fue de 58% para ranas y sapos y 42% para salamandras, las cuales tienen una distribución más septentrional que ranas y sapos (Espinosa, 2008).

Pese a las discrepancias en las metas de conservación empleadas y el tamaño de las unidades de planificación utilizadas, a diferencia de Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, (2006), CONABIO et al. (2007a) y Koleff y Urquiza-Haas (2011) en los mapas 9, 10, 11 y 12 también se observa una cantidad considerable de sitios prioritarios localizados en la Sierra Madre Occidental y la costa del Pacífico, las cuales, aunque subestimadas en tales estudios, son de las regiones con más anfibios endémicos en el país, tal y como concluyeron Ochoa-Ochoa et al. (2014) al analizar la variación de los valores de riqueza y endemidad de anfibios mexicanos en función de la escala empleada. Por tanto, los sitios prioritarios en las zonas altas del sur del país se deben principalmente a su riqueza específica de anfibios, mientras que los sitios identificados en la regiones montañosas al poniente son resultado de la cantidad de endemismos que ahí se registran, y, finalmente, el número de sitios prioritarios en la zona centro se explican al ser un área que conjunta alta riqueza específica y endemidad de anfibios.

Si bien la mayor diversidad y endemidad de anfibiofauna mexicana se halla en tierras altas —al igual que los sitios identificados como prioritarios para su conservación—, es preciso hacer énfasis en las diferencias entre la distribución de los órdenes con más

especies de la clase Amphibia, pues los niveles más altos de riqueza específica y endemismos de anuros ocurren entre 800-1800m, mientras que para caudatos se presentan en el rango entre 2400-2800m (Campbell, 1991). No obstante, la distribución de anfibios en México no se explica solamente a través de gradientes altitudinales, debido a que ésta responde a una compleja historia biogeográfica (Savage, 1966) y, como previamente se mencionó, son las salamandras el grupo de anfibios con mayor afinidad a la región Neártica, correspondiente a la parte norte del país. (Espinosa, 2008).

A pesar de que Margules y Pressey (2000) identificaron que la ineffectividad de las ANP se debe en gran medida a la inadecuada elección en los sitios para su establecimiento, lo cual también ocurre para el sistema de ANP mexicano (Koleff y Urquiza-Haas, 2011), la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo es particularmente compleja debido a diversos factores: la betadiversidad del grupo en el país (Flores-Villela et al. 2005; Ochoa-Ochoa y Flores- Villela, 2006; Pérez-Mendoza, 2006), vulnerabilidad intrínseca del taxón y amenazas que éste enfrenta (Wake, 1991; Wells, 2007; Frías-Álvarez et al. 2010; Parra-Olea et al. 2014).

Como ocurre con otros taxones, la composición en la riqueza de anfibios cambia drásticamente dentro del territorio mexicano, razón por la cual se reconoce como betadiverso. Algunos estudios a nivel nacional (Flores-Villela et al. 2005; Ochoa-Ochoa y Flores- Villela, 2006; Pérez-Mendoza, 2006) han identificado las regiones con mayor diversidad de anfibios, siendo el Eje Volcánico Transversal y la Sierra Madre del Sur aquellas que concentran los mayores niveles de riqueza específica, mientras que las penínsulas de Yucatán y Baja California albergan la menor riqueza, patrón que coincide con la distribución de los sitios prioritarios identificados en los resultados (Tabla 6) y lo observado en los Mapas 9, 10, 11 y 12, así como por CONABIO et al. (2007a), Urbina-Cardona y Flores-Villela (2010), Koleff y Urquiza-Haas (2011).

Características tales como su fisiología ectotérmica, dependencia a ambientes húmedos, piel altamente permeable, limitada vagilidad y tallas corporales relativamente pequeñas (Wells, 2007) hacen de los anfibios un grupo particularmente susceptible a los cambios ambientales, siendo la destrucción del hábitat y el cambio de uso de suelo, la introducción de especies exóticas invasoras, la contaminación con pesticidas, el incremento en los niveles de radiación ultravioleta y el cambio climático las principales amenazas a las poblaciones de anfibios a nivel mundial (Wake, 1991; Wells, 2007). Por su parte, Parra-Olea et al. (2014) y Wells (2007) mencionan que la principal causa del declive de anfibios en México se debe a la pérdida de cobertura vegetal y otros tipos de destrucción del hábitat a causa del crecimiento de las poblaciones.

En México, las actividades antrópicas con mayor impacto sobre la diversidad biológica coinciden en su mayoría con aquellas identificadas por Wake (1991) como las causales del declive de poblaciones de anfibios. A partir de mediados del siglo pasado, la cobertura original de la vegetación —arbolada y no arbolada— se redujo en un 50% para el año 2002, siendo las selvas húmedas y secas, y bosques templados los tipos de vegetación que más se redujeron (Challenger et al. 2009), los cuales resultan ser los tipos de vegetación en los que hay mayor riqueza potencial de anfibios (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006). Si bien Dirzo y Raven (2003) indican que los efectos de las especies exóticas invasoras son menores en ambientes de alta diversidad, existe poca información sobre las afectaciones a causa de anfibios invasores en México (Aguirre-Muñoz et al. 2009), salvo por los casos de la rana toro (*Lithobates castesbeianus*) cuya presencia representa un peligro tanto para otras ranas como para otros taxones (Casas et al. 2001), y el sapo gigante (*Rhinella marina*) que es una de las especies invasoras de mayor impacto en las ANP en México (CANEI, 2010), no obstante cabe mencionar que, además de anfibios invasores, existe toda una variedad de animales introducidos que representan una amenaza a los anfibios nativos, principalmente peces, serpientes y crustáceos, mientras que en menor medida aves y mamíferos (Wells, 2007). Por otro lado, la mayor parte de los cuerpos de agua en México presentan algún grado de perturbación (CNA, 2002), siendo la contaminación, tanto orgánica como

inorgánica, motivo de afectación para la fauna (Challenger, 2009), lo cual impacta particularmente a los anfibios a causa de la permeabilidad de su piel y su dependencia a cuerpos de agua y ambientes húmedos, sobretodo en etapas larvarias (Wells, 2007). Por último, se prevé que el territorio mexicano sea considerablemente perjudicado por el cambio climático, con alteraciones importantes en la temperatura y precipitación anual (Manson et al. 2009), siendo éstas las variables abióticas con mayor importancia en en la fisiología y ecología de los anfibios (Wells, 2007); e impactos negativos en diversos tipos de vegetación, principalmente en bosques de coníferas (Challenger et al. 2009), el cual es el tipo de vegetación con mayor riqueza potencial y áreas de endemismos de anfibios (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006).

Finalmente, pese a que existen otros instrumentos de conservación (Pisanty et al. 2016), las ANP son —y seguirán siendo— la piedra angular de la conservación *in situ* (Margules & Pressey, 2000), no obstante aún si se tuvieran en cuenta los resultados del presente trabajo para el establecimiento de nuevas reservas, sería insuficiente debido al impacto de cambio climático en la distribución geográfica de las especies e incluso de las Ecorregiones (Manson et al. 2009; March et al. 2009; Ochoa-Ochoa y Flores-Villela,2016). Por tanto, es preciso tener en cuenta las modificaciones que éstas tendrán para identificar los sitios que, en un futuro y bajo distintos escenarios de cambio climático, alberguen una muestra representativa de los anfibios mexicanos en categorías de riesgo y aseguren la continuidad de sus procesos ecológicos y evolutivos sin las actividades humanas como factor de presión.

VIII. Conclusiones

Pese al incremento de superficie que ha tenido el sistema de reservas mexicano de ANP en los últimos años, al día de hoy éste sigue siendo insuficiente para el resguardo de los anfibios mexicanos en categorías de riesgo, lo cual se debe en gran medida en la complejidad de su distribución, a la falta de atención que se ha tenido sobre este grupo —y los ambientes terrestres en general— en la planeación de nuevas reservas y a actividades antrópicas, sobretodo las que implican la pérdida de la cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo.

La distribución de los Sitios Prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo responde a la compleja distribución de estas especies. Pese a que en lo general existen diferencias en las distribuciones de Anuros y Caudatos, los sitios identificados para la conservación de este grupo se encuentran en zonas que han sido reconocidas por los niveles de riqueza específica y endemidad que albergan.

En relación a la ubicación de las ANP federales de México, aún hay muchos Sitios Prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo que no cuentan con cobertura por parte de estos instrumentos de conservación. Aunque existen ANP del orden Estatal, Municipal y Comunitarias, es indispensable considerar estas especies en el decreto de nuevas ANP federales.

También entre Ecorregiones Biogeográficas existe un patrón en la distribución de los Sitios Prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo, siendo las Sierras Templadas la Ecorregión que alberga un número mayor de estos sitios y, por tanto, son de importancia, incluso podrían ser utilizadas como subrogado en la planeación para la conservación de estas especies.

IX. Recomendaciones

A pesar de la importancia de efectuar este tipo de ejercicios periódicamente, es menester hacer énfasis en la valía de los inventarios de anfibios —y de cualquier otro taxón— realizados de la manera más sistemática y estandarizada posible, para evitar cualquier tipo de sesgo, pues de esos trabajos y su actualización emana la información primaria para cualquier tipo de análisis para la planeación de la conservación.

Recordando la diferencia en la distribución geográfica entre los órdenes de anfibios con mayor número de especies, Anura y Caudata, sería pertinente realizar ejercicios de priorización o análisis de vacíos y omisiones considerando a ambos taxones por separado.

Debido a que las ANP de carácter federal no son las únicas que componen el sistema de reservas mexicano, para futuros análisis de vacíos y omisiones —no sólo de anfibios— sería más próximo a la realidad considerar las ANP estatales y municipales, privadas y sociales.

