BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

ZONAS PRIORITARIAS DE CONSERVACION BIOLOGICA A PARTIR DEL ANÁLISIS ESPACIAL DE LA HERPETOFAUNA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA

Tesis que para obtener el título de
BIÓLOGO (A)

.

PRESENTA:
GRISELDA OFELIA JORGE LARA

TUTOR: DR. RODRIGO MACIP RÍOS

NOVIEMBRE 2013

AGRADECIMIENTOS

A los proyectos Estado de conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de los estados de puebla y Tlaxcala. PROMEP/103.5/12/4367 Proyecto: BUAP-PTC-316 y Estado actual de Conservación de la Biodiversidad de Puebla. Proyecto VIEP modalidad: consolidación de investigadores jóvenes, por el apoyo económico brindado para la ejecución de esta tesis.

Al Instituto de Instituto de Ciencias de Gobierno y Desarrollo Estratégico por abrirme sus puertas en todo el desarrollo de mi tesis.

Al Dr. Rodrigo Macip por sus enseñanzas, su apoyo y su paciencia para la realización de esta investigación.

A mis sinodales por la disponibilidad para la revisión del manuscrito y las pertinentes correcciones del mismo.

Al M. en C. J. Silvestre Toxtle Tlamaní por su disponibilidad para atender mis dudas tanto de la tesis y en los últimos cuatrimestres de la carrera.

Al Dr. Flores Villela y la Ma. en C. Guadalupe Gutiérrez Mayen por haberme facilitado literatura importante para el desarrollo de esta tesis.

A Sami por dedicarme su tiempo su paciencia y nunca dejarme vencer, gracias por ser parte de mi vida.

A mis amigas de la Universidad Paty Téllez, Vere Cruz, Elo Cordero, las gemelas Annya y Georgia, Azarel, Adris de Psicología, Sus Escobar que siempre estuvieron conmigo durante la carrera y apoyándome en mi tesis y a Karina y Misael que me hicieron pasar momentos muy agradables en el laboratorio de SIG.

A mis padres y hermanos que siempre me apoyaron para seguir estudiando y preparándome cada vez más, muy en especial a mi mamá que ha sido el sostén de mi vida y que siempre que ha animado a seguir luchando demostrándome que siempre hay esperanza.

ÍNDICE

Índice de Figuras 5
Índice de cuadros 5
Resumen 6
1. INTRODUCCIÓN 7
2. ANTECEDENTES 10
2.1. La Diversidad Biológica 10
2.1.1. Diversidad Biológica en México 10
2.1.2. Amenazas a la Biodiversidad 11
2.2. Conservación de la Biodiversidad 12
2.2.1. Áreas Protegidas 14
2.2.2. Áreas Protegidas en México 15
2.2.3. Conservación en México 18
2.2.4. Conservación en Puebla y Tlaxcala 20
2.3. Anfibios y Reptiles 20
2.3.1. Herpetofauna en México 24
2.3.2. Herpetofauna de los estados de Puebla y Tlaxcala 24
2.4. Los Sistemas de Información Geográfica en la Conservación 25
3. JUSTIFICACION 27
4. OBJETIVOS 28
4.1. Objetivo General 28
4.2. Objetivos Particulares 28
5. ÁREA DE ESTUDIO 28
5.1. Ubicación y características generales del área de estudio 28
6. MÉTODOS 31
6.1. Obtención de datos de presencia de Anfibios y Reptiles en los Estados de Puebla y Tlaxcala 32
6.2. Análisis para determinar los cuadrantes con mayor diversidad y zonas a conservar 32
6.2.1. Diversidad Alfa 32

6.2.1.1 Riqueza de Especies 33
6.2.1.2. Índice de Diversidad 33
6.2.1.3. Equitatividad o equidad 33
6.2.2. Diversidad Beta 33
6.2.2.1. Índice de Similitud-Disimilitud 33
6.2.2.2. Índice de Recambio de Especies 34
6.3. Análisis espacial para comparar las zonas prioritarias a conservar respecto a las ANP actuales 35
7. RESULTADOS 36
7.1. Número de registros 36
7.2. Análisis de gradilla de 1° x 1° 37
7.2.1. Diversidad Alfa 37
7.2.1.1. Riqueza 37
7.2.1.2. Índice de Diversidad Shannon-Weinner 38
7.2.1.3. Equidad 38
7.2.2. Diversidad Beta 39
7.2.2.1. Índices de Similitud-Disimilitud 39
7.2.2.2. Índice de Recambio de Especies 40
7.3. Análisis de gradilla de 0.5° x 0.5 ° 41
7.3.1. Diversidad Alfa 41
7.3.1.1. Riqueza 41
7.3.1.2. Índice de Diversidad Shannon-Weinner 41
7.3.1.3. Equitatividad 42
7.3.2. Diversidad Beta 43
7.3.2.1. Índices de Similitud-Disimilitud 43
7.3.2.1. Índice de Recambio de Especies 44
7.4. Zonas de alta Diversidad y prioritarias para la Conservación 50
7.4.1. Gradilla de 1° x 1° 50
7.4.2. Gradilla de 0.5° x 0.5° 51
8. DISCUSIÓN 55
9. CONCLUSIONES 64

10. LITERATURA CITADA 65
11. ANEXOS 80

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Vegetación de los estados de Puebla y Tlaxcala. 31
Fig. 2. Distribución de la herpetofauna en los estados de Puebla y Tlaxcala. 36
Fig. 3. Zonas de alta diversidad en Puebla y Tlaxcala, gradilla de 1° x 1°. 50
Fig. 4. Zonas de alta diversidad en Puebla y Tlaxcala, gradilla de 0.5° x 0.5°. 52

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales en los estados de Puebla y Tlaxcala 18
Tabla 2. Índices de diversidad alfa por cuadrante para la gradilla de 1° x 1° 38
Tabla 3. Índice de diversidad Beta de Anfibios..... 39
Tabla 4. Índice de diversidad Beta de Reptiles 39
Tabla 5. Índices de Complementariedad de especies de Anfibios 40
Tabla 6. Índices de Complementariedad de especies de Reptiles 40
Tabla 7. Índices de diversidad alfa por cuadrante para la gradilla de 0.5° x 0.5° . 42
Tabla 8. Índice de diversidad Beta de Anfibios..... 45
Tabla 9. Índice de diversidad Beta de Reptiles 46
Tabla 10. Índices de Complementariedad de especies de Anfibios 47
Tabla 11. Índices de Complementariedad de especies de Reptiles 48

ZONAS PRIORITARIAS DE CONSERVACION BIOLOGICA A PARTIR DEL ANÁLISIS ESPACIAL DE LA HERPETOFAUNA DE LOS ESTADOS DE PUEBLA Y TLAXCALA

RESUMEN

Los anfibios y reptiles tienen características fisiológicas y requerimientos ecológicos específicos que los hace organismos modelo para analizar el estado de conservación de un ambiente determinado, lo cual permite identificar sitios de alta diversidad con potencial para la conservación y la propuesta de nuevas ANPS. El presente trabajo plantea un análisis espacial de la diversidad de anfibios y reptiles de los estados de Puebla y Tlaxcala con el objetivo de identificar las zonas de mayor importancia para la conservación biológica de estos organismos. El análisis se realizó con los registros de anfibios y reptiles de los estados de Puebla y Tlaxcala provenientes de diferentes colecciones científicas y bases de datos oficiales. Se establecieron dos unidades de muestreo, una gradilla de un grado (12367.656 km^2) y otra de medio grado (6183.828 km^2), para ello se utilizó el sistema de información geográfica ArcGis 10.1. Para cada cuadrante se calculó la riqueza específica, la diversidad alfa, beta y la complementariedad de especies mediante los índices de Shannon-Wiener, Horn y Colwell-Coddington respectivamente. El análisis se llevó a cabo con 8494 registros, 3146 de anfibios y 5348 de reptiles. Las zonas prioritarias identificadas para la conservación de anfibios y reptiles corresponden a los cuadrantes ubicados en la Subprovincia Fisiográfica del Sur de Puebla (Valle de Chiautla y Acatlán) y a las Subprovincias Carso Huasteco, Llanuras y Lomeríos y la de Chiconquiaco (Sierra Nororiental de Puebla) en donde no existen ANPs que protejan la diversidad de la región, solo en la Sierra Norte se cuenta con la propuesta de Regiones Terrestres Prioritarias del valle de Cuetzalán sugerida por CONABIO.

1. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica está integrada por las distintas formas de vida que existen en nuestro planeta en todos los niveles de organización biológica y por las condiciones ambientales que la soportan, desde el nivel molecular, hasta los más complejos ecosistemas y paisajes (Gaston y Spicer, 2004; Claro, 2006). La biodiversidad constituye el capital biológico natural del planeta y ofrece una gama de oportunidades para todas las naciones; por lo cual, los valores éticos, estéticos, espirituales, culturales y religiosos de las sociedades humanas son parte integral de ese desarrollo y están indisolublemente ligados a la naturaleza y su aprovechamiento (CDB, 1992; Claro, 2006).

Durante las últimas décadas, la diversidad biológica se ha visto alterada debido a la constante explotación inadecuada de sus recursos naturales, que son fuente primaria de las necesidades de la sociedad humana, lo que ha llevado a la pérdida o deterioro ecológico. La declinación de especies y otras pérdidas en la biodiversidad son el resultado de cuatro causas principales: (i) explotación directa o sobreexplotación; (ii) pérdida y degradación del hábitat; (iii) introducción de especies; y (iv) extinción en cascada o bien extinciones secundarias (Primack, 2002; Gaston y Spicer, 2004; Dickman *et al.,* 2007).

La preocupación por la conservación de la riqueza biológica que mantiene el planeta ha ido en aumento, en especial en los países llamado megadiversos los cuales constituyen una muestra del 10% de los países en los que el mundo está dividido (~170 países), de tal forma que por combinación de sus especies se obtiene la máxima diversidad biológica posible, tanto en número de ecosistemas (terrestres y acuáticos), como de especies y riqueza genética. México al ocupar uno de los primeros lugares de los 17 países que integran este grupo, enfrenta un serio compromiso por preservar la diversidad biológica que alberga (Mittermeier *et al.,* 1997; Sarukhán y Dirzo 2001).

Entre los estados que sustentan esta gran riqueza biológica se encuentran los estados de Puebla y Tlaxcala ubicados en la región oriente de México, en donde concurren 4 regiones fisiográficas: la Sierra Madre Oriental, la llanura costera del Golfo Norte, la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del

Sur; lo que les confiere un lugar estratégico para albergar una gran variedad de ecosistemas que contribuyen a la diversidad biológica del país, los cuales, también han sufrido un gran deterioro ambiental debido a las actividades humanas (CONABIO, 2011).

En la actualidad se busca que la conservación de la biodiversidad no se desvincule con la idea de satisfacer las necesidades humanas sin comprometer la salud de los ecosistemas (Callicott y Mumford 1997). De tal forma, que los proyectos a favor de cubrir las demandas prioritarias de la humanidad con algún beneficio económico no repercuta en la integridad, ni en el buen funcionamiento del ecosistema, dando por sentado que dicha sustentabilidad ecológica es complementaria a la conservación de las áreas silvestres y que estas áreas sean representativas de la biodiversidad de una región o un país (Koleff y Urquiza-Haas, 2011).

Actualmente las áreas naturales protegidas (ANP) constituyen la principal herramienta de conservación en todo el mundo. Éstas tienen un papel fundamental en el mantenimiento de la diversidad biológica y la salud e integridad de los ecosistemas (Ervin 2003). En el caso particular de México las Áreas Naturales Protegidas (ANPs) juegan un rol importante, debido a que corresponden a zonas del territorio nacional en donde los ambientes originales no han sido alterados significativamente por la actividad humana o que requieren ser preservadas y/o restauradas y están sujetas al régimen de protección de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (LGEEPA, 2000; Vázquez *et al.*, 2010; CONANP, 2012), así como en función del nivel de gobierno que las administra, existen tres tipos básicos de ANP'S en relación a la jurisdicción y nivel de gobierno en su administración: las de responsabilidad federal, responsabilidad estatal y responsabilidad municipal (Pizaña-Soto y Hernández-Hernández, 2011).

El avance tecnológico ha contribuido al desarrollo de disciplinas como la Ecología del Paisaje y la Biología de la Conservación. Este desarrollo incluye rápidos avances en desarrollo y la disponibilidad de datos de percepción remota como imágenes satelitales y paquetes computacionales llamados Sistemas de Información Geográfica que permiten el almacenamiento, la sistematización, la

manipulación y el análisis de la información espacial a grandes escalas (Turner *et al.,* 2001). Algunos aspectos básicos de la biología y ecología de las especies como la distribución, los patrones geográficos de la vegetación y otras variables ambientales como el clima, suelos, topografía, geología e hidrología pueden ser analizados integralmente a través de los sistemas de información geográfica (SIG), los cuales ofrecen un método para integrar un amplio espectro de datos para su análisis y presentación en mapas de fácil comprensión, lo cual es la base para identificar aquellos sitios que requieren ser protegidos o donde faltan datos primordiales o primarios para establecer estrategias de conservación (Primack, *et al.,* 2001).