Finalmente y más importante que renovar inventarios o hacer ejercicios de priorización actualizados, es fundamental comenzar a aplicar estrategias de conservación, ya sea a través de ANP o de cualquier otro instrumento de conservación, en los sitios que ya se han identificado y que son de importancia para conservar estas especies.

X. Literatura Citada

Aguirre Muñoz, A., R. Mendoza Alfaro et al. 2009. Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 277-318.

Bezaury-Creel J. E., J.F. Torres, L. Ochoa Ochoa. 2008. Base de datos geográfica de áreas naturales protegidas federales de México. Modificado y adaptado de Conanp. 1 capa ArcGIS 9.2. En: Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez Carbonell et al. 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 385-431.

Bezaury-Creel, J., D. Gutiérrez Carbonell et al. 2009. Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 385-431.

Ball, I. R., & Possingham, H.P. 2000. MARXAN (V1. 8.2). Marine Reserve Design Using Spatially Explicit Annealing, a Manual.

Blaustein, A.R., & J.M. Kiesecker. 2002. Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology letters*, 5(4): 597-608.

Brown JL, J.R. Bennett & C.M. French. 2017. SDMtoolbox 2.0: the next generation Python-based GIS toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. *PeerJ* 5:e4095

Bruner, A.G., R.E. Gullison, R.E. Rice & G.A.B. da Fonseca. 2001. Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity. *Science*. 291(5501):125-128.

Campbell, J. A. 1999. Distribution patterns of amphibians in Middle America. *Patterns of distribution of amphibians. A global perspective*, 111-210.

CANEI. Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Casas, A.G., M.X. Aguilar y R. Cruz-Aviña. 2001. La introducción y el cultivo de la rana toro (*Rana catesbeiana*). ¿Un atentado a la biodiversidad de México? *Ciencia Ergo Sum (uaem)* 8 : 62-67.

CBD. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. En: <<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>>

CBD. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2001. *Global Biodiversity Outlook*. Montreal, 282 pp.

Challenger, A., R. Dirzo et al. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 37-73.

CITES. Convention on International Trade in Endangered Species, 1973. En: <<https://www.cites.org/sites/default/files/eng/disc/CITES-Convention-EN.pdf>>

Collins, J.P. & A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9:89-98.

CNA. 1998. Comisión Nacional del Agua. 'Cuencas Hidrológicas'. Escala 1:250000. México.

CNA. 2002. Compendio básico del agua en México. Comisión Nacional del Agua, México.

CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

CONABIO. 2000. Estrategia Nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONABIO. 2003. 'Límite Nacional'. Escala 1:250000. Extraído de Conjunto de Datos Vectoriales y Toponímias de la carta Topográfica. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.

CONABIO. 2011a. Catálogo de autoridades taxonómicas de los anfibios (Amphibia: Craniata) de México. Base de datos SNIB-CONABIO. México.

CONABIO. 2011b. Lineamientos para la entrega de cartografía digital de los mapas de distribución geográfica de especies 2011. En: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/doctos/pdf/lineamientos_cartograficos_dist_spp.pdf>

CONABIO. 2016. Estrategia Nacional sobre Biodiversidad y Plan de Acción 2016-2030 CONABIO. México.

CONABIO, CONANP, TNC, Pronatura, FCF, UAN L., 2007a. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad terrestre de México: espacios y especies. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy Programa México, Pronatura, A.C., Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

CONABIO, CONANP, TNC, PRONATURA, 2007b. Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C., México.

CONANP. 2014. Estrategia hacia 2040: una orientación para la conservación de las áreas naturales protegidas de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

CONANP. 2017. Áreas Naturales Protegidas Decretadas. En: <http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.html>, última consulta: agosto de 2017.

COP-10. Conferencia de las Partes en el Convenio sobre Diversidad Biológica 2010. Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica. Informe de la décima reunión

de la Conferencia de las Partes en el Convenio sobre la Diversidad Biológica. Nagoya, Japón, 18-29 de octubre de 2010.

Crump, M.L. 2005. Why Are Some Species in Decline but Others Not? Lannoo, M.J. (Ed.). Amphibian declines: the conservation status of United States species. Univ of California Press.

Dirzo, R., y P. Raven. 2003. Global state of biodiversity and loss. Annual Review.

Dudley, N., & Stolton, S. 2008. Defining protected areas: an international conference in Almeria, Spain. IUCN, Gland, Switzerland, 220.

Espinosa, D., S. Ocegueda et al. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en Capital natural de México, vol. I : Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 33-65.

ESRI. 2002. What's New in ArcView 3.1, 3.2, and 3.3 . En: <http://downloads.esri.com/support/whitepapers/other/_arcview313233.pdf>

Fick, S.E. & R.J. Hijmans. 2017. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology.

Flores-Villela O. 1991. Análisis de la distribución de la herpetofauna de México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Flores Villela, O. & P. Gerez. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. México.

Flores-Villela, O., L. Ochoa-Ochoa y C.E. Moreno. 2005. Variación latitudinal y longitudinal de la riqueza de especies y la diversidad beta de la herpetofauna mexicana, en G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.), Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, pp. 143-152.

Frías-Alvarez, P., Zúñiga-Vega, J. J., & Flores-Villela, O. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. Biodiversity and Conservation, 19(13), 3699-3742.

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.

Game, E.T. & H.S. Grantham. 2008. Marxan User Manual: For Marxan version 1.8.10. University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia, and Pacific Marine Analysis and Research Association, Vancouver, British Columbia, Canada.

Halliday, T. 2005. Diverse Phenomena Influencing Amphibian Population Declines. Lannoo, M.J. (Ed.). Amphibian declines: the conservation status of United States species. Univ of California Press.

Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master L.L. & Albert D.L. 2006. The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. Ecography. 29: 773-785.

- Hijmans, R. J., Phillips, S., Leathwick, J., Elith, J., & Hijmans, M. R. J. 2017. Package 'dismo'. *Circles*, 9, 1.
- Ihaka, R. & Gentleman, R. 1996. R: a language for data analysis and graphics. *Journal of computational and graphical statistics*, 5(3), 299-314.
- INEGI, CONABIO e INE. 2008. 'Ecorregiones terrestres de México'. Escala 1:1000000. México.
- IUCN. 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-2. En: <<http://www.iucnredlist.org>>.
- Kolb, M. 2009. Reporte técnico del modelo prototipo de impactos a la biodiversidad mexicana, MEXBIO. México, CONABIO.
- Koleff, P., M. Tambutti, I.J. March, R. Esquivel, C. Cantú, A. Lira-Noriega et al. 2009. Identificación de prioridades y análisis de vacíos y omisiones en la conservación de la biodiversidad de México, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO. México, pp. 651-718.
- Koleff, P. y T. Urquiza-Haas (coords.). 2011. Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México.
- Manson, R.H., E.J. Jardel Peláez et al. 2009. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 131-184.
- March, I.J., M.A. Carvajal, R.M. Vidal, J.E. San Román, G. Ruiz et al. 2009. Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad, en *Capital natural de México*, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 545-573.
- Margules, C.R., A.O. Nicholls, & R.L. Pressey. 1988. Selecting networks of reserves to maximise biological diversity. *Biological conservation*, 43(1), 63-76.
- Margules, C.R. & Pressey R.L. 2000. Systematic Conservation Planning. *Nature*. 405: 243-253.
- Margules, C.R., & S. Sarkar. 2007. Systematic conservation planning. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Newbold, T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography* 34:3-22.
- Ochoa-Ochoa, L.M. & O. Flores-Villela. 2006. Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. UNAM-CONABIO.
- Ochoa-Ochoa, L. M., O. Flores-Villela, U. García-Vázquez, M. E. Correa-Cano, & L. Canseco-Márquez. 2006. Áreas potenciales de distribución de la herpetofauna de México. CONABIO, México. En: <<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>>
- Ochoa-Ochoa, L.M., Campbell, J.A., & Flores-Villela, O. 2014. Patterns of richness and endemism of the Mexican herpetofauna, a matter of spatial scale?. *Biological Journal of the Linnean Society*, 111(2), 305-316.

Ochoa-Ochoa, L.M. & O. Flores-Villela. 2016. Anfibiafauna endémica frente al cambio climático: Análisis de sensibilidad e incertidumbre. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JM022. Ciudad de México.

Olson, D.M., & E. Dinerstein. 1998. The Global 200: a representation approach to conserving the Earth's most biologically valuable ecoregions. *Conservation Biology*, 12(3), 502-515.

Parra-Olea, G., O. Flores-Villela & C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Suplemento 85:460-466.

Pérez-Mendoza, H.A. 2006. Evaluación de la diversidad beta de la herpetofauna mexicana, un análisis estatal. Tesis de licenciatura. UNAM.

Peterson, A.T., J. Soberón, R.G. Pearson, R.P. Anderson, E. Martínez-Meyer, M. Nakamura. & M.B. Araújo. 2011. *Ecological niches and geographic distributions*. Princeton University Press.

Phillips, S.J., R.P. Anderson, & R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, 190(3-4), 231-259.

Phillips, S.J., & Dudík, M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography*, 31(2), 161-175.

Phillips, S.J, M. Dudík & R.E. Schapire. 2017. Maxent software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1). En: <http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/>

Pisanty, I., E. Urquiza-Haas, A.Vargas-Mena y Amezcua et al. 2016. Instrumentos de conservación in situ en México: logros y retos, en *Capital natural de México*, vol. iv: Capacidades humanas e institucionales. Conabio, México, pp. 245-302.

Pressey, R.L. 1994. Ad hoc reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems?. *Conservation biology*, 8(3), 662-668.

Pressey, R.L., C.J. Humphries, C.R. Margules, R.I. Vane-Wright & P.H. Williams. 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in ecology & evolution*, 8(4), 124-128.

QGIS Project, 2018. QGIS User Guide. En: <<https://docs.qgis.org/2.18/pdf/en/QGIS-2.18-UserGuide-en.pdf>>

Ramsar Convention. 1971. En: <http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_e.pdf>

Rodrigues A.S.L., S.J. Andelman, M.I. Bakarr, L. Boitani, T.M. Brooks, R.M. Cowling, L.D.C. Fishpool, G.A.B. da Fonseca, K.J. Gaston, M. Hoffmann, J.S. Long, P.A. Marquet, J.D. Pilgrim, R.L. Pressey, J. Schipper, W. Sechrest, S.N. Stuart, L.G. Underhill, R.W. Waller, M.E.J. Watts & X. Yan. 2004a. Effectiveness of the global protected area network, in representing species diversity. *Nature*. 428:640-643.

Rodrigues A.S.L., H. Resit Akçakaya, S.J. Andelman, M.I. Bakarr, L. Boitani, T.M. Brooks, J.S. Chanson, L.D.C. Fishpool, G.A.B. Da Fonseca, K.J. Gaston, M. Hoffmann, P.A. Marquet, J.D. Pilgrim, R.L. Pressey, J.

Schipper, W. Sechrest, S.N. Stuart, L.G. Underhill, R.W. Waller, M.E.J. Watts & X. Yan. 2004b. Global gap analysis: Priority regions for expanding the global protected-area network. *Bioscience* 54: 1092–1100.

Sarkar, S., & P. Illoldi-Rangel. 2010. Systematic conservation planning: an updated protocol. *Natureza & Conservação*, 8(1), 19-26.

Savage, J.M. 1966. The origins and history of the Central America herpetofauna. *Copeia* 4 : 719-766.

Schoch, R.R. 2014. *Amphibian Evolution: The Life of Early Land Vertebrates*. John Wiley & Sons. 264 pp.

SEDUE. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1988. Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Diario Oficial de la Federación (DOF). Última reforma publicada el 5 de junio de 2018.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012a. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Área de protección de flora y fauna, la porción norte y la franja costera oriental, terrestres y marinas de la Isla de Cozumel, Municipio de Cozumel, Estado de Quintana Roo. Diario Oficial de la Federación (DOF), martes 25 de septiembre de 2012.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2012b. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Área de protección de flora y fauna, la región conocida como Balandra, localizada en el municipio de La Paz, en el Estado de Baja California Sur. Diario Oficial de la Federación (DOF), viernes 30 de noviembre de 2012.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Área de protección de flora y fauna, la zona conocida como Cerro Mohinora en el Municipio de Guadalupe y Calvo en el Estado de Chihuahua. Diario Oficial de la Federación (DOF), viernes 10 de julio de 2015.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016a. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Caribe Mexicano. Diario Oficial de la Federación (DOF). Miércoles 7 de diciembre de 2016.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016b. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Islas del Pacífico de la Península de Baja California. Diario Oficial de la Federación (DOF). Miércoles 7 de diciembre de 2016.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016c. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Pacífico Mexicano Profundo. Diario Oficial de la Federación (DOF), miércoles 7 de diciembre de 2016.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016d. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la región conocida como Sierra de Tamaulipas, localizada en los municipios de Aldama, Casas, González, Llera y Soto La Marina, en el Estado de Tamaulipas. Diario Oficial de la Federación (DOF), miércoles 7 de diciembre de 2016.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2017. DECRETO por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de parque nacional, la región conocida como Revillagigedo, localizada en el Pacífico Mexicano. Diario Oficial de la Federación (DOF), lunes 27 de noviembre de 2017.

SEMARNAT-CONANP. 2017. 182_ANP_Geo_ITFR08_Noviembre_2017, edición 2017. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Ciudad de México, México.

Stuart, S.N., J.S. Chanson, N.A. Cox, B.E. Young, A.S. Rodrigues, D.L. Fischman & R.W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*. 306(5702):1783-1786.

Stockholm Declaration. 1972. En: <<http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf>>

UNEP-WCMC and IUCN. 2016. Protected Planet Report 2016. UNEP-WCMC and IUCN: Cambridge UK and Gland, Switzerland.

Urbina-Cardona, J.N. & O. Flores-Villela. 2010. Ecological-niche modeling and prioritization of conservation-area networks for Mexican herpetofauna. *Conservation Biology*, 24(4), 1031-1041.

Vitt, L.J. & J.P. Cadwell. 2013. *Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press. 757 pp.

Wake, D.B. 1991. Declining amphibian populations. *Science*. 253(5022):860-861.

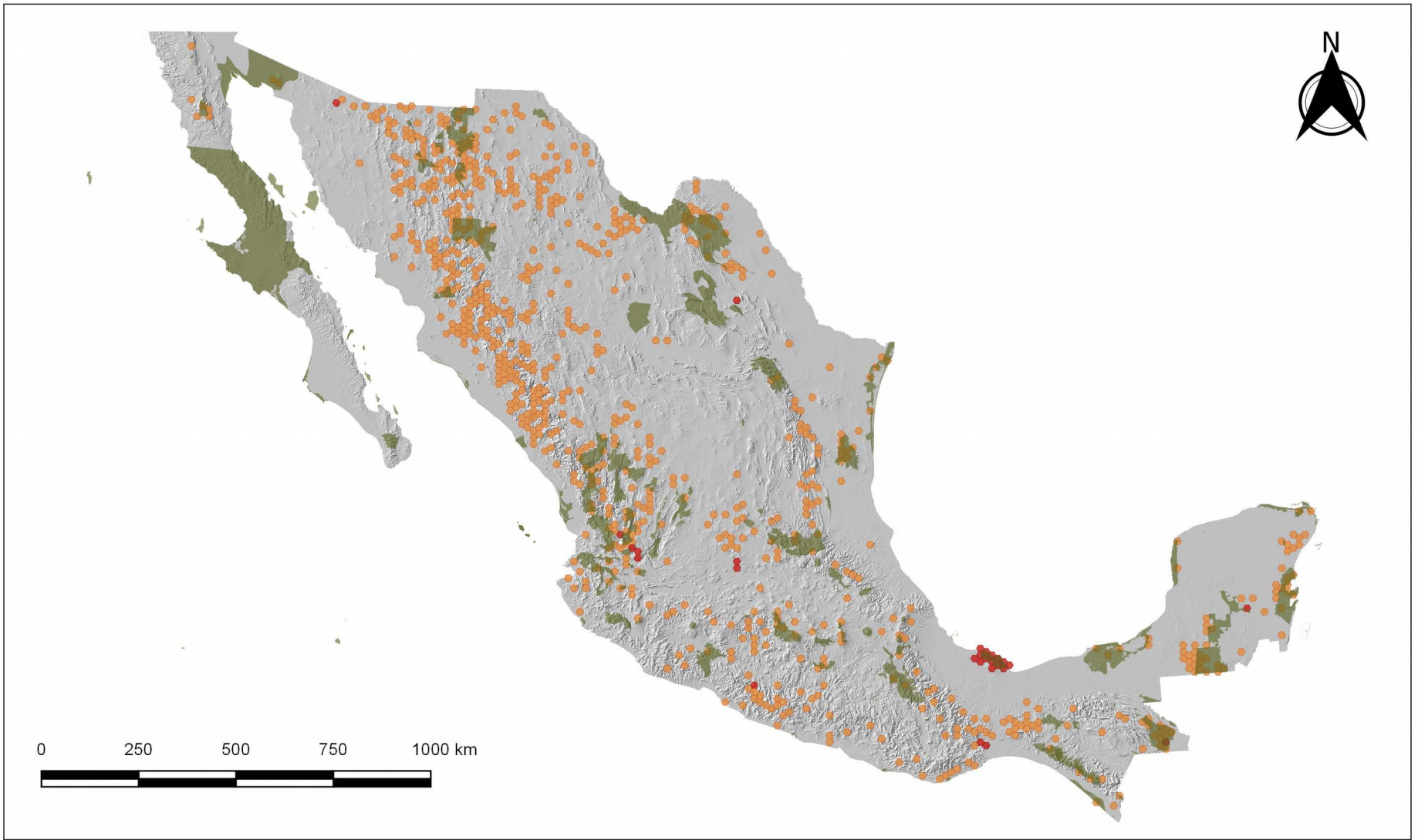
Watson, J.E.M., D.B. Segan & R.A. Fuller. 2016. Optimal Protection of the World's Threatened Birds, Mammals, and Amphibians. *Protected Areas: Are They Safeguarding Biodiversity?*, 66-80.

Wells, K.D. 2007. *The Ecology and Behavior of Amphibians*. University of Chicago Press. 1148 pp.