En las últimas décadas se han desarrollado planteamientos sistemáticos con el fin de identificar áreas prioritarias para implementar instrumentos de conservación mediante la distribución espacial de especies indicadoras, siendo los principales protagonistas mamíferos y aves; sin embargo, el trabajar con especies de anfibios y reptiles ha permitido obtener información más precisa y real de las áreas que necesitan ser conservadas (Urquiza-Haas *et al.,* 2011).

Los anfibios y reptiles, con excepción de la Antártida, están bien representados en todo el mundo (Halliday y Adler, 2007). La distribución de estos animales ectotérmicos está sujeta a factores ambientales; es decir, que obtienen del ambiente la energía que ellos necesitan para aumentar su temperatura corporal y para llevar a cabo sus actividades normales; por lo que su diversidad es mayor en latitudes tropicales, y son raros en las partes templadas y frías del mundo (Flores-Villela, 1998; Pought *et al.,* 2001; Rice *et al.,* 2007), además, los anfibios y reptiles presentan poca vagilidad y las distribuciones en la mayoría de sus especies son reducidas, asimismo la sensibilidad a los cambios tanto físicos como biológicos del ambiente, los hace un grupo adecuado para identificar áreas importantes biológicamente (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006). Por tal motivo, el presente trabajo analizó la distribución espacial de las especies de anfibios y reptiles que se han registrado en los estados de Puebla y Tlaxcala con ayuda del sistemas de información geográfica ArcGis® 10.1., identificando los sitios que albergan la mayor diversidad, con principal énfasis en aquellas zonas donde no se

cuenta con ninguna Área Natural Protegida, con lo cual se lograron establecer nuevas zonas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica.

2. ANTECEDENTES

2.1. La Diversidad Biológica

Existen muchas definiciones formales propuestas de diversidad biológica o biodiversidad. DeLong (1996) revisó 85 definiciones; entre ellas, está la propuesta por Gaston y Spicer (2004) donde "la Diversidad biológica es la variedad de la vida" refiriéndose a toda la variación presente en todos los niveles de organización biológica; o la de la World Wildlife Fund (1989), la cual la define como los millones de plantas, animales y microorganismos, los genes que ellos contienen, y los intrincado ecosistemas que ellos ayudan a construir las condiciones de vida, con todo esto, la definición que más ha destacado es la de la Convención de Diversidad Biológica celebrada en Rio de Janeiro en 1992, en donde se reunió a más de 150 naciones (Gaston y Spicer, 2004; Cruz-Angón *et al.,* 2011) y se declara que la "diversidad biológica es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas" (CDB, 1992).

De manera particular, la diversidad biológica corresponde a la variedad de individuos de una especie que interactúan entre ellos mismos y con otros individuos de otras especies; así como también con los ecosistemas y paisajes de los que forman parte e interactúan de manera dinámica y constante.

2.1.1. Diversidad Biológica en México

Se reconoce que México es uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo, alberga más del 12% de la biota total del planeta, con un total de 64878 especies, aunque se estima que el número final llegará a superar las 200 mil especies (Toledo y Ordóñez, 1998; CONABIO, 2006; Durand y Neyra, 2010). Además de la riqueza específica existen especies propias de las regiones

de México; algunas de estas especies son de gran fragilidad genética o poblacional así como también, dependiendo del grupo que se trate, entre el 9 y 60% de las especies registradas en México son endémicas, es decir que se localizan únicamente en nuestro país (Sarukhán *et al.,* 2009). Esta extraordinaria biodiversidad, representada por una gran variedad de especies, encuentra su expresión concreta en la distribución geográfica y ecológica de los organismos, es decir, en su localización en los diferentes espacios que forman el territorio nacional (Toledo y Ordóñez, 1998, Challenger, 1998), el cual es explicado por su gran complejidad fisiográfica y climática y por su intrincada historia geológica (Sarukhán *et al.,* 2009).

2.1.2. Amenazas a la Biodiversidad

Las principales amenazas de la diversidad biológica corresponden a lo que de acuerdo con Diamon (1989) se ha denominado “el cuarteto del mal”, siendo la explotación directa, la pérdida y degradación del hábitat, así como la introducción de especies y las extinciones en cascada las causantes de los problemas que afectan de manera directa a los ecosistemas.

La explotación directa se refiere a la explotación de las poblaciones de especies, ya sea acabando con la población total o dejando solo a unos cuantos individuos con una alta probabilidad de extinguirse por un cambio en el ambiente o algún otro factor externo. Entre las formas de explotación directa se encuentran el comercio de carne de fauna silvestre, madera para combustible, pesca marina, cacería, tráfico ilegal de flora y fauna silvestre, etc. (Gaston y Spicer, 2004; Dickman *et al.,* 2007).

La pérdida del hábitat se considera como la alteración que resulta en la eliminación virtual del Sistema Natural original. Ejemplos familiares incluyen la urbanización, la deforestación de bosques para convertirlos en suelos agrícolas y ganaderos, y la inundación de valles por la construcción de represas hidroeléctricas. El resultado es la alteración del ecosistema natural a tal grado que no puede soportar por mucho tiempo la bióta original. Por su parte la degradación del hábitat es la alteración de las propiedades físicas del sistema natural, (que no permite la eliminación de este sistema). Ejemplos incluyen derramamiento de

combustible, descargas de desechos en sistemas acuáticos y altas concentraciones de fertilizantes en los alimentos, así como contaminación por pesticidas, metales pesados y residuos de herbicidas. La fragmentación es una consecuencia directa de la pérdida y degradación del hábitat y tiene como resultado el incremento de parches aislados del hábitat original, esta matriz de fragmentación de parches de paisaje alterado propicia el incremento de la mortalidad y la reducción de la fecundidad en la flora y fauna restante a tal grado de no poder lograr el soporte de las poblaciones de la flora y la fauna del ecosistema (Mitchell y Klemens, 2000).

Una especie introducida es aquella que ha sido transportada por los humanos más allá de rango de distribución geográfico, difiere de las demás especies en términos de procesos ecológicos ya que se encuentra en un hábitat en el cual no evoluciono (Mitchell y Klemens, 2000; Macdonald *et al.,* 2007) y se corre el riesgo de que cause una extinción masiva de la flora y fauna endémica, especialmente en Islas donde la biota es más sensible al efecto de las especies invasoras (Dickman *et al.,* 2007).

Las extinciones en cascada o extinciones secundarias se dan en situaciones donde la pérdida de una especie (generalmente clave) causa la extinción de otras que depende de ella. La teoría de la red trófica sugiere que los patrones de extinción secundaria pueden ser bastante complicados y por lo tanto difícil de predecir, incluso se corre peligro de eliminar especies claves, por lo que la comunidad de especies que quedan pueden cambiar drásticamente (Gaston y Spicer, 2004; Dickman *et al.,* 2007).

Las amenazas a la diversidad biológica son subyacentes a la misma causa: la magnitud de la actividad de destrucción humana. El desafío es entender los vínculos nacionales e internacionales que promueven la destrucción y encontrar alternativas viables de conservación. Estas alternativas incluyen la estabilización del tamaño de la población humana, promover incentivos y penalidades que convenzan a la gente e industrias de valorar al ambiente, restringir el comercio internacional de productos que son obtenidos por deterioro al medio ambiente y persuadir a las personas de las ciudades desarrolladas para reducir sus consumos

de los recursos naturales y pagar el precio justo de los productos que son producidos de manera sustentable, no de manera destructiva (Primack *et al.,* 2001).

2.2. Conservación de la Biodiversidad

La biología de la conservación es una ciencia multidisciplinaria que ha surgido en respuesta a la crisis ambiental causada por las actividades humanas (Rozzi *et al.,* 2001), por ello requiere una visión integral de los ecosistemas y de su funcionamiento; esto implica entender mejor a los genes, individuos, poblaciones, especies y comunidades ecológicas, como componentes dinámicos e interconectados (Sánchez *et al.,* 2011) entendiendo que la conservación biológica involucra algo más que solo la riqueza de especies o las especies en peligro (Noss, 1990); por lo que las principales tareas de la conservación biológica son proveer herramientas tanto intelectuales como técnicas para permitir a la sociedad, anticipar, prevenir y reducir daños ecológicos, así como generar información científica en la cual se designen e implementen políticas públicas eficaces de conservación (Soulé y Orians, 2001), de esta forma se podrá: a) conservar la integridad taxonómica y ecológica de aquellas áreas que aún conservan ecosistemas nativos, y b) manejar y restaurar donde sea posible, la vida silvestre en áreas que ya han sufrido daños importantes (Rozzi *et al.,* 2001; Pyke, 2007), por lo que la mejor estrategia para la protección de la diversidad biológica a largo plazo es la preservación de las poblaciones y comunidades naturales en estado salvaje, conocido como preservación *in situ* (Primack, 2002).

La preservación *in situ* permite que las especies que habitan en las comunidades naturales sean capaces de continuar con los procesos de adaptación evolutiva a los cambios ambientales. Además de que solo las poblaciones en la naturaleza son lo suficientemente grandes para prevenir la pérdida de variabilidad genética a través del flujo génico. Sin embargo las actividades humanas han ido en incremento, y la conservación *in situ* no es una alternativa viable en la actualidad para muchas especies raras, y en especies que pueden llegar a estar en declinación o incluso a extinguirse de la naturaleza por algunas de las amenazas de la diversidad. Una alternativa para este problema es

la preservación *ex situ*, en la cual se mantiene a los individuos temporalmente en condiciones artificiales bajo la supervisión humana. La meta a largo plazo de muchos los programas de conservación *ex situ* es el establecimiento de nuevas poblaciones en la naturaleza, una vez que el número de individuos sea lo suficientemente grande y los hábitats adecuados estén disponibles (Primack y Massardo, 2001a; Primack, 2002).

La preservación *ex situ* para los animales incluye los zoológicos, ranchos cinegéticos, aquarios y criaderos privados, mientras que para las plantas son mantenidas en jardines botánicos, arboretos, viveros privados y bancos de semillas. Los beneficios de esta técnica es que los individuos de las poblaciones ex situ pueden ser periódicamente liberados a la naturaleza para aumentar los esfuerzos de conservación in situ, así como el desarrollo de investigaciones de las poblaciones en cautiverio pueden proveer información de la biología básica de las especies y sugerir nuevas estrategias para la conservación in situ (Primack, 2002; Hunter y Gibbs, 2007).

Otra estrategia es la restauración ecológica, la cual actúa como un proceso de alteración intencional para establecer un ecosistema histórico nativo. El objetivo de este proceso es emular la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema en cuestión. Se han distinguido cuatro aproximaciones referidas a la recuperación de hábitats o ecosistemas: 1) ausencia de acción debido a que la restauración es muy costosa, porque los intentos previos han fallado o porque la experiencia ha demostrado que el sistema se recuperará solo, 2) reemplazo de un ecosistema degradado por otro productivo, 3) rehabilitación de un ecosistema dañado, buscando su reparación, no su recreación y 4) restauración o reconstrucción de un ecosistema degradado, considerando la estructura comunitaria, la composición de especies y el restablecimiento de procesos ecológicos a través de un activo programa de modificación del sitio y de la reintroducción de especies (Macmahon y Holl, 2001; Primack y Massardo, 2001b; Primack, 2002).

2.2.1. Áreas Protegidas

La designación de áreas protegidas para protección del hábitat de especies de importancia surge como una de las maneras más efectivas de preservar la diversidad biológica y preservar los procesos evolutivos de las especies *in situ* (Primack, *et al.,* 2001; Castaño-Villa, 2006). El establecimiento de áreas protegidas legalmente es un paso crítico para la conservación de las comunidades biológicas, la importancia del establecimiento y decreto de éstas depende en gran medida de los mecanismos de gobierno, las organizaciones de conservación (ONG's) y/o los particulares (Primack, *et al.,* 2001).

La distribución espacial, fragmentación y forma de las áreas protegidas determinan su utilidad con fines de conservación por lo que la alternativa más favorable al objetivo de conservación es mediante una gran reserva continua, esto se debe a que áreas pequeñas y aisladas pueden ser insuficientes para prevenir la extinción de especies, en todo caso la opción de corredores de hábitat puede ser una alternativa (Primack *et al.,* 2001). La IUCN ha desarrollado un sistema de clasificación para las áreas protegidas, considerando el grado de uso del hábitat. La primera categoría se refiere a las Reservas Naturales estrictas y áreas silvestres, las cuales protegen organismos y procesos naturales en ausencia de actividad humana con el objeto de mantener ejemplos representativos de la biodiversidad. La segunda categoría corresponde a los parques Nacionales, que son zonas con gran belleza natural mantenidas para uso científico, educacional o recreativo. La tercera categoría es para los santuarios de vida silvestre manejados y reservas naturales, similares a las reservas naturales estrictas pero que pueden requerir manipulación humana para mantener la comunidad ecológica. Las áreas protegidas y paisajes marinos corresponde a áreas que incorporan la interacción de la gente y el ambiente a través del uso tradicional no destructivo de los recursos naturales. La última categoría corresponde a las áreas protegidas con manejo de recursos, la cual permite la producción sustentable de los recursos naturales bióticos y abióticos de tal forma que aseguren la preservación de la diversidad biológica (Primack, 2012).

2.2.2. Áreas Protegidas en México.

En el mundo se han establecido más de 44,000 áreas protegidas (Ervin, 2003). En el caso de México, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas es la responsable de proteger y manejar las áreas protegidas (CONANP, 2012). En la actualidad administra 176 áreas naturales de carácter federal que representan más de 25,387,972 hectáreas. Estas áreas se clasifican en seis categorías de manejo: reservas de la biosfera, parques nacionales, monumentos naturales, áreas de protección de recursos naturales, áreas de protección de flora y fauna y santuarios, juntas cubren alrededor de 9% de la superficie terrestre del país (CONANP, 2012).

RESERVAS DE LA BIOSFERA**:** Son áreas biogeográficas representativas de uno o más ecosistemas no alterados por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en las cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción. En tales reservas podrá determinarse la existencia de superficie (s) mejor conservadas, o no alteradas, que requieran protección especial, y que serán conceptuadas como zonas núcleo. En ellas podrá autorizarse la realización de actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación científica y educación ecológica, y limitarse o prohibirse aprovechamientos que alteren los ecosistemas. También deberán determinarse las superficies que protejan la zona núcleo del impacto exterior, que serán conceptuadas como zonas de amortiguamiento, en donde sólo podrán realizarse actividades productivas de aprovechamiento sustentable emprendidas por las comunidades que ahí habiten (LEGEEPA, 2000; CONANP, 2012).

PARQUES NACIONALES**:** Representaciones biogeográficas, a nivel nacional de uno o más ecosistemas que se signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo, de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o por otras razones análogas de interés general. También se establecerán parques nacionales para proteger y preservar los ecosistemas marinos y regular el aprovechamiento sustentable de la flora y fauna acuática, en las zonas marinas mexicanas, que podrán incluir la zona

federal marítimo terrestre contigua. Sólo se podrá permitir la realización de actividades relacionadas con la protección de sus recursos naturales, el incremento de su flora y fauna y en general, con la preservación de los ecosistemas y de sus elementos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológica (LEGEEPA, 2000; CONANP, 2012).

MONUMENTOS NATURALES: Áreas con uno o varios elementos naturales, consistentes en lugares u objetos naturales, que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Tales monumentos no tienen la variedad de ecosistemas ni la superficie necesaria para ser incluidos en otras categorías de manejo. La realización de actividades estarán relacionadas con su preservación, investigación científica, recreación y educación (LEGEEPA, 2000).

ÁREAS DE PROTECCIÓN DE RECURSOS NATURALES: Son áreas destinadas a la preservación y protección del suelo, las cuencas hidrográficas, las aguas y en general los recursos naturales localizados en terrenos forestales de aptitud preferentemente forestal. Se podrán realizar actividades relacionadas con la preservación, protección y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en ellas comprendidos, así como con la investigación, recreación, turismo y educación ecológica (LEGEEPA, 2000; CONANP, 2012).

ÁREAS DE PROTECCIÓN DE FLORA Y FAUNA: Son áreas establecidas de conformidad con las disposiciones generales de la LGEEPA y de las Leyes Federal de Caza, de Pesca y de las demás leyes aplicables en lugares que contiene los hábitats de cuya preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de especies de flora y fauna silvestres. En dichas áreas podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies mencionadas, así como las relativas a educación y difusión en la materia. Asimismo, podrá autorizarse el aprovechamiento de los recursos naturales a las comunidades que ahí habiten (LEGEEPA, 2000; CONANP, 2012).

SANTUARIOS: Áreas establecidas en zonas caracterizadas por una considerable riqueza de flora o fauna o por la presencia de especies subespecies

o hábitat de distribución restringida. Abarcan cañadas, vegas, relictos, grutas, cavernas, cenotes, caletas u otras unidades topográficas o geográficas que requieran ser preservadas o protegidas. En los santuarios sólo se permitirán actividades de investigación, recreación y educación ambiental, compatibles con la naturaleza y características del área. (LEGEEPA, 2000; CONANP, 2012).

En el estado de Puebla se han decretado cinco áreas naturales protegidas de carácter federal y solo una en el caso del estado de Tlaxcala, aunque cabe mencionar que ambos estados mantienen un ANP en común (Cuadro 1).

Cuadro **1.** Áreas Naturales Protegidas (ANP) federales en los estados de Puebla y Tlaxcala.

ANP	**Categoría**	**Superficie (ha)**	**Ubicación**
Tehuacán-Cuicatlán	Reserva de la Biosfera	490 187	Oaxaca y Puebla
Iztaccíhuatl-Popocatépetl Zoquiapan y Anexas	Parque Nacional	40 591	México, Puebla y Morelos
Malinche o Matlalcuéyatl	Parque Nacional	45 711	Tlaxcala y Puebla
Pico de Orizaba	Parque Nacional	19 750	Veracruz y Puebla
Cuenca Hidrográfica del río Necaxa	Área de Protección de Recursos Naturales	39 557	Hidalgo y Puebla
Xicoténcatl	Parque Nacional	680	Tlaxcala

2.2.3. Conservación en México

Estudios a partir de un enfoque biogeográfico han analizado los patrones espaciales de riqueza en otros grupos de vertebrados. En el caso de los mamíferos terrestres de México, Escalante-Espinoza (2003) propuso 57 áreas prioritarias de conservación, 21 Áreas Naturales Protegidas (ANP) y 36 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP), que engloban áreas con alta riqueza y cinco áreas de endemismo que contienen especie características y endémicas en riesgo, además de la creación de un área de conservación que incluya a una ecorregión con especies nativas, que no se encuentra dentro en las ANP y RTP. Este análisis lo llevó a cabo por medio de la comparación de las ANP y las RTP con las áreas poco conocidas, áreas con gran riqueza de especies, áreas de endemismo y áreas de especies nativas en riesgo, obtenidas a partir de datos de colecciones científicas y literatura.

En lo referente a aves Álvarez-Mondragon y Morrone (2004b) hicieron una propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad; al mismo tiempo, compararon los resultados obtenidos con las actuales áreas naturales protegidas a nivel federal con lo que concluyen que los nodos de Oaxaca este y Guerrero centro son las primeras opciones para conservar debido a que presentan el total de especies más alto comparado con los restantes pares de nodos así como la mayor diversidad. Sumado a esto, presentan especies con algún estatus de conservación de acuerdo con la NOM-ECOL-059. El segundo nodo en importancia corresponde al sur de Sinaloa y sur de Oaxaca.

Santos Barrera y colaboradores (2004b) en su estudio sobre la conservación de los reptiles y anfibios de México, abordan la representatividad de la herpetofuna en las áreas naturales indicando que las 5 reservas más importante son Los Tuxtlas (Veracruz), Sierra Gorda (Querétaro), Islas del Golfo de California, Tehuacán-Cuicatlán (Oaxaca), Chamela-Cuixmala (Jalisco) y Cañón de Santa Elena (Chihuahua) por contar con una mayor contribución de especies, lo cual se obtuvo mediante el método de complementariedad maximizando el número de especies representadas en el menor número de reservas.

Ochoa-Ochoa y Flores-Villela (2006) publicaron el estudio de las áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana en cuadrantes de un grado y medio grado, concluyendo que los cuadrantes de un grado demostraron resultados muy similares a los cuadrantes de medio grado, además éstos últimos tienen un área menor por lo que proporcionan una opción más viable económicamente para preservar pues contienen a la mayor cantidad de especies en un menor espacio. En los análisis de complementariedad las áreas más importantes se localizan en el sur del país en los estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Guerrero y Puebla y las áreas de mayor riqueza potencial de la herpetofauna corresponde a la Faja Volcánica Transmexicana y la parte norte de la Depresión del Balsas.

En lo referente a estudios de conservación y diversidad de la herpetofauna a nivel estatal, se han llevado a cabo análisis espaciales para el estado de México, en el cual Aguilar-Miguel y colaboradores (2009) utilizaron SIG y criterios de conservación para identificar las regiones prioritarias de estudio y conservación a partir de registros de distintas colecciones científicas y trabajo de campo, con lo cual establecieron tres zonas de importancia para su conservación las cuales se ubican en el centro-sur, suroeste y oriente del estado de México.

2.2.4. Conservación en Puebla y Tlaxcala

La mayoría de los estudios de conservación y diversidad biológica se enfocan a determinados grupos de especies de acuerdo a los objetivos de cada trabajo y se realizan principalmente en las ANP; sólo el estudio de estado de la CONABIO publicado en el año 2011 bajo el título “La Biodiversidad en Puebla” estudio en el cual se describe la situación actual de la biodiversidad en la entidad, el estado de conservación, el uso que se le ha dado a los recursos naturales y el uso sustentable que rige a las comunidades que lo han adoptado como alternativa hacia a un mejor desarrollo tanto ecológico, como social y cultural.

Recientemente en este año 2013 se presentó la propuesta de Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento de la “Reserva De La Biosfera Mixteca Baja Poblana (Rebmibap)” Puebla, México, llevado a cargo por la CONANP-CIByC-UAEM (Morelos) con el objetivo de que la región de la zona mixteca de

Puebla sea tomada en consideración para establecerla como una nueva Área Natural Protegida, debido a que esta zona presenta una comunidad importante de Bosque Tropical Caducifolio conservado, el cual alberga fauna y flora única de este tipo de ecosistemas, así como también la importancia de ser una zona de recarga de acuíferos y capacidad de fijación de carbono.

2.3. Anfibios y Reptiles

Los anfibios y reptiles comparten una característica ancestral que los hace diferentes de aves y mamíferos en muchos aspectos de su fisiología, comportamiento y por lo tanto ecología, son ectotermos, es decir, obtienen la energía necesaria para mantener su temperatura corporal a un nivel que les permita llevar a cabo sus actividades diarias por medio de fuentes externas, ya sea asoleándose durante el día, o bien, indirectamente descansando sobre una superficie caliente como una roca que previamente ha sido calentada por el sol o algún otro material que irradie calor de alguna otra fuente (Pough *et al.,* 2001). Entender el significado de la ectotermia es clave para entender cómo y porque la ecología, la fisiología, el comportamiento y la morfología son diferentes a los mamíferos y aves, y por qué los ectotermos y endotermos juegan roles diferentes en el ecosistema (Pough *et al.,* 2001).

Los anfibios son organismos que se encuentran adaptados a la mayoría de los hábitats que existen (desde bosques de pino, hasta estuarios y manglares), generalmente están estrechamente ligados a un hábitat en particular y mantienen una marcada sensibilidad a las condiciones ambientales, lo que los hace más vulnerables que otros grupos de vertebrados a los cambios en el hábitat (Rice *et al.*, 2007). Los anfibios se consideran buenos indicadores biológicos debido a que presentan peculiaridades anatómicas, una de ellas es la piel, la cual se encarga del intercambio gaseoso y la perdida de agua por lo tanto son vulnerables a la desecación (Crump, 1994), sobre todo en ambientes secos cercanos a los bordes o fragmentos reducidos en paisajes fragmentados, ya que estas zonas presentan mayor exposición al sol y cuentan con pocos sitios con sombra debido a la perdida de la vegetación nativa (Lehtinen *et al.*, 2003). La piel de los anfibios es altamente permeable a los gases y líquidos del ambiente (Duellman y Trueb, 1986) y no solo

a ellos, sino también a los agentes químicos que son una de las principales amenazas para su superviviencia, por lo cual su presencia/ausencia y abundancia brindan información sobre la salud de un determinado ecosistema (Houlahan *et al*., 2000).