World Heritage Convention, 1972. En: <<http://whc.unesco.org/archive/conventiones.pdf>>

XI. Anexo

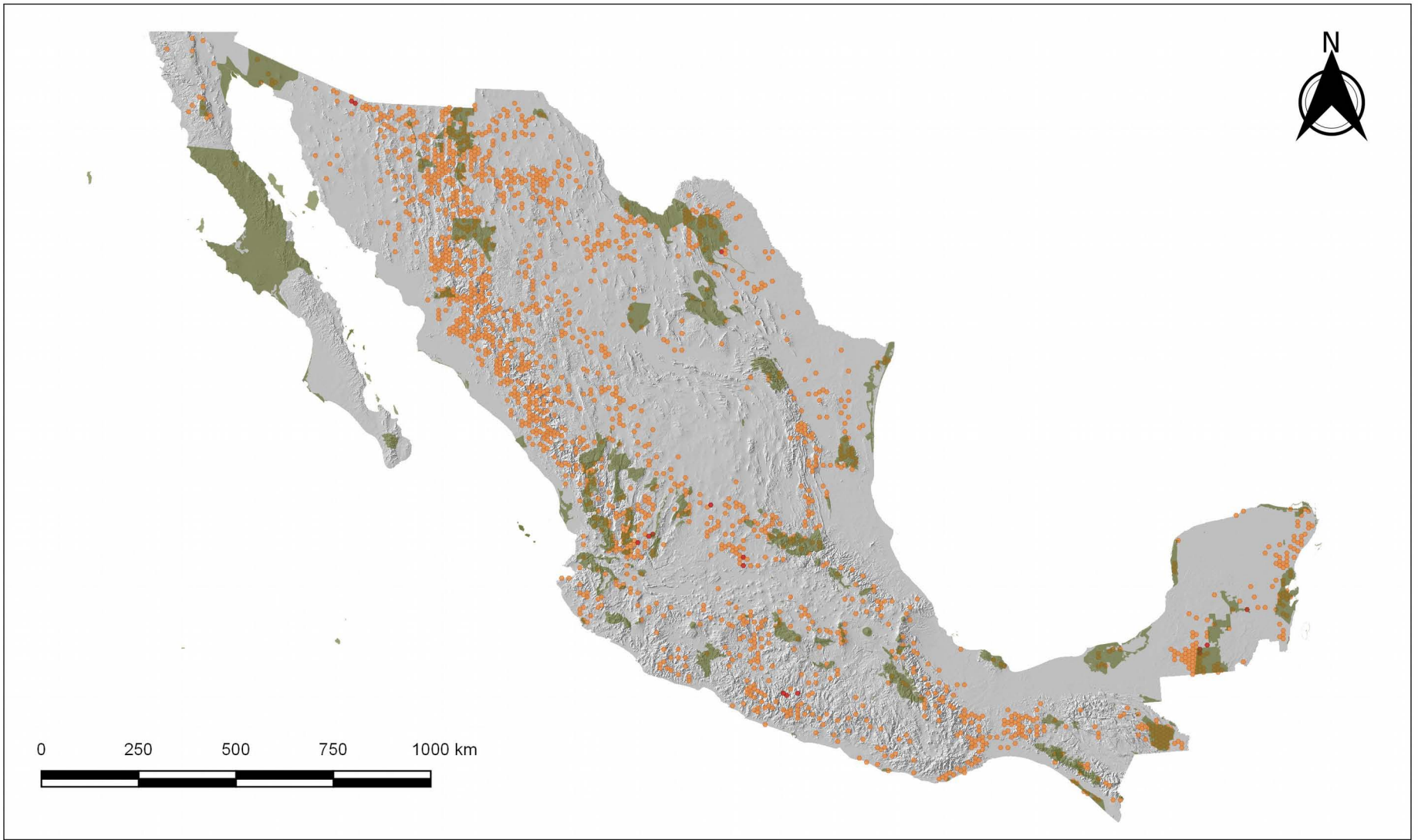
Mapa 1. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo y Áreas Naturales Protegidas Federales Terrestres



CEM y ANP Federales	Simbología	SRC	Fuente
	<ul style="list-style-type: none"> Sitios prioritarios Sitios Altamente Prioritarios Áreas Naturales Protegidas Federales 	Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Áreas Naturales Protegidas Federales edición 2017 SEMARNAT-CONANP</p> <p>Elaboró: Siurob Espindola Brian</p>

Mapa 1. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en Áreas Naturales Protegidas Federales. Unidades de planificación = 25,600 ha y metas de conservación del 10%

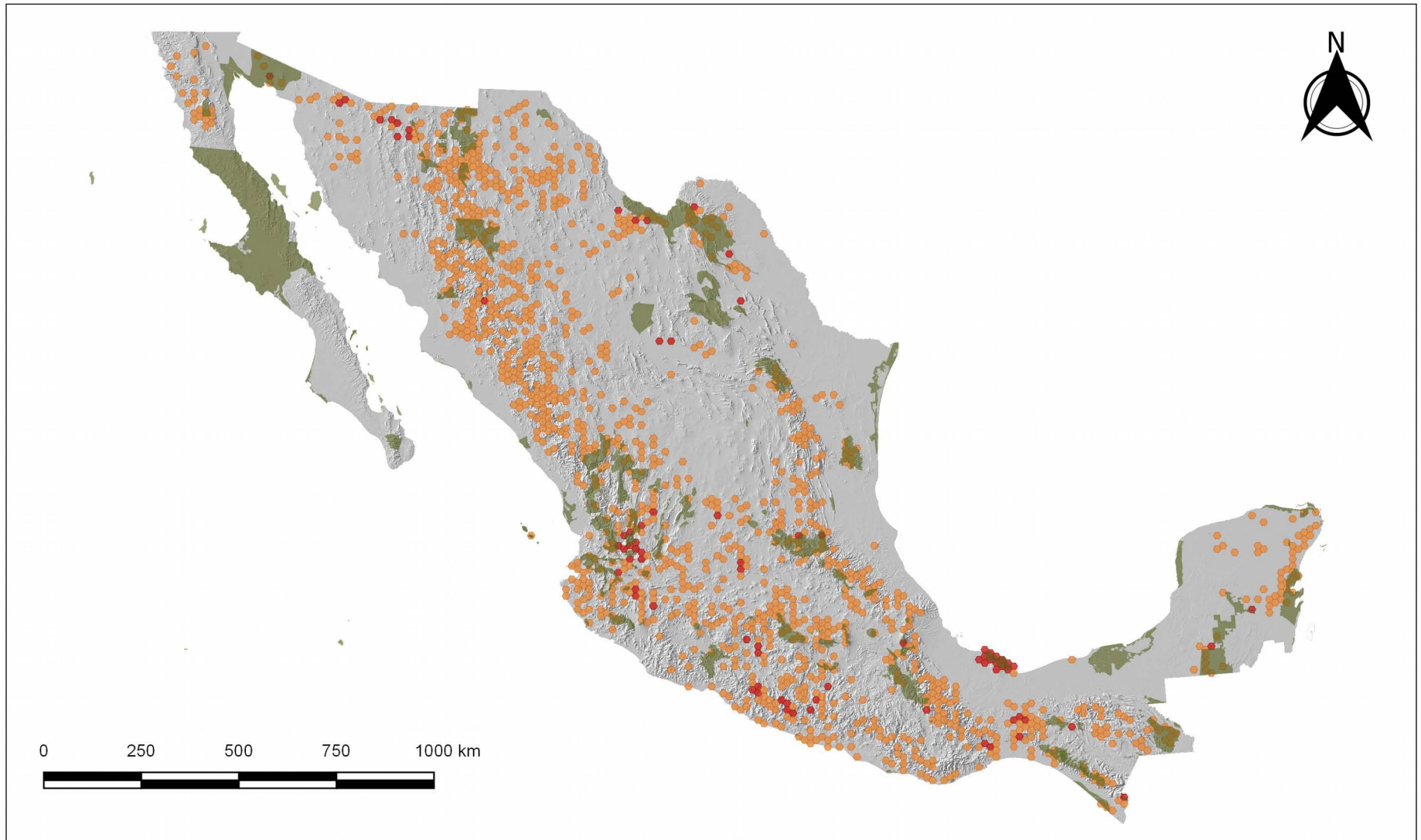
Mapa 2. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo y Áreas Naturales Protegidas Federales Terrestres



CEM y ANP Federales	Simbología	SRC	Fuente
	<ul style="list-style-type: none"> Sitios prioritarios Sitios Altamente Prioritarios Áreas Naturales Protegidas Federales 	Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Áreas Naturales Protegidas Federales edición 2017 SEMARNAT-CONANP</p> <p>Elaboró: Siurob Espindola Brian</p>

Mapa 2. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en Áreas Naturales Protegidas Federales. Unidades de planificación = 10,000 ha y metas de conservación del 10%

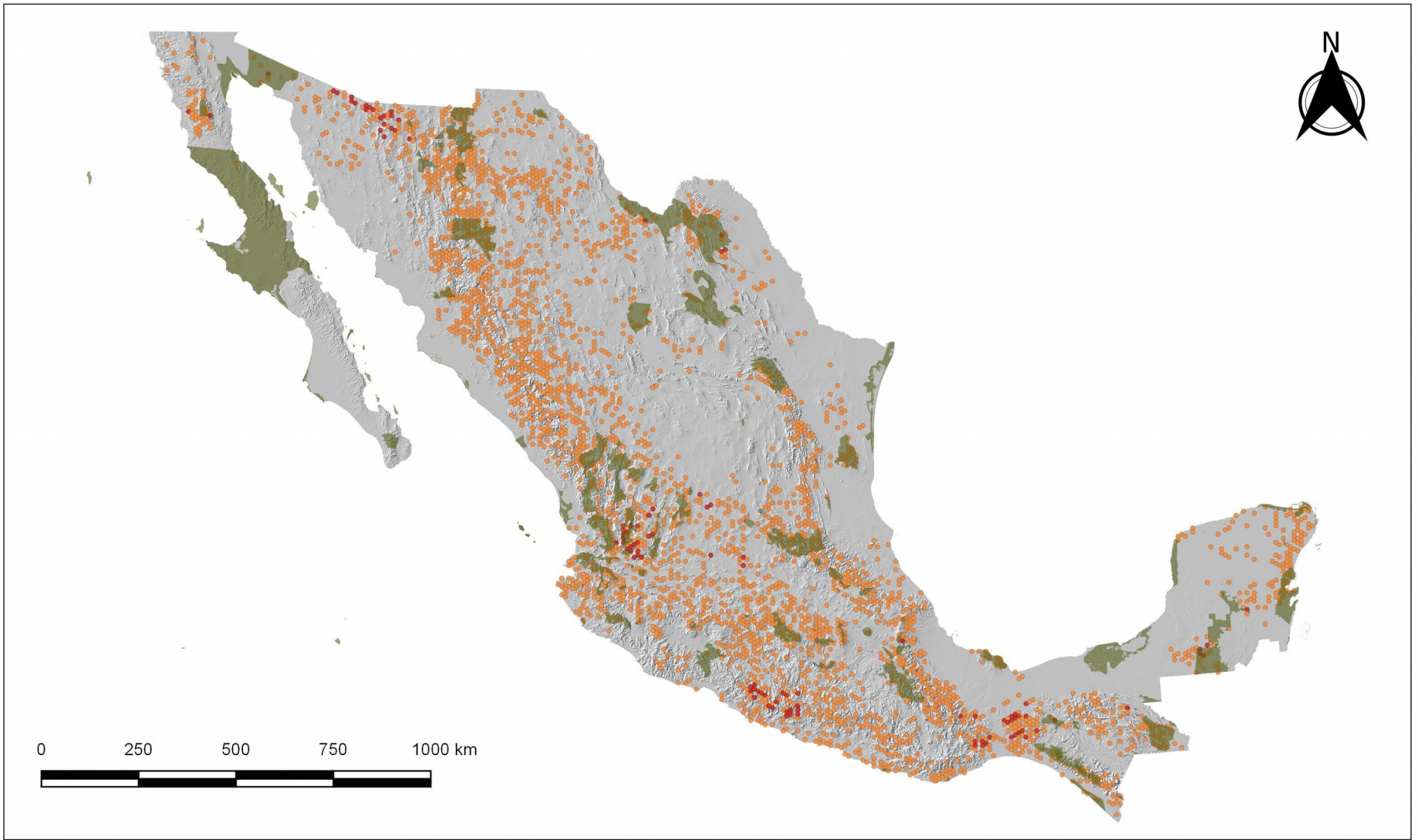
Mapa 3. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo y Áreas Naturales Protegidas Federales Terrestres