Los ciclos de vida de los anfibios involucran tres estados distintos, los cuales presentan una fuerte dependencia al agua. El huevo, la larva y la forma adulta están todos ligados de alguna manera a condiciones de alta humedad en algún momento de su desarrollo. En el caso de los huevos, estos están cubiertos por envolturas gelatinosas y tienden a depositarlos en el agua o en ambientes húmedos por lo que el nivel de agua y la humedad del sustrato en los sitios de reproducción juegan un papel importante (Crump, 1994). En los paisajes fragmentados los huevos se ven expuestos a la desecación debido a la falta de sustratos adecuados para su desarrollo, así como a una mayor penetración de aire con poca humedad, pues estos sitios presentan una notable perdida de la vegetación natural la cual ofrecería microhábitats idóneos para su desarrollo (Lehtinen *et al.*, 2003). Los estados larvales se desarrollan en ambientes acuáticos (excepto cuando existe el desarrollo directo o viviparidad) combinados con los estadios adultos terrestres, característica única entre los vertebrados (Duellman y Trueb, 1986), así que cambios en la temperatura del agua afectan la concentración de oxigeno la cual influencia la producción primaria de la cual se alimentan directa o indirectamente los renacuajos (Dullman y Trueb, 1986: Crump, 1994), también la acidificación del agua excesiva puede afectar desarrollo, crecimiento y sobrevivencia de los anfibios.

La Temperatura, la precipitación y otros factores climáticos también influencian en el comportamiento en el inicio de las migraciones por lo tanto la distribución y los patrones de actividad especialmente en zonas templadas, determinando su presencia y abundancia (Crump, 1994).

En el caso de los reptiles, el agua es esencial para el desarrollo embriónico en las especies ovíparas, los huevos de algunas tortugas y de la mayoría de los escamados que están relativamente secos durante la ovoposición tienen que consumir el agua que necesitan del medio ambiente para desarrollarse exitosamente (con las claras excepciones de especies en zonas desérticas). Para

estas especies la cantidad de agua que absorban durante su desarrollo influenciara en el tamaño, la tasa de crecimiento y la capacidad locomotora de las crías (Pough *et al.,* 2001). La temperatura afecta la tasa de desarrollo embriónico, como la temperatura más cálida resulta en un periodo de incubación más corto, por ejemplo permite que la exposición de los huevos a depredadores sea un periodo más corto, pero también puede resultar en la reducción del tamaño y la masa corporal (Crump 1994: Pough *et al.,* 2001).

No se debe de dejar de lado el papel preponderante que juegan en los ecosistemas, pues son depredadores de invertebrados y a su vez el alimento de otras especies de vertebrados como aves y mamíferos, así como su atractivo comercial (Houlahan *et al*., 2000; Tuberville *et al.,* 2005), ya que al hacerse cada vez más raros, su valor en el comercio internacional de mascotas aumenta, y el tráfico ilegal de especies se puede convertir a su vez en otra amenaza para su supervivencia. También la utilización como alimentos, objetos decorativos, prendas de vestir y otros artículos los vuelven susceptibles del tráfico ilegal de fauna silvestre (Halliday y Adler, 2007).

Los anfibios y reptiles se mueven de un lugar a otro por diversas razones, pero últimamente todos los movimientos están relacionados con la adquisición de recursos, incluyendo alimentos, pareja, sitios de asoleo e hibernación, sitios de anidación, refugios, y demás recursos que ellos requieren para su supervivencia y reproducción (Pough *et al.,* 2001). Los patrones de movimiento en las poblaciones de anfibios y reptiles son de gran importancia en la conservación. Las carreteras, la urbanización, los suelos agrícolas y otras barreras creadas por el hombre pueden limitar los movimientos entre las poblaciones, incrementando la mortalidad durante los procesos de migración entre los animales, disminuir el flujo génico y conducir a la extinción de las pequeñas poblaciones aisladas por depresión endogámica (Pough *et al.,* 2001).

Las especies particularmente sensibles a los cambios ambientales son llamadas especies indicadoras, ya que cualquier disminución de su número “indica” un daño potencial en el medio ambiente local (MacDonald, 2002). Es por esto que los anfibios y reptiles son potencialmente buenas especies indicadoras, debido a la variedad de factores como movimientos de dispersión, ámbito

hogareño, requerimientos fisiológicos debido a su condición ectotérmica, la dependencia al agua que presentan varias especies tanto de anfibios y reptiles y la poca vagilidad (Duellman y Trueb, 1986; Pough *et al.,* 2001) las hace más susceptibles a un cambio ambiental que muchos otros grupos de organismos (MacDonald, 2002).

2.3.1. Herpetofauna en México.

En el mundo se han contabilizado aproximadamente 9,831 especies de reptiles (Uetz y Hallermann, 2013) y 7,044 especies de anfibios (Frost, 2013). En lo que respecta a México se han descrito 872 especies de reptiles considerándose como el segundo país con la diversidad más alta de este grupo después de Australia (CONABIO, 2012), y para anfibios ocupa el sexto lugar, estimándose 382 especies de anfibios (CONABIO, 2012).

De acuerdo a Flores-Villela y Canseco-Márquez (2004) se tenían registrados 361 especies de anfibios y 803 de reptiles, por lo que México es considerado como uno de los países más ricos en este tipo de fauna. Es de vital importancia señalar que más del 60% de las especies del país son endémicas, todo esto hace de la herpetofauna mexicana una de las más importantes del mundo (Vázquez y Quintero, 2005).

2.3.2. Herpetofauna de los estados de Puebla y Tlaxcala

De acuerdo al estudio de Gutiérrez-Mayén y colaboradores (2011) la herpetofauna del estado de Puebla está conformada por 247 especies, de las cuales 82 corresponden a anfibios y 165 a reptiles. Del total de especies, 10 son endémicas al estado, referente al estatus de conservación 32 especies de anfibios y 77 de reptiles están bajo algún estatus de protección de acuerdo a la norma mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, en el caso de la lista roja de la IUCN se encuentran 32 especies de anfibios y 11 de reptiles.

En el trabajo emprendido por García-Vázquez y colaboradores (2009) registraron 246 especies de anfibios y reptiles para el estado de Puebla, ubicados en 106 géneros y 35 familias que representan el 22.7% de la herpetofauna total

del país. También de acuerdo a las provincias fisiográficas, la región con un número mayor de especies de anfibios y reptiles es la Sierra Madre del Sur.

Conforme a los resultados publicados por Gutiérrez-Mayén y colaboradores (2011) la distribución de la riqueza especifica de la herpetofauna en el estado de Puebla por provincias fisiográficas corresponde a la Sierra Madre del Sur el primer lugar con 166 especies, le sigue la Faja Volcánica Transmexicana con 123 especies, después la Sierra Madre Oriental con 79 especies y el cuarto lugar a la Llanura costera del Golfo Norte con sólo 38 especies. García-Vázquez y colaboradores (2006) destacaron la importancia de la Mixteca Poblana como una zona rica en hábitats que permite una alta diversidad de la herpetofauna considerándola como la segunda región más diversa, superada por la Sierra Norte de Puebla a nivel estado, mientras que Canseco-Márquez y colaboradores (2004) llevaron a cabo un análisis de la distribución de la herpetofauna para la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental (SMO), en donde determinaron que Puebla en la región comprendida de la SMO ocupa el segundo lugar en cuanto a diversidad a nivel estado.

Tlaxcala es el estado más pequeño de México, no obstante los estudios de anfibios y reptiles han sido escasamente efectuados. Hasta 1980 se tenían registradas solo 34 especies de anfibios y reptiles (Flores-Villela y Gerez, 1994), pero recientemente Fernández *et al.,* (2006a) reportaron nueve registros más de anfibios y reptiles, de las cuales cuatro corresponden a anfibios y cinco especies a reptiles dando un total de 41 especies de herpetozoos registrados para el estado, posteriormente (Fernández *et al.,* 2006b) hicieron una actualización del listado de la herpetofauna del estado de Tlaxcala, el cual incluye 55 taxones herpetológicos: 20 anfibios y 35 reptiles.

En lo que respecta al Parque Nacional Malinche en la zona perteneciente al estado de Tlaxcala y al estado de Puebla, la fauna herpetológica que ha sido colectada en el área corresponde a un total de cinco especies de anfibios y 11 de reptiles, de estas, dos especies de anfibios son endémicas: *Pseudoeurycea gadovi* y *P. leprosa* y siete especies de reptiles endémicos: *Phrynosoma orbiculare cortezii, Sceloporus grammicus microlepidotus, S. a. aeneus, Eumeces*

brevirostris, Barisia i. imbricata, Crotalus t. triseriatus, y *Thamnophis scalaris scaliger* (Gómez-Álvarez, *et al.,* 1993).

2.4. Los Sistemas de Información Geográfica en la Conservación

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG o GIS por sus siglas en inglés) es un sistema que engloba los procesos de obtención, captura, almacenamiento, organización y análisis de la información espacial que permite generar información útil para la toma de decisiones (Moreira Muñoz, 1996; Burel y Baudri, 2003). El principio es definir la localización de un objeto en el espacio y caracterizarlo usando una serie de variables que surgen de observaciones, investigaciones o cálculos (Burel y Baudri, 2003).

Los Sistemas de Información Geográfica se han definido como una colección organizada de hardware, software, y datos geográficos, diseñado para la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, o simulación, análisis, y despliegue de todas las formas de información geográficamente referenciada (ESRI, 1996) por lo cual, los componentes de los SIG se pueden agrupar en tres conjuntos: elementos físicos, correspondiente a hardware y software; elementos lógicos: Datos y métodos y aspectos de organización, personal entrenado (Escalante *et al.,* 2000).

De las herramientas incluidas en cada SIG, destaca un amplio rango de campos de aplicación, que en conjunto proporcionan las técnicas de automatización, en donde se obtienen elementos útiles para el desarrollo, la planeación y la conservación a través de la modelación espacial (Mitchell A. 1999); de ellos, el SIG análisis es un proceso para buscar un patrón geográfico en los datos y relacionarlos entre sus características (Mitchell A. 1999). Las técnicas pueden ser desde una evaluación superficial con herramientas básicas como *buffers*, *overlays*, *selections*; o bien, combinar herramientas y técnicas en una secuencia particular que como resultado nos pueden revelar información importante de nuestros datos y generar nuevos archivos basados en archivos existentes (Allen, 2011).

Entre las aplicaciones más usuales destacan las Científicas, de Gestión y Empresariales, etc. (Allen, 2011). Es por ello que de la cualidad de los SIG de

manejar información geográfica surge su potencial para apoyar los estudios de conservación de la diversidad biológica, debido a que para la conservación de las especies, comunidades y ecosistemas, es imprescindible el conocimiento de su localización y distribución en el espacio (Moreira-Muñoz, 1996). Además, tienen la utilidad de extrapolar toda la información ecológica y biogeográfica disponible para predecir y evaluar los territorios inexplorados y establecer áreas prioritarias para la conservación (Moreira Muñoz, 1996; Primack, *et al.,* 2001; Rodríguez-Estrella y Bojórquez-Tapia, 2004).

3. JUSTIFICACION

Los estudios sobre la biodiversidad de Puebla enfocados en el estado de conservación son escasos, en el caso del estado de Tlaxcala son prácticamente nulos. Es por ello, el interés que existe para realizar un estudio en el cual se evalué tanto el estado de conservación a nivel regional así como detectar los puntos estratégicos en donde exista un mayor grado de diversidad y las zonas prioritarias de conservación para encaminarlas hacia programas que les permita preservar la biodiversidad, pero a la vez que permitan el uso adecuado de los recursos a favor de las comunidades aledañas que dependen de estos recursos naturales.

Hay que mencionar que el uso de los registros de especies ya publicados en las distintas colecciones científicas nacionales y extranjeras; así como la utilización de los anfibios y reptiles como grupos bioindicadores permitirá obtener resultados más rápidos y confiables, accediendo a una búsqueda más eficiente de las zonas prioritarias de conservación apoyándonos en la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Determinar las zonas prioritarias de conservación biológica mediante grupos bioindicadores (anfibios y reptiles) utilizando un Sistema de Información Geográfica en los estados de Puebla y Tlaxcala.

4.2. Objetivos Particulares

- Determinar las zonas de mayor diversidad de anfibios y reptiles para el estado de Puebla y Tlaxcala.
- Establecer los Patrones de Diversidad beta en los estados de Puebla y Tlaxcala.
- Comparar las zonas de conservación biológica actuales (ANPs) con las obtenidas por medio de nuestros grupos bioindicadores en los estados de Puebla y Tlaxcala.

5. ÁREA DE ESTUDIO

5.1. Ubicación y características generales del área de estudio

El estado de Puebla está ubicado en la parte centro-este del país, sus coordenadas geográficas extremas son: al norte 20º 50', al sur 17º 52' de latitud norte; al este 96º 43' y al oeste 99º 04' de longitud oeste. Colinda al norte con Hidalgo y Veracruz, al este con Veracruz y Oaxaca, al sur con Oaxaca y Guerrero y al oeste con Guerrero, Morelos, México, Tlaxcala e Hidalgo. Comprende una superficie de 33 995 km^2 (INEGI, 1987).