CEM y ANP Federales	Simbología	SRC	Fuente
	<ul style="list-style-type: none"> Sitios prioritarios Sitios Altamente Prioritarios Áreas Naturales Protegidas Federales 	Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Áreas Naturales Protegidas Federales edición 2017 SEMARNAT-CONANP</p> <p>Elaboró: Siurob Espindola Brian</p>

Mapa 3. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en Áreas Naturales Protegidas Federales. Unidades de planificación = 25,600 ha y metas de conservación con base en criterios específicos por taxón (Tabla 1)

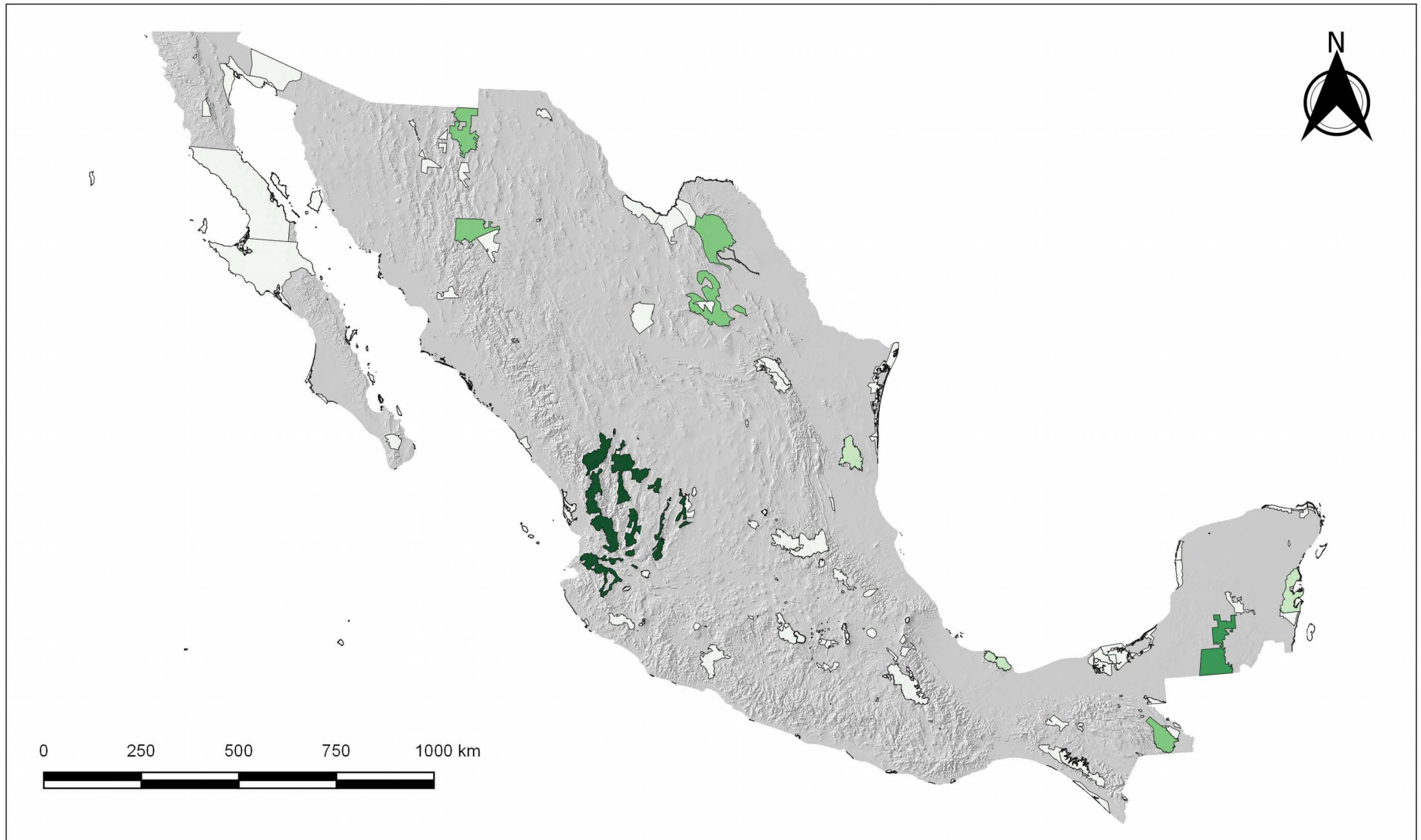
Mapa 4. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo y Áreas Naturales Protegidas Federales Terrestres



CEM y ANP Federales	Simbología	SRC	Fuente
	<ul style="list-style-type: none"> Sitios prioritarios Sitios Altamente Prioritarios Áreas Naturales Protegidas Federales 	Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Áreas Naturales Protegidas Federales edición 2017 SEMARNAT-CONANP</p> <p>Elaboró: Siurob Espindola Brian</p>

Mapa 4. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en Áreas Naturales Protegidas Federales. Unidades de planificación = 25,600 ha y metas de conservación con base en criterios específicos por taxón (Tabla 1)

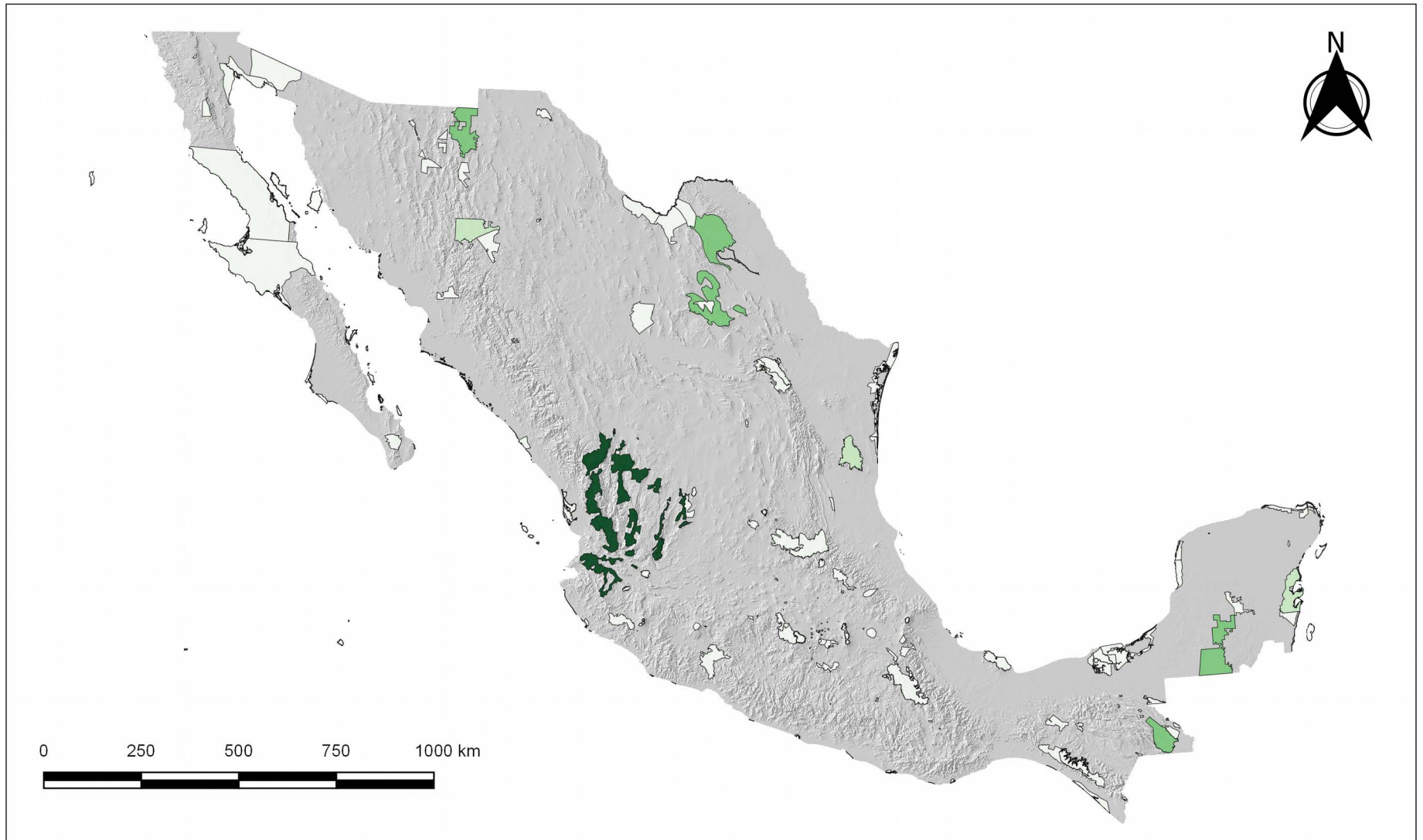
Mapa 5. Cobertura (ha) de las ANP federales a los sitios prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo



Simbología	SRC	Fuente
<ul style="list-style-type: none"> 0 - 85079 ha 85079 - 170158 ha 170158 - 255237 ha 255237 - 340316 ha 340316 - 425395 ha 	<p>Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84</p>	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Áreas Naturales Protegidas federales edición 2017 SEMARNAT-CONANP</p> <p>Elaboró: Siurob Espíndola Brian</p>

Mapa 5. Cobertura de las Áreas Naturales Protegidas a los Sitios Prioritarios para la conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo. Unidades de planificación = 25,600 ha y metas de conservación = 10%

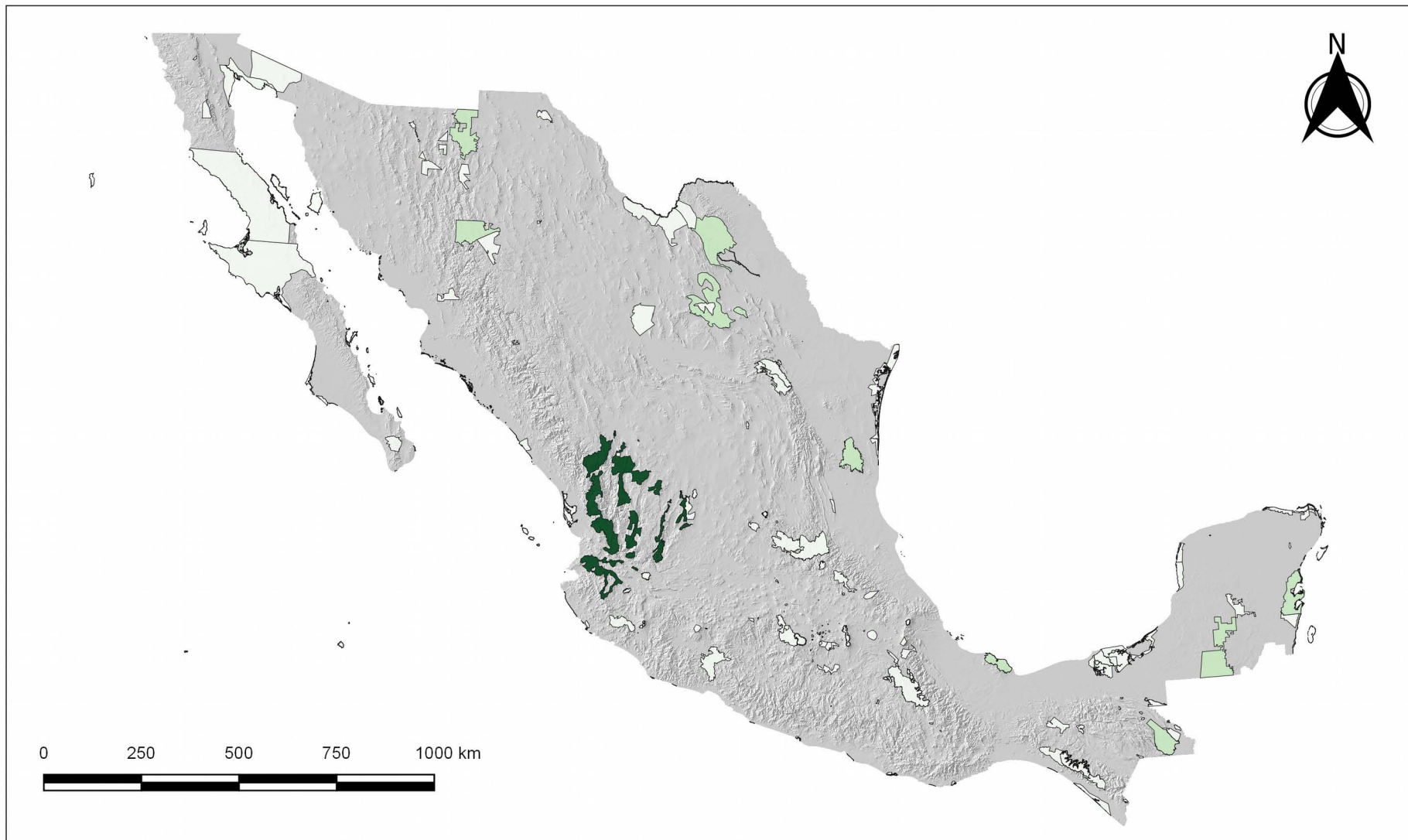
Mapa 6. Cobertura (ha) de las ANP federales a los sitios prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo



Simbología	SRC	Fuente
<ul style="list-style-type: none"> 0 - 94555 ha 94555 - 189110 ha 189110 - 283664 ha 283664 - 378219 ha 378219 - 472774 ha 	<p>Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84</p>	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Áreas Naturales Protegidas federales edición 2017 SEMARNAT-CONANP</p> <p>Elaboró: Siurob Espíndola Brian</p>

Mapa 6. Cobertura de las ANP a los Sitios Prioritarios para la conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo. Unidades de planificación = 10,000 ha y metas de conservación = 10%

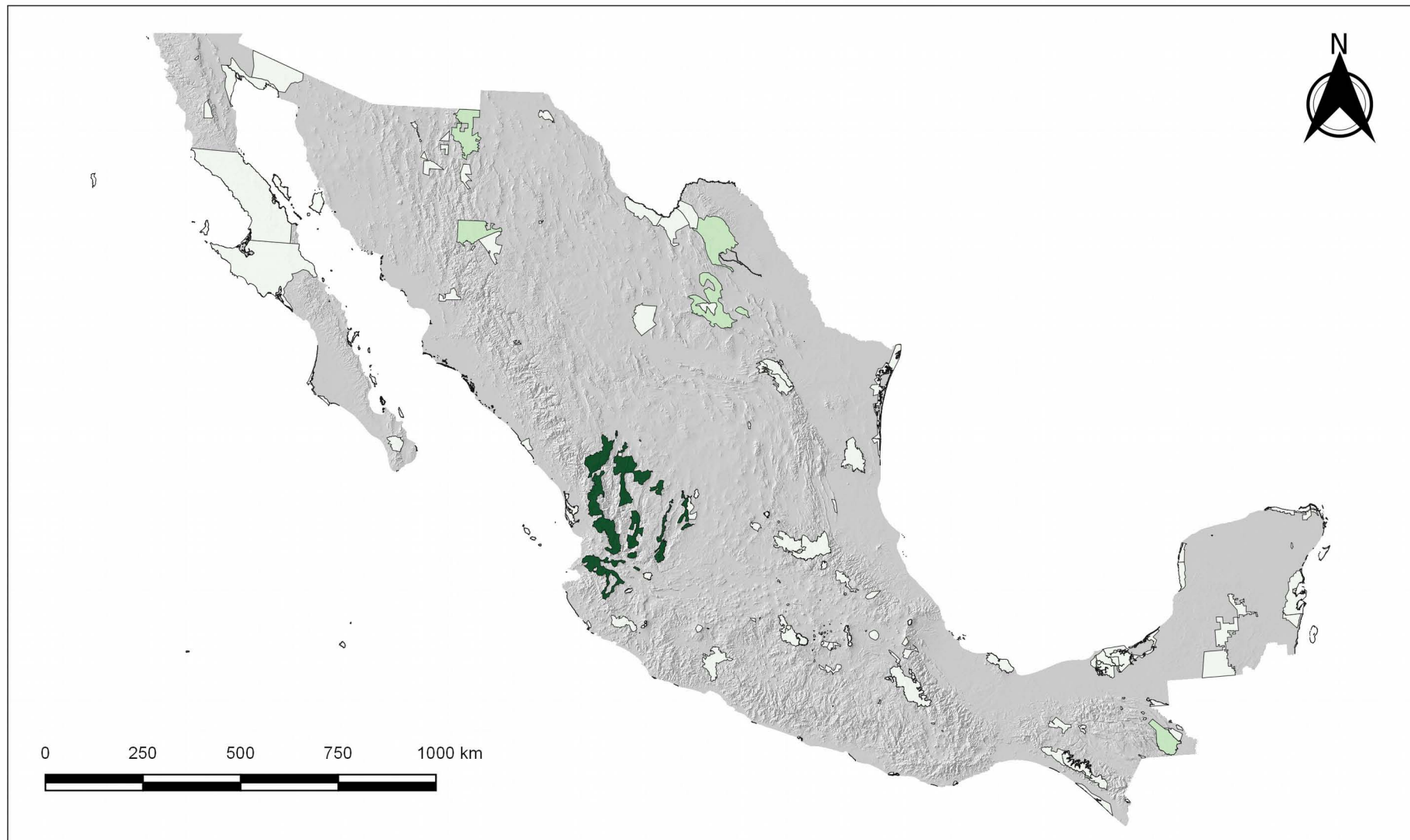
Mapa 7. Cobertura (ha) de las ANP federales a los sitios prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo



Simbología	SRC	Fuente
<ul style="list-style-type: none"> 0 - 142603 ha 142603 - 285206 ha 285206 - 427810 ha 427810 - 570413 ha 570413 - 713016 ha 	<p>Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84</p>	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Áreas Naturales Protegidas federales edición 2017 SEMARNAT-CONANP</p> <p>Elaboró: Siurob Espíndola Brian</p>