El sistema orográfico está representado por cuatro Provincias Fisiográficas: la Sierra Madre Oriental, que penetra por el noroeste y llega hasta las inmediaciones de Teziutlán; Llanura Costera del Golfo Norte en los extremos norte y noreste; Faja Volcánica Transmexicana, en el este, centro y oeste; y Sierra Madre del Sur, en toda la zona meridional. Entre las grandes elevaciones del estado están: al este, el Pico de Orizaba o Citlaltépetl, con una altitud de 5610 m y la Sierra Negra o Cerro La Negra alcanza los 4 580 m. Al oeste está el Popocatépetl con una altitud de 5 500 m, el Iztaccíhuatl con una altitud de 5 220 m y el Matlalcueye o Malinche a una altitud de 4 420 m, ubicado entre las entidades de Puebla y Tlaxcala (INEGI, 1987).

Puebla es surcado por diversos ríos de importancia como el Atoyac, Nexapa, Pantepec, San Marcos, Nexapa-Acatlán, Ajajalpa, Apulco, Salado, Zempoala, Chichiquila, Mixteco, Acatlán, Tehuacán, Zapoteco y Coyolapa. También cuenta con presas como: Manuel Avila Camacho, Necaxa, Tenango, Nexapa, La Soledad, Boqueroncito y Omiltepec; y las lagunas: El Salado, Totolcingo, Grande, Chica y Ajolotla, alchichica y la preciosa (INEGI, 1987).

Cerca del 90% de los terrenos están cubiertos por suelos jóvenes, como los regosoles y rendzinas. En general muestran pocos cambios en el material de origen. Los suelos maduros, como los luvisoles y acrisoles abarcan 10% de la superficie estatal, éstos presentan grandes cambios internos (INEGI, 1987).

Debido a los marcados cambios altitudinales de su relieve, el estado de Puebla posee una alta diversidad de climas; los templados son los que mayor

superficie estatal cubren, en segundo lugar están los cálidos y en tercer lugar los semicálidos, después los semisecos, seguido por los secos, en sexto lugar están los semifríos y por último los fríos (INEGI, 1987).

El 35% de la superficie del estado presenta clima templado subhúmedo presente en la región central y sureste, el 25% presenta clima cálido subhúmedo en la parte norte y sureste, el 19% presenta clima seco y semiseco hacia el sur y centro oeste, el 14% presenta clima cálido húmedo localizado en el norte y sureste, el 7% presenta clima templado húmedo en la región norte y una pequeña área hacia el sureste, también encontramos un pequeño porcentaje (0.2) de clima frío en la cumbre de los volcanes (INEGI, 1987).

La temperatura media anual del estado es de 17.5°C, la temperatura máxima promedio es de 28.5°C y se presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 6.5°C durante el mes de enero. La precipitación media estatal es de 1 270 mm anuales, presentándose las lluvias en los meses de junio a octubre (INEGI, 1987).

En el norte del estado los climas cálidos han propiciado el desarrollo de la selva alta perennifolia, la cual contrasta con los bosques de coníferas de las laderas occidentales de la sierra del norte. En la zona centro, en las faldas de las elevaciones se distribuyen los bosques de coníferas; sobre las laderas abruptas de la Sierra Madre del Sur, se encuentran las selvas mediana subperennifolia y baja caducifolia, esta última es la de mayor distribución, además de los matorrales y chaparrales que se adaptan a las condiciones de menor humedad ambiental. La vegetación original cubre un 61 % del territorio poblano y el 39% restante, está dedicado a las actividades agrícolas y zonas urbanas (INEGI, 1987).

Los bosques son vegetacion arborea, principalmente de zonas templadas y semifrías, en climas subhúmedos a muy húmedos y a veces secos. En el estado de Puebla encontramos bosques de coníferas, de encino y mesófilo de montaña.

El estado de Tlaxcala se localiza en la parte centro-oriente del país entre los 97°37´07´´ y 98°42´51´´ de longitud oeste y los 19º05´43´´ y 19°44´07´´ de latitud norte. Limita al sur, este y norte con el estado de Puebla; al noroeste con Hidalgo;

y al poniente con el estado de México. Tiene una extensión territorial de 4060 km^2, siendo la entidad federativa más pequeña de México (INEGI, 2007).

La entidad atraviesa la faja Volcánica Transmexicana en un rango de altitud entre los 2200 y 4461 msnm, la altitud media del estado es de 2.230 msnm, propiciando un clima templado-subhúmedo en la parte centro-sur, semifrío-subhúmedo al norte y frío en las cercanías del volcán Malintzin o Malinche donde el clima predominante corresponde al templado-subhúmedo. La precipitación media anual es de 600 a 1200 mm y la época de lluvias va de abril hasta fines de octubre. De ahí que su agricultura sea temporal (INEGI, 2007).

En el paisaje se distinguen volcanes y sierras volcánicas de todos tipos y tamaños, llanos extensos entre ellos el de Calpulalpan y Huamantla que una vez fueron lagos acorralados entre montañas y bosques, pastizales y matorrales. Destacan las montañas, el Huintetépetl, al norte de Tlaxco; y el Malintzin (Malinche o Matlalcuéyetl) que domina sobre el panorama tlaxcalteca, con una altitud de 4461 msnm (INEGI, 2007).

Los suelos predominantes son los cambisoles y feozems que cubren, respectivamente, 75.4 y 22% del territorio Tlaxcalteca. El Estado se ubica en tres regiones hidrológicas: Cuenca del Río Balsas, Río Atoyac, Cuenca del Río Pánuco, Río Moctezuma y Cuenca de Tuxpan- Nautla, Río Tecolutla. El principal Río del Estado de Tlaxcala es el Zahuapan, cuerpo de agua que recorre de norte a sur pasando por el centro del estado y se une al Río Atoyac (INEGI, 2007).

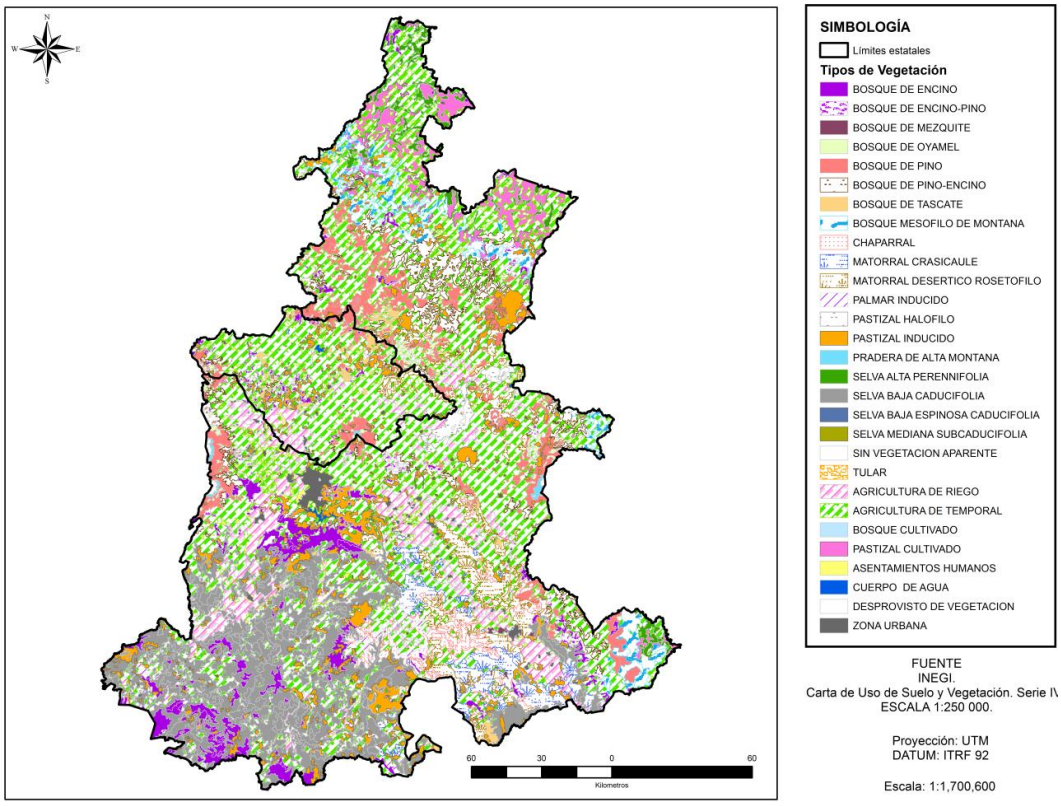


Fig. 1. Vegetación de los estados de Puebla y Tlaxcala.

6. MÉTODOS

6.1. Obtención de datos de presencia de Anfibios y Reptiles en los Estados de Puebla y Tlaxcala

La información necesaria para la base de datos de anfibios y reptiles se obtuvo a partir de los registros de colecciones científicas de museos de vertebrados nacionales y extranjeras, sistematizada y gestionada por la Comisión para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) a través de su servicio SERVEXT de consulta sobre pedido (Anexo 1 y 2).

Se seleccionaron solo los registros que contaron con coordenadas geográficas para georreferirlos con el SIG ArcGis® 10.1 (Esri, 2012), en el caso de los registros que carecían de coordenadas geográficas se georreferenciaron a partir de la localidad y el sitio especifico en donde fueron colectados, también fueron georreferenciados con el software ArcGis® 10.1 (Esri, 2012) utilizando las capas de estados, municipios, localidades rurales y urbanas, carreteras, hidrología, e imágenes satelitales de los estados de Puebla y Tlaxcala. La información cartográfica se obtuvo en línea de la página oficial de INEGI y CONABIO a una escala de 1:1, 000,000.

Posteriormente se corrigieron y actualizaron todos los nombres científicos en base a Casas-Andreu y Liner E. (2008), Frost (2013) y Uetz y Hallermann (2013), además de agregar el estatus de protección de la NOM-059 y de la Red List IUCN para cada especie, así como la clasificación taxonómica correspondiente (Anexo 3).

Se obtuvieron los mapas de las Áreas Naturales Protegidas a nivel federal en la página oficial de la CONANP (CONANP, 2012), mismos que también fueron georeferenciados con el software ArcGis® 10.1.

6.2. Análisis para determinar los cuadrantes con mayor diversidad y zonas a conservar.

Se establecieron dos unidades de muestreo para los estados de Puebla y

Tlaxcala, una gradilla de un grado (º) con un área de 12367.656 km^2 y otra de medio grado (º) con un área de 6183.828 km^2, de manera que los estados quedaron divididos en cuadrantes de 1° x 1° para la primera gradilla y cuadrantes de 0.5° x 0.5° para la segunda unidad de muestreo. De acuerdo a las unidades de muestreo los estados de Puebla y Tlaxcala quedaron divididos en 10 cuadrantes para la gradilla de 1° x 1° y en 26 cuadrantes para el caso de la gradilla de 0.5° x 0.5° (Anexo 3).

La base de datos de la herpetofauna se georeferenció con las dos unidades de muestreo y a su vez se empalmo con los estados de Puebla y Tlaxcala. Posteriormente se obtuvieron los registros de especies por cuadrante de acuerdo a cada unidad de muestreo correspondiente. Se llevaron a cabo los análisis de diversidad para cada unidad de muestreo (cuadrantes de un grado y medio grado). En cada cuadrante se calcularon los índices de riqueza específica y diversidad alfa, y la diversidad beta y complementariedad de especies entre cuadros.

6.2. Análisis para determinar los cuadrantes con mayor diversidad y zonas a conservar.

6.2.1. Diversidad Alfa

6.2.1.1 Riqueza de Especies

Para estimar la Riqueza de Especies (S) se contabilizó el número total de especies identificadas en la muestra, que es uno de los descriptores más simples de la estructura de la comunidad (Maurer y McGill, 2011).

6.2.1.2. Índice de Diversidad

Para obtener la diversidad se utilizó el índice de Shannon–Weinner que asume que los individuos son muestreados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, 2001; Maurer y McGill, 2011).

$$H' = -\sum PilnPi$$

Dónde: *H'* es el valor de diversidad, *Pi* = abundancia proporcional de la especie i y ln es el logaritmo natural de *Pi*

6.2.1.3. Equitatividad o equidad

La equidad es otro parámetro importante de la diversidad y se refiere al grado de igualdad en la distribución de los individuos entre las especies (Magurran, 1988). Una comunidad donde cada una de las especies tiene la misma abundancia sería perfectamente uniforme o equitativa. Todos comunidades son muy desiguales, por lo que equidad es una asunción relativa. (Maurer y McGill, 2011). La mayoría de los índices de equidad se oscilan de 0 a 1, donde el 0 = máxima desigualdad y 1 = equidad perfecta. En este trabajo se utilizó el índice de equidad de Pielou, el cual se calcula a partir del índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1994), utilizando la siguiente formula:

$$E = {}^{H}/_{H\ max.}$$

Dónde: E es la equidad, H max.es el logaritmo natural del número de especies (InS) y S es el número de especies.