Mapa 7. Cobertura de las ANP a los Sitios Prioritarios para la conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo. Unidades de planificación = 25,600 ha y metas de conservación con base en criterios específicos por taxón (Tabla 1)

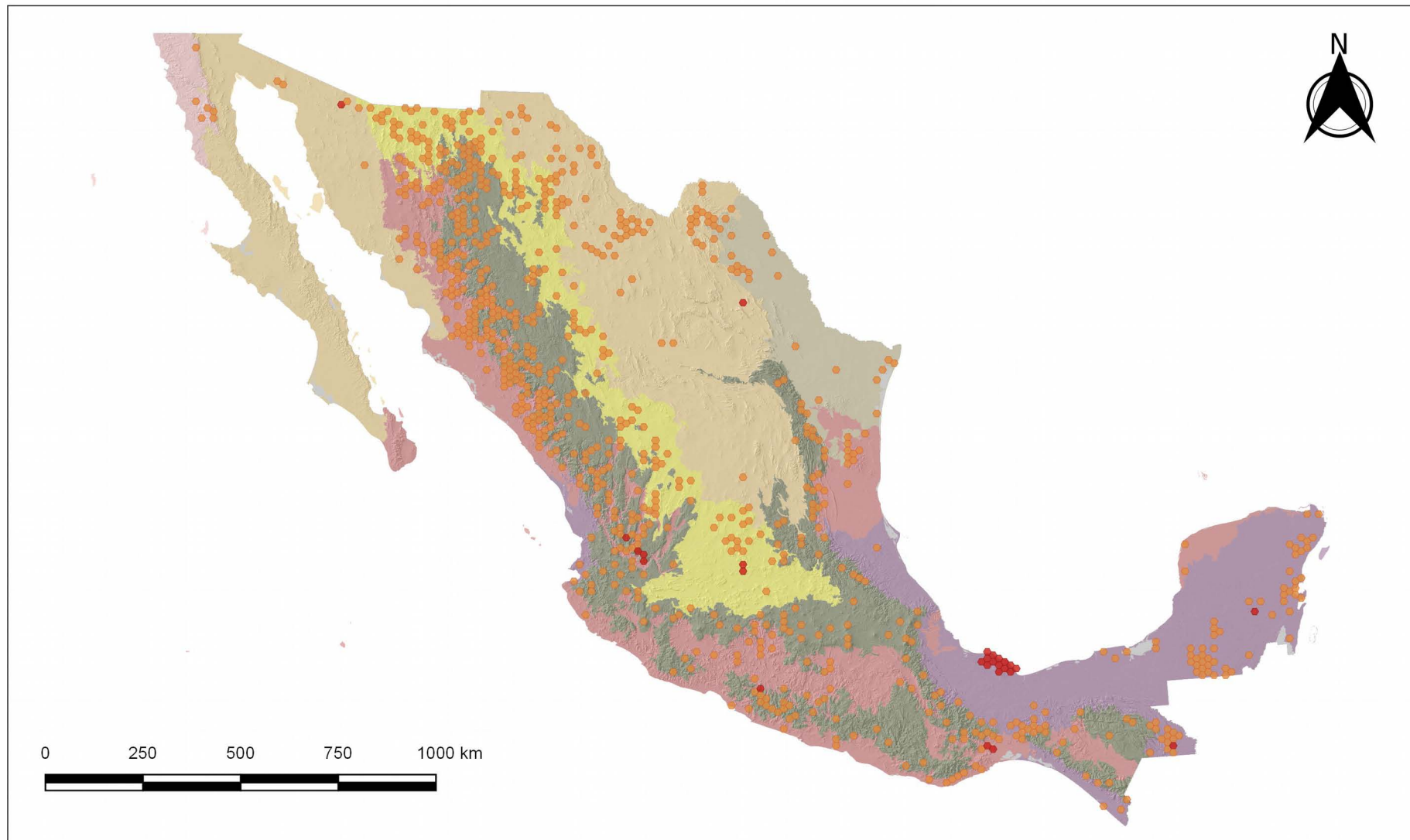
Mapa 8. Cobertura (ha) de las ANP federales a los sitios prioritarios para la conservación de anfibios mexicanos en categorías de riesgo












Simbología	SRC	Fuente
<ul style="list-style-type: none"> 0 - 168110 ha 168110 - 336220 ha 336220 - 504329 ha 504329 - 672439 ha 672439 - 840549 ha 	<p>Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84</p>	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Áreas Naturales Protegidas federales edición 2017 SEMARNAT-CONANP</p> <p>Elaboró: Siurob Espíndola Brian</p>

Mapa 8. Cobertura de las ANP a los Sitios Prioritarios para la conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo. Unidades de planificación = 10,000 ha y metas de conservación con base en criterios específicos por taxón (Tabla 1)

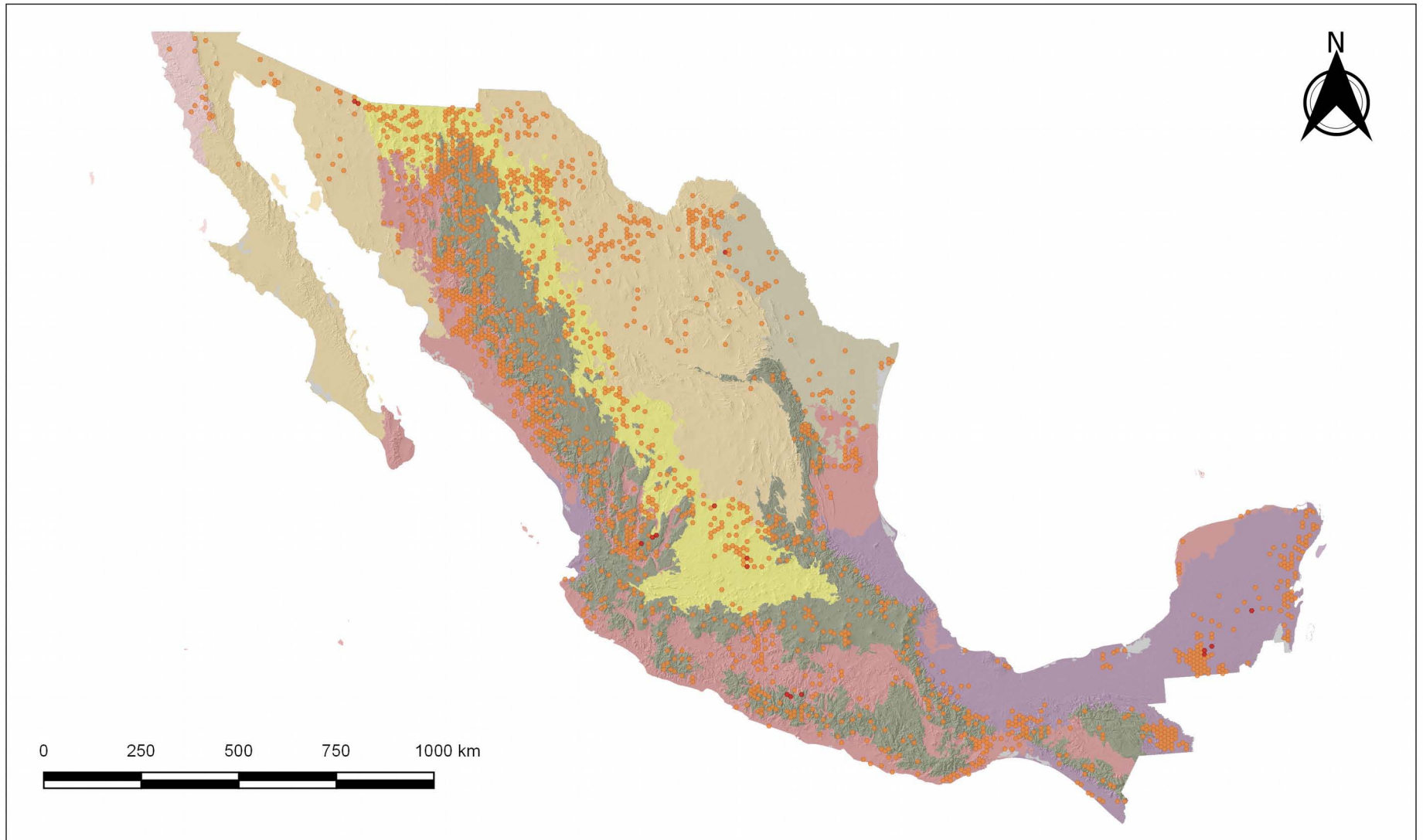
Mapa 9. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en las Ecorregiones Terrestres de México



Simbología	Otra simbología	SRC	Fuente
<p> Sitios prioritarios</p> <p> Sitios Altamente Prioritarios</p>	<p> California Mediterránea</p> <p> Desiertos de América del Norte</p> <p> Elevaciones Semiáridas Meridionales</p> <p> Grandes Planicies</p> <p> Selvas Cálido-Húmedas</p> <p> Selvas Cálido-Secas</p> <p> Sierras Templadas</p>	<p>Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84</p>	<p>Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000</p> <p>Ecorregiones Terrestres de México INEGI-CONABIO-ENE, edición 2008 1:1000000</p> <p>Elaboró: Siurob Espindola Brian</p>

Mapa 9. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en las Ecorregiones Terrestres de México. Unidades de planificación = 25,600 ha y metas de conservación del 10%