6.2.2. Diversidad Beta

6.2.2.1. Índice de Similitud-Disimilitud

Para comparar o medir la composición faunística (diversidad faunística) entre ensambles (cuadrantes) se llevó a cabo un análisis de similitud partir de un índice con datos cuantitativos el cual correspondió al índice Similitud de Horn, el cual compara dos ensambles, especie por especie. Este índice presenta la ventaja de que no subestimar las especies raras como sucede con el índice de Morisita-Horn por lo que es ideal para temas de conservación.

$$S_{H=\frac{1}{log2}\sum_{i=1}^{s}\left[\frac{pi1}{2}log\left(1+\frac{pi2}{pi1}\right)+\frac{pi2}{2}log\right]\left(1+\frac{pi1}{pi2}\right)}$$

Dónde: S: total de especies; Pi1: abundancia relativa de la especie 1 y Pi2: abundancia relativa de la especie 2

Este índice es igual a la unidad si y sólo pi1 = pi2 para todas las especies; es decir que los dos ensambles tienen igual número de especies igualmente comunes (Jost *et al.,* 2011), por lo que es una medida inversa de la diversidad Beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras.

A partir de los valores encontrados de similitud (s) se puede calcular la disimilitud (d) entre las muestras: $d = 1 - S$ (Magurran, 1988).

6.2.2.2. Índice de Recambio de Especies.

La complementariedad se refiere al grado de disimilitud en la composición de especies entre pares de biotas. Para la complementariedad se utilizó el índice de Complementariedad (IC) de Colwell y Coddington (1994), en donde obtenemos primero dos medidas:

La riqueza total para ambos sitios combinados:

$$S_{AB} = a + b - c$$

Dónde: a es el número de especies del sitio A, b es el número de especies del sitio B y c es el número de especies en común entre los sitios A y B.

El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios:

$$UAB = a + b - c$$

A partir de estos valores calculamos la complementariedad de los sitios A y B

$$C_{AB} = \frac{U_{AB}}{S_{AB}}$$

Dónde: S_{AB} = riqueza total para ambos sitios y U_{AB}= número de especies únicas de los dos sitios

El valor de complementariedad varía de 0 a 1. Cero indica coincidencia total respecto a la composición de especies del par de nodos y la unidad indica que la complementariedad es total, es decir ninguna especie es compartida entre ambos

cuadrantes (Colwell y Coddington, 1994; Moreno, 2001). Los análisis de riqueza específica, diversidad alfa y complementariedad se estimaron mediante ayuda de Microsoft Excel 2010 y el índice de Horn fue calculado mediante el programa Spade (Chao y Shen, 2010).

6.3. Análisis espacial para comparar las zonas prioritarias a conservar respecto a las ANP actuales**.**

Posteriormente con el ArcGis® 10.1 se representaron los valores de riqueza específica, diversidad alfa y beta y complementariedad para determinar los cuadrantes de mayor diversidad, y así establecer las zonas prioritarias a conservar, las cuales fueron comparadas con las capas de las ANP. Todo esto se llevó a cabo mediante un análisis espacial de las capas de diversidad por cuadrante y la correspondiente a las ANP Federales y Estatales de Puebla y Tlaxcala. En otras palabras al final se compiló la información necesaria para llevar a cabo un análisis GAP o de vacíos (Scott *et al.,* 1993; Margules y Pressey, 2000), el cual permitió identificar las zonas donde se requiere poner más atención para programas de conservación.

7. RESULTADOS

7.1. Número de registros

El total de registros obtenidos de las 18 colecciones científicas nacionales e internacionales y de los 12 proyectos aportados por parte de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) correspondieron a 8494 registros herpetofaunisticos, 5348 registros correspondieron a la Clase Reptilia y 3146 registros corresponden a la Clase Amphibia (Fig. 2).

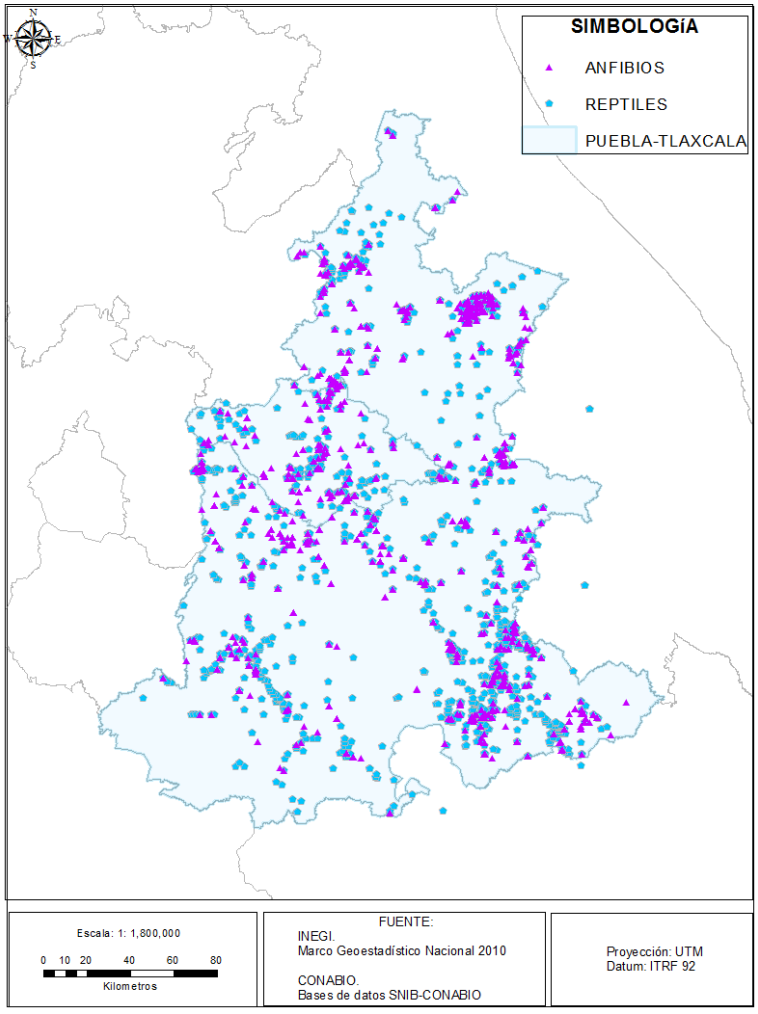


Fig. 2. Distribución de la herpetofauna en los estados de Puebla y Tlaxcala.

Se contabilizaron 145 especies de reptiles que se encuentran agrupadas en 60 géneros y 20 familias. Para los anfibios se contabilizaron 69 especies

repartidas en 24 géneros y 12 familias para ambos estados. Respecto al estado de Tlaxcala se registraron 17 especies de anfibios y 29 especies de reptiles en el estado de Puebla se obtuvieron 69 especies de anfibios y 145 especies de reptiles.

De acuerdo a la IUCN Red List de la lista de especies de reptiles cuatro se encuentran en peligro de extinción, ocho especies se encuentran en situación vulnerable y una especie casi amenazada (Anexo 4) de las especies de anfibios 13 están en peligro crítico de extinción, 11 en peligro, nueve en estado vulnerable y cuatro especies como casi amenazadas. En el caso de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 las especies de reptiles se clasifican de la siguiente forma: 27 especies están como Amenazadas y 52 especies se encuentran sujetas a protección especial. Las especies de anfibios están clasificadas como amenazadas con nueve especies, dos especies se encuentran en peligro de extinción y 21 especies sujetas a protección especial.

De acuerdo al mapa de distribución se puede observar que hay vacíos de información de registros de especies para ambos estados, a los cuales haremos referencia en base a los cuadrantes de la gradilla de medio grado (º) para ser más precisos: para el estado de puebla están los cuadrantes 1, 7, 13, 14, 15, 21, 19, 23; y en Tlaxcala el cuadrante 6, por el contrario también se aprecian zonas con registros muy abundantes como en los cuadrantes 10, 16 y 22.

7.2. Análisis de gradilla de 1° x 1°

Se obtuvieron 10 cuadrantes, de los cuales, el 5 y 9 no tuvieron registros de especies de anfibios o reptiles por lo tanto no se tomaron en cuenta para los análisis correspondientes, así como también los cuadrantes 8 y 10 en donde los registros correspondieron a menos de 10 especies.

7.2.1. Diversidad Alfa

7.2.1.1. Riqueza

Los sitios que presentaron mayor riqueza especifica en cuanto a anfibios correspondió a los cuadrantes 4 y 7 los cuales presentaron más de 35 especies, en cuanto a reptiles los sitios de mayor riqueza especifica correspondió a los cuadrantes 7 y 4 con registros mayores a 70 especies y al juntar tanto anfibios como reptiles se encontró que los sitios con mayor riqueza específica recae en los cuadrantes 7 con 124 especies, cuadrante 4 con 121 especies y cuadrante 2 con 92 especies (Cuadro 2).

7.2.1.2. Índice de Diversidad Shannon-Weinner

Las zonas de mayor diversidad de anfibios de acuerdo a los análisis recae en los cuadrantes 7, 6, 2, 1 y 4 ordenados de mayor a menor. La diversidad de reptiles estuvo representada en los cuadrantes 7, 6, 2 y 1 con valores desde 3.35 hasta 3 el resto de los sitios tuvo valores inferiores al 3. En lo que concierne a la diversidad de ambos grupos los valores más altos se ubican en los cuadrantes 7, 6, 2 y 4, coincidiendo con los valores de anfibios y reptiles por separado (Cuadro 2).

7.2.1.3. Equidad

Las zonas donde se presentó mayor homogeneidad de individuos por especie de anfibios recayeron en los cuadrantes 6, 2 y 7; para los reptiles las zonas con mayor equidad se presentó en los cuadrantes 1 y 6 destacando en estos cuadrantes los altos niveles de equidad superiores a 0.80. En el caso de la herpetofauna las zonas de mayor homogeneidad en la distribución de los individuos por especies se da en los cuadrantes 2, 6 y 7 de acuerdo a los resultados del índice de Pielou (Cuadro 2).

Cuadro 2. Índices de diversidad alfa por cuadrante para la gradilla de 1° x 1°. Donde S: Riqueza de especies, H: diversidad de Shannon–Weinner, E: Equidad. C= cuadrante.

	Anfibios			Reptiles			Anfibios y Reptiles		
C	S	H	E	S	H	E	S	H	E
1	26	2.1	0.64	42	3.1	0.83	68	2.6	0.74
2	31	2.75	0.8	61	3.15	0.77	92	2.95	0.78
3	32	2.48	0.72	54	2.72	0.68	86	2.6	0.7
4	47	2.76	0.72	74	3.03	0.7	121	2.89	0.71
6	28	2.81	0.84	60	3.33	0.81	88	3.07	0.83
7	40	2.87	0.78	84	3.35	0.76	124	3.11	0.77

7.2.2. Diversidad Beta.

7.2.2.1. Índices de Similitud-Disimilitud

De acuerdo a los resultados las áreas con mayor grado de diferencia en la fauna de anfibios corresponde a la combinación de los siguientes cuadrantes: cuadrante 2 con 6, cuadrante 2 con 7, cuadrante 2 con 3, así como también el cuadrante 1 con el cuadrante 6 que mostraron valores cercanos a uno por lo que presentan una composición de especies diferentes una de otra (Cuadro 3). En lo correspondiente a reptiles los cuadrantes con mayor diferencia corresponden a los cuadrantes 2 con 3, 4, 6 y 7 presentando valores cercanos a uno, se observa que presentan resultados similares a la disimilitud de la fauna de anfibios (Cuadro 4).

Cuadro 3. Índice de diversidad Beta de Anfibios.

Cuadro	1	2	3	4	6	7
1	0	0.489	0.758	0.743	0.773	0.706
2		0	0.869	0.768	0.889	0.892
3			0	0.484	0.571	0.379
4				0	0.717	0.488
6					0	0.608
7						0

Cuadro 4. Índice de diversidad Beta de Reptiles.

Cuadro	1	2	3	4	6	7
1	0	0.6067	0.4062	0.3967	0.6771	0.6386
2		0	0.8767	0.7135	0.854	0.8475
3			0	0.2512	0.5512	0.5214
4				0	0.4964	0.4397
6					0	0.3481
7						0

7.2.2.2. Índice de Recambio de Especies.

En cuanto al índice de complementariedad para la clase de anfibios destacan el cuadrante 2 combinado con los cuadrantes 6, 7 y 3, así como el cuadrante 4 en conjunto con el 6 presentan la mayor complementariedad de especies con valores de 0.76 hasta 0.87 (Cuadro 5). En el caso de reptiles se observa que sucede algo similar para los cuadrantes 1 con 6 y 7 y el cuadrante 2 con el cuadrante 6 que son los que presentan mayor número en la composición de especies que se complementan entre ellas (Cuadro 6).