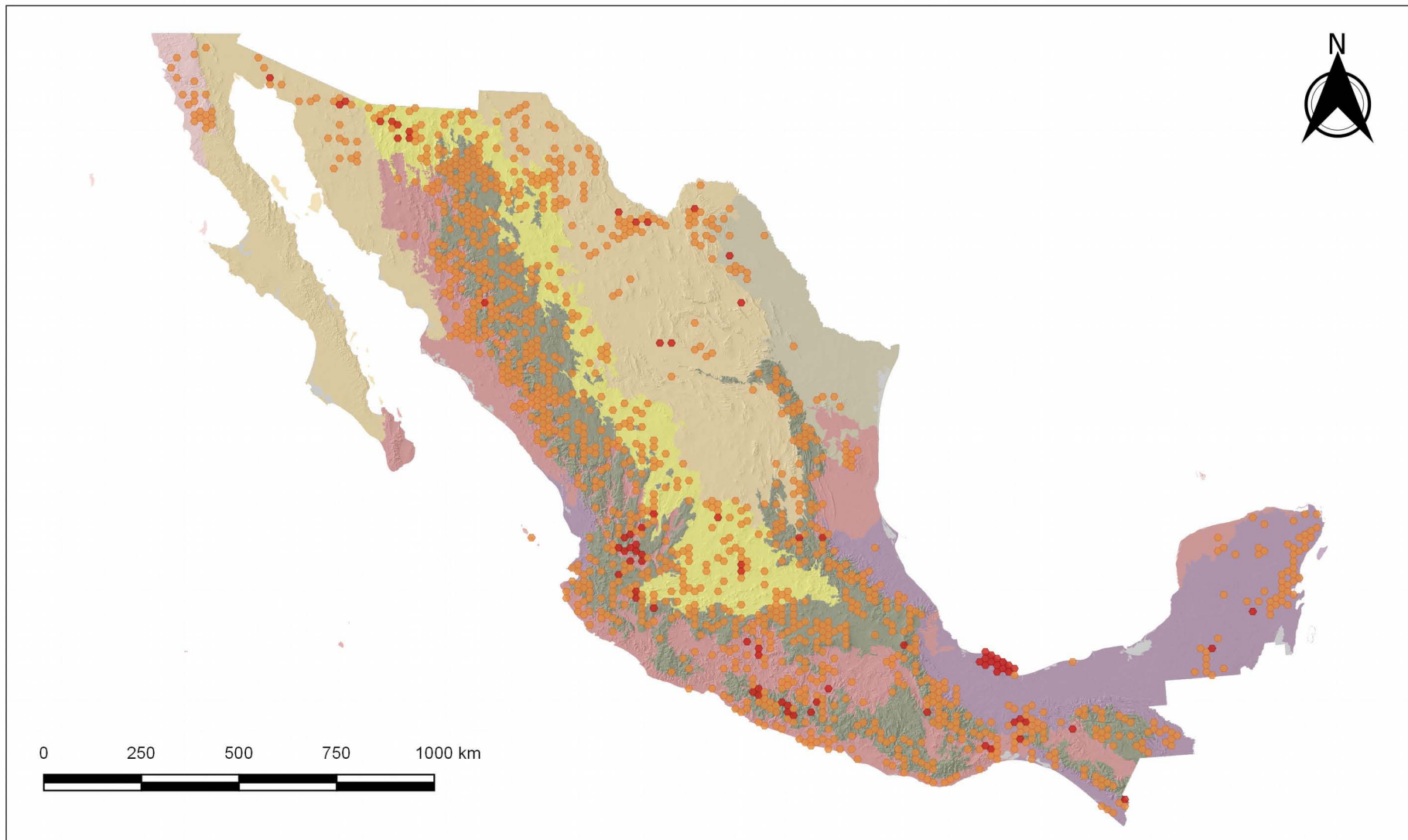
Mapa 10. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en las Ecorregiones Terrestres de México



Simbología	Otra simbología	SRC	Fuente
Sitios prioritarios Sitios Altamente Prioritarios	California Mediterranea Desiertos de América del Norte Elevaciones Semiáridas Meridionales Grandes Planicies Selvas Cálido-Húmedas Selvas Cálido-Secas Sierras Templadas	Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84	Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000 Ecorregiones Terrestres de México INEGI-CONABIO-ENE, edición 2008 1:1000000 Elaboró: Siurob Espíndola Brian

Mapa 10. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en las Ecorregiones Terrestres de México. Unidades de planificación = 10,000 ha y metas de conservación del 10%

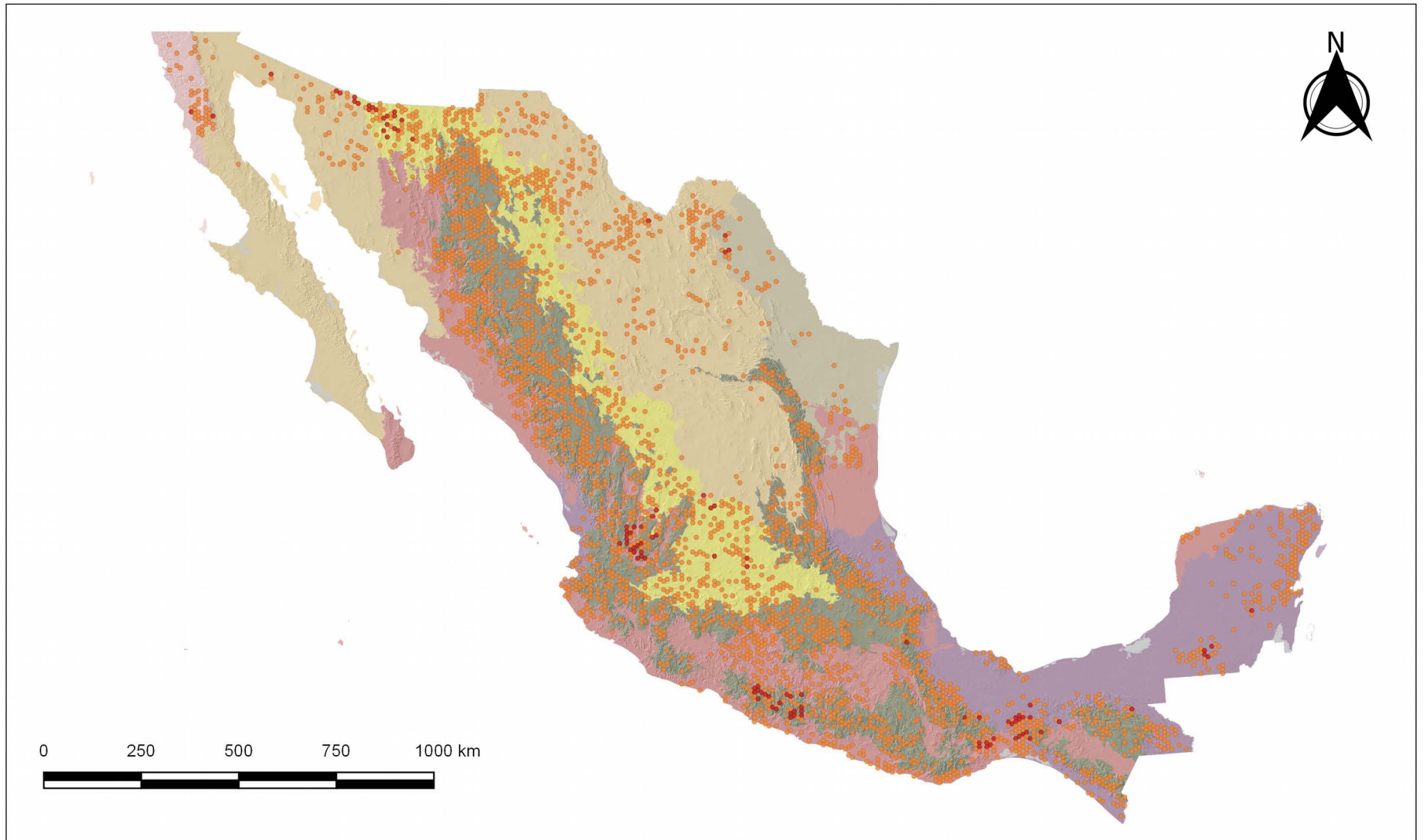
Mapa 11. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en las Ecorregiones Terrestres de México












Simbología	Otra simbología	SRC	Fuente
Sitios prioritarios Sitios Altamente Prioritarios	California Mediterránea Desiertos de América del Norte Elevaciones Semiáridas Meridionales Grandes Planicies Selvas Cálido-Húmedas Selvas Cálido-Secas Sierras Templadas	Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84	Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000 Ecorregiones Terrestres de México INEGI-CONABIO-ENE, edición 2008 1:1000000 Elaboró: Siurob Espíndola Brian

Mapa 11. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en las Ecorregiones Terrestres de México. Unidades de planificación = 25,600 ha y metas de conservación con base en criterios específicos por taxón (Tabla 1)

Mapa 12. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en las Ecorregiones Terrestres de México



Simbología	Otra simbología	SRC	Fuente
 Sitios prioritarios  Sitios Altamente Prioritarios	 California Mediterránea  Desiertos de América del Norte  Elevaciones Semiáridas Meridionales  Grandes Planicies  Selvas Cálido-Húmedas  Selvas Cálido-Secas  Sierras Templadas	Cónica Conforme de Lambert. Esferoide: WGS84; 1er paralelo base: 17° 30' 00"; 2do paralelo base: 29° 30' 00"; meridiano central: -102 00' 00"; latitud de origen de la proyección: 12° 00' 00"; falso este: 2 500 000 m; falso norte: 0.00 m; datum horizontal WGS84	Continuo de Elevaciones Mexicano edición 3.0 - INEGI 1:50000 Ecorregiones Terrestres de México INEGI-CONABIO-ENE, edición 2008 1:1000000 Elaboró: Siurob Espíndola Brian

Mapa 12. Sitios Prioritarios para la Conservación de Anfibios Mexicanos en Categorías de Riesgo en las Ecorregiones Terrestres de México. Unidades de planificación = 10,000 ha y metas de conservación con base en criterios específicos por taxón (Tabla 1)