Cuadro 5. Índices de Complementariedad de especies de Anfibios.

Cuadro	1	2	3	4	6	7
1	0	0.56	0.64	0.67	0.74	0.73
2		0	0.76	0.70	0.87	0.78
3			0	0.54	0.60	0.56
4				0	0.77	0.53
6					0	0.72
7						0

Cuadro 6. Índices de Complementariedad de especies de Reptiles.

Cuadro	1	2	3	4	6	7
1	0	0.68	0.72	0.60	0.83	0.82
2		0	0.79	0.64	0.83	0.80
3			0	0.59	0.70	0.61
4				0	0.75	0.68
6					0	0.59
7						0

7.3. Análisis de gradilla de 0.5° x 0.5 °.

Se obtuvieron 26 cuadrantes, de los cuales, los cuadrantes 1, 17,18, 23, 24, 25 y 26 no hubo registros de anfibios y reptiles o presentaron menos de 10 especies registradas por lo que no se procedió con los análisis necesarios, lo mismo sucedió para los cuadrantes 5, 9 y 19 solo para el caso de anfibios debido a que tampoco se contó con los registros suficientes para llevar a cabo los análisis correspondientes.

7.3.1. Diversidad Alfa

7.3.1.1. Riqueza

Los cuadrantes 3 y 4 son los que obtuvieron mayor cantidad de especies de anfibios con 43 y 37 especies respectivamente, en el caso de los cuadrantes 2, 8, 6, 10 y 22 son cuadrantes con registros mayores a 20 y menores de 25 especies. Para los reptiles las zonas de mayor riqueza específica se ubicaron en los cuadrantes 2, 3, 10, 16 y 22, este último cuadrante destaca por ser el sitio con mayor riqueza específica llegando a albergar 69 especies. En tanto la herpetofauna presento áreas de mayor riqueza especifica en los cuadrantes 22 con 92 especies, cuadrante 3 con 86 especies, cuadrante 4 con 74 especies y el cuadrante 2 y 16 con 67 especies (Cuadro 7)

7.3.1.2. Índice de Diversidad Shannon-Weinner

Las zonas con los valores más altos de diversidad de anfibios se localizan en los cuadrantes 4, 8, 3, 6 y 14; en el caso de los reptiles las principales zonas de diversidad se ubicaron en los cuadrantes 7, 4, 2, 14 y 21. Respecto a la herpetofauna las zonas más diversos se presentaron en los cuadrantes 4, 8, 7, 3 y 14 con valores de 2.79 a 3.13 (Cuadro 7).

7.3.1.3. Equitatividad

Las zonas más homogéneas de individuos por especies de anfibios están localizadas en los cuadrantes 8, 7 y 4, en la fauna de reptiles las especies de mayor homogeneidad en la abundancia de individuos por especie correspondió a los cuadrantes 4, 5, 7 y 13 y por último en el caso de la herpetofauna fue en los cuadrantes 4, 5, 7 y 8, aunque aclaramos que en el cuadrante 5 solo se tomó en

cuenta el valor de los reptiles pues en el caso de anfibios no había registros para este cuadrante (Cuadro 7).

Cuadro 7. Índices de diversidad alfa por cuadrante para la gradilla de 0.5° x 0.5°. Donde S: Riqueza de especies, H: diversidad de Shannon–Weinner, E: Equidad. C= cuadrante.

	Anfibios			Reptiles			Anfibios		
C	S	H	E	S	H	E	S	H	E
2	25	1.93	0.60	42	3.10	0.83	67	2.52	0.71
3	43	2.79	0.74	43	2.79	0.74	86	2.79	0.74
4	37	3.13	0.87	37	3.13	0.87	74	3.13	0.87
5	-	-	-	12	2.19	0.88	12	2.19	0.88
6	20	2.50	0.83	23	2.46	0.78	43	2.48	0.81
7	17	2.43	0.86	38	3.21	0.88	55	2.82	0.87
8	22	2.80	0.91	37	2.98	0.83	59	2.89	0.86
9	-	-	-	18	1.75	0.61	18	1.75	0.61
10	25	2.19	0.68	41	2.76	0.74	66	2.48	0.71
11	18	1.97	0.68	28	2.48	0.74	46	2.23	0.71
12	13	1.56	0.61	24	2.09	0.66	37	1.83	0.63
13	13	2.05	0.80	28	2.98	0.89	41	2.52	0.85
14	19	2.50	0.85	38	3.07	0.84	57	2.79	0.85
15	17	2.35	0.83	40	2.84	0.77	57	2.60	0.80
16	22	2.16	0.70	45	2.89	0.76	67	2.52	0.73
19	-	-	-	15	1.67	0.62	15	1.67	0.62
20	17	2.37	0.84	35	2.96	0.83	52	2.67	0.83
21	11	1.88	0.78	39	3.07	0.84	50	2.48	0.81
22	23	2.11	0.67	69	2.88	0.68	92	2.50	0.68

7.3.2. Diversidad Beta.

7.3.2.1. Índices de Similitud-Disimilitud

Los cuadrantes con mayor heterogeneidad en la composición de especies de anfibios corresponden a los cuadrantes 2 con 12 y 2 con 13; cuadrantes 3 y 4 en combinación con los cuadrantes 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20 y 22 éste último solo con el cuadrante 4; el cuadrante 8 con el 13, 15 y 20, cuadrante 12 con 13, cuadrante 13 con 16 y cuadrante 16 con 20 todos con valores mayores o igual a 0.90 (Cuadro 8). En el caso de los reptiles, las zonas con mayor disimilitud de especies corresponden a los cuadrantes 3 con los cuadrantes 5, 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 20 y 21; cuadrante 4 con el cuadrante 5, 6, 9, 19 y 21 y el cuadrante 5 con el cuadrante 20. Un dato importante a resaltar es que los cuadrantes 19 y 20 son ensambles también diferentes en la composición de especies tanto de anfibios como de reptiles a pesar de que no tuvieron valor tan alto como los anteriores además de ser ensambles vecinos (Tabla 9).

7.3.2.1. Índice de Recambio de Especies.

En cuanto a la complementariedad de anfibios el cuadrante 3 en conjunto con los cuadrantes 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 20; cuadrante 4 con los cuadrantes 10, 11, 12, 13, 16 y 20; cuadrante 7 con cuadrante 13, 14 y 20 y cuadrante 8 con cuadrante 12, 13 y 20 sostienen la mayor complementariedad de especies (Cuadro 10); en lo que respecta a la complementariedad de reptiles los ensambles complementarios corresponden a los cuadrantes 3 con 5, 9,11, 13, 19 y 20, cuadrante 4 con 5, 6, 9, 11, 19 y 21; cuadrante 8 con 20 y cuadrante 9 con 19 (Cuadro 11). En esta ocasión se vuelve a presentar una situación similar como la del índice anterior con los cuadrantes 19 y 22 de reptiles y en el cuadrante 19 con los cuadrantes 21 y 22 de anfibios donde existe recambio de especies con valores moderadamente altos y en sitios vecinos.

Cuadro 8. Índice de diversidad Beta de Anfibios.

C	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	20	21	22
2		0	0.53	0.52	-	0.71	0.48	0.75	0.80	0.88	0.92	0.92	0.77	0.76	0.89	0.87	0.61	0.62
3			0.00	0.24	-	0.85	0.55	0.62	0.94	0.98	1.00	0.92	0.94	0.96	0.99	0.91	0.83	0.88
4				0.00	-	0.87	0.51	0.72	0.94	0.96	1.00	0.92	0.92	0.91	0.99	0.98	0.88	0.90
6						0.00	0.61	0.57	0.42	0.53	0.80	0.73	0.60	0.55	0.66	0.78	0.70	0.77
7							0.00	0.74	0.80	0.72	0.85	0.89	0.85	0.67	0.92	0.81	0.78	0.76
8								0.00	0.66	0.80	0.87	0.94	0.78	0.90	0.60	0.90	0.73	0.82
10									0.00	0.54	0.67	0.71	0.53	0.48	0.47	0.71	0.73	0.71
11										0.00	0.55	0.81	0.78	0.40	0.58	0.78	0.88	0.88
12											0.00	0.91	0.83	0.77	0.78	0.85	0.85	0.88
13												0.00	0.58	0.58	0.91	0.46	0.76	0.71
14													0.00	0.60	0.80	0.40	0.59	0.65
15														0.00	0.60	0.68	0.65	0.64
16															0.00	0.92	0.89	0.86
19																0.86	0.45	0.56
20																0.00	0.69	0.67
21																	0.00	0.34
22																		0

Cuadro 9. Índice de diversidad Beta de Reptiles.

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	19	20	21	22
2		0	0.66	0.64	0.62	0.31	0.48	0.30	0.61	0.43	0.55	0.65	0.73	0.74	0.59	0.54	0.62	0.89	0.78	0.81
3			0.00	0.30	0.96	0.90	0.54	0.70	0.97	0.91	0.94	0.90	0.95	0.92	0.90	0.91	0.96	0.95	0.94	0.89
4				0.00	0.93	0.92	0.64	0.73	0.93	0.86	0.87	0.88	0.82	0.75	0.88	0.89	0.94	0.79	0.92	0.86
5					0.00	0.38	0.78	0.58	0.44	0.39	0.40	0.50	0.55	0.72	0.61	0.60	0.72	0.90	0.81	0.84
6						0.00	0.60	0.33	0.39	0.23	0.32	0.41	0.59	0.72	0.44	0.40	0.49	0.89	0.72	0.78
7							0.00	0.48	0.81	0.61	0.59	0.53	0.73	0.60	0.61	0.58	0.68	0.75	0.76	0.71
8								0.00	0.59	0.42	0.53	0.53	0.71	0.75	0.51	0.51	0.46	0.89	0.72	0.78
9									0.00	0.24	0.47	0.47	0.61	0.78	0.66	0.64	0.80	0.89	0.84	0.85
10										0.00	0.26	0.34	0.52	0.59	0.41	0.41	0.58	0.77	0.70	0.72
11											0.00	0.20	0.54	0.56	0.40	0.32	0.62	0.82	0.73	0.75
12												0.00	0.56	0.57	0.41	0.37	0.63	0.77	0.76	0.74
13													0.00	0.31	0.61	0.69	0.74	0.35	0.53	0.56
14														0.00	0.52	0.58	0.65	0.26	0.55	0.50
15															0.00	0.21	0.39	0.74	0.47	0.55
16																0.00	0.36	0.80	0.52	0.58
19																	-	0.80	0.61	0.75
20																		0.00	0.54	0.49
21																			0.00	0.20
22																				0

Tabla 10. Índices de Complementariedad de especies de Anfibios.

C	1	2	3	4	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	20	21	22
2		0	0.62	0.71	0.55	0.76	0.69	0.68	0.74	0.85	0.85	0.81	0.86	0.79	0.83	0.84	0.77
3			0	0.68	0.79	0.74	0.74	0.84	0.93	1.00	0.95	0.93	0.95	1.00	0.90	0.88	0.80
4				0	0.85	0.73	0.82	0.94	0.93	1.00	0.91	0.89	0.88	0.97	0.96	0.84	0.83
6					0	0.77	0.69	0.50	0.54	0.82	0.78	0.74	0.81	0.73	0.77	0.71	0.66
7						0	0.82	0.86	0.87	0.85	0.93	0.91	0.83	0.89	0.90	0.83	0.82
8							0	0.79	0.86	0.94	0.94	0.89	0.89	0.78	0.92	0.82	0.71
10								0	0.46	0.64	0.73	0.78	0.73	0.62	0.73	0.80	0.67
11									0	0.65	0.81	0.72	0.65	0.62	0.75	0.84	0.76
12										0	0.82	0.77	0.70	0.65	0.75	0.80	0.80
13											0	0.61	0.70	0.75	0.57	0.86	0.84
14												0	0.71	0.72	0.56	0.75	0.73
15													0	0.61	0.74	0.83	0.79
16														0	0.82	0.86	0.71
20															0	0.83	0.82
21																0	0.64
22																	0

Cuadro 11. Índices de Complementariedad de especies de Reptiles.

C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	19	20	21	22
2		0	0.73	0.77	0.83	0.65	0.69	0.51	0.80	0.70	0.77	0.73	0.83	0.82	0.78	0.76	0.88	0.90	0.86	0.83
3			0	0.60	0.92	0.86	0.63	0.73	0.95	0.83	0.91	0.86	0.91	0.89	0.85	0.87	0.91	0.92	0.89	0.86
4				0	0.93	0.91	0.75	0.79	0.92	0.85	0.90	0.89	0.88	0.83	0.85	0.89	0.92	0.86	0.90	0.85
5					0	0.70	0.86	0.86	0.64	0.80	0.67	0.76	0.71	0.78	0.82	0.81	0.83	0.88	0.87	0.89
6						0	0.76	0.75	0.63	0.64	0.54	0.62	0.76	0.78	0.71	0.67	0.81	0.88	0.81	0.79
7							0	0.71	0.88	0.70	0.80	0.73	0.82	0.81	0.78	0.76	0.80	0.84	0.87	0.81
8								0	0.83	0.78	0.82	0.78	0.84	0.86	0.85	0.83	0.89	0.91	0.87	0.85
9									0	0.72	0.65	0.73	0.79	0.78	0.82	0.79	0.90	0.87	0.88	0.84
10										0	0.53	0.62	0.77	0.70	0.67	0.61	0.83	0.79	0.75	0.64
11											0	0.51	0.73	0.73	0.64	0.57	0.74	0.85	0.76	0.71
12												0	0.70	0.76	0.67	0.65	0.66	0.77	0.79	0.74
13													0	0.57	0.67	0.74	0.74	0.60	0.63	0.69
14														0	0.66	0.70	0.74	0.57	0.60	0.66
15															0	0.43	0.66	0.73	0.56	0.51
16																0	0.70	0.81	0.62	0.58
19																	0	0.78	0.71	0.80
20																		0	0.70	0.68
21																			0	0.54

7.4. Zonas de alta Diversidad y prioritarias para la Conservación

7.4.1. Gradilla de 1° x 1°

Las zonas con mayor diversidad corresponden al cuadrante 2, 3 y 4 que se posicionan en la parte oriental superior del estado de Puebla abarcando las subprovincias geográficas de Carso Huasteco y la subprovincia Llanuras y Lomeríos y los cuadrantes 6 y 7 que se ubican en la parte inferior del estado, abarcando la subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac, subprovincia Sur de Puebla, subprovincias Sierras centrales de Oaxaca y las Sierras Orientales (Fig. 3).

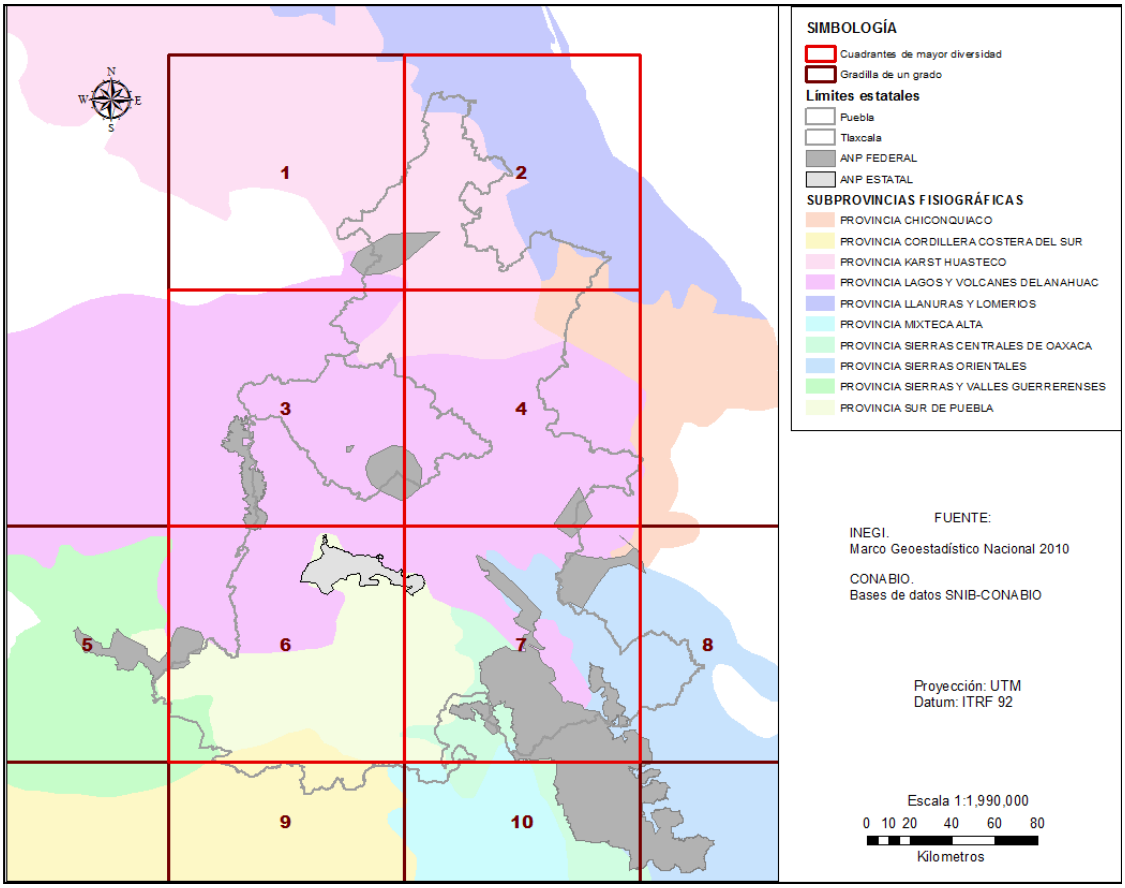


Fig. 3. Zonas de alta diversidad en Puebla y Tlaxcala, gradilla de 1° x 1°.

En lo que respecta a las ANP´s federales se observó que todos los cuadrantes están representados por un ANP, aunque hayan caído marginalmente en los límites de alguna de ellas. Por ejemplo, en el cuadrante 2 uno de los sitios

de alta diversidad, se encuentra la Zona Protectora Forestal Vedada cuenca Hidrográfica del Río Necaxa constituyendo aproximadamente un 25% de toda el área protegida.

En el cuadrante 7 que es una de las zonas de alta diversidad se ubica la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, el Parque Nacional Pico de Orizaba con en un 16% aproximadamente de su superficie total en el cuadrante y en el estado de Puebla y el Parque Nacional Cazón de Río Blanco aunque éste se localiza casi totalmente en territorio veracruzano (Fig. 3). A pesar de esto se determinó que en todas las zonas ricas en diversidad de fauna herpetológica, la zona prioritaria de conservación corresponde al cuadrante 2, debido a su gran diversidad biológica y a que solo está presente una pequeña porción de un ANP, la Zona Protectora Forestal Vedada cuenca Hidrográfica del Río Necaxa.

7.4.2. Gradilla de 0.5° x 0.5°

Las zonas con mayor diversidad corresponden al cuadrante 3 y 4 que se posicionan en la parte oriental superior del estado de Puebla, específicamente en la sierra Norte de Puebla, en los cuadrantes 11, 12, 15 y 16 que corresponde a la subregión fisiográfica de Lagos y Volcanes del Anáhuac en donde podemos localizar a las reservas federales de los parques nacionales Pico de Orizaba, Cañón de Rio Blanco, ésta última ubicada principalmente en el estado de Veracruz y la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Es importante mencionar que el cuadrante 15 cubre una pequeña porción del territorio de la reserva Sierra del Tentzo de carácter estatal y de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán. La última región donde los cuadrantes de medio grado presentaron mayor diversidad corresponde a la parte sureste del estado en los cuadrantes 19, 20 y 22 que se ubican en la parte sureste del estado de Puebla (Fig. 4), cabe señalar que en el cuadrante 22 se encuentra la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán y en el cuadrante 19 parte de la Reserva de la biosfera Sierra de Huautla, aunque ésta se ubica en el estado de Morelos y sólo los límites hacia el suroriente coinciden en lo mínimo con el territorio poblano.

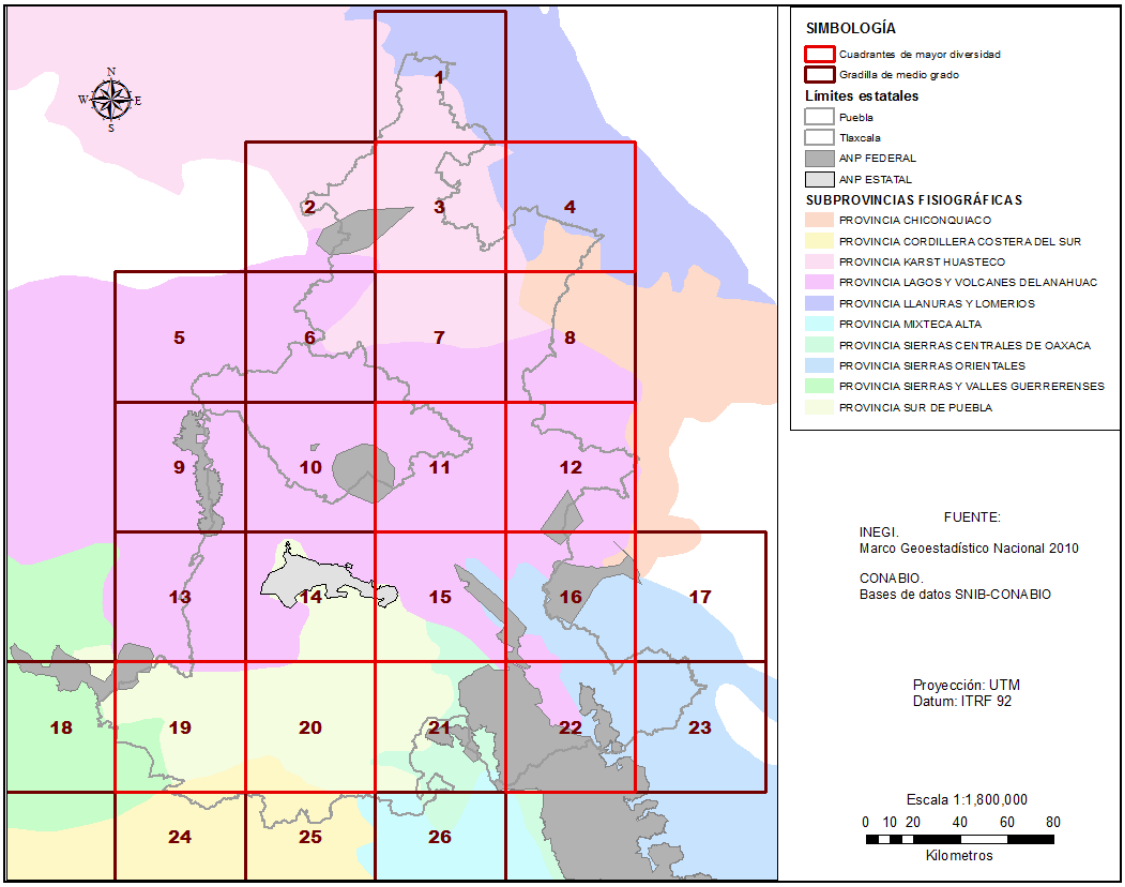


Fig. 4. Zonas de alta diversidad en Puebla y Tlaxcala, gradilla de 0.5° x 0.5°.

Con todo esto es posible destacar que las áreas prioritarias para la conservación corresponde a los cuadrantes 19 y 20 ubicados en la Subprovincia Fisiográfica del Sur de Puebla, Valle de Chiautla y Acatlán y a los cuadrantes 3 y 4 localizados en las Subprovincias Carso Huasteco, Llanuras y Lomeríos y la de Chiconquiaco en la Sierra Norte de Puebla.

8. DISCUSIÓN

En el estado de Tlaxcala se registraron 17 especies de anfibios y 29 especies de reptiles de las 41 especies mencionadas anteriormente por Fernández y colaboradores (2006), en el estado de Puebla se obtuvieron 69 especies de anfibios y 145 especies de reptiles de las 247 especies registradas previamente (Gutiérrez-Mayen *et al.,* 2011), de las cuales 82 especies corresponden a anfibios y 165 especies a reptiles.

Es importante mencionar que la cobertura de registros aún se encuentra inconclusa debido a la falta de información de presencia y distribución de especies de anfibios y reptiles en distintas zonas de los estados de Puebla y Tlaxcala, por lo que aún existen zonas casi o totalmente desconocidas; recordando la intrincada topografía de ambos estados (INEGI, 1987) es probable que esto limite el muestreo en zonas de poca accesibilidad, sin embargo estas zonas son sitios de relevancia para habitas de varios endemismos por lo que sería de gran importancia tomarlos en consideración para posteriores inventarios y estudios herpetofaunisticos.

De acuerdo a los registros obtenidos a partir de las colecciones científicas nacionales y extranjeras gestionadas por CONABIO se han encontrado registros que de acuerdo a los inventarios más recientes no están catalogadas para los estados de Puebla (Gutiérrez-Mayén *et al*., 2011) y Tlaxcala (Fernández *et al*., 2006b). Dentro de los anfibios se encuentran las siguientes especies:

Ambystoma tigrinum: de acuerdo a Aguilar-Miguel (2005) la citan para el estado de Puebla, aunque también se menciona la histórica controversia taxonómica de la especie, respecto a *Ambystoma velasci, A. mavortium y A. californiense* (Frost, 2013).

Chiropterotriton arboreus: es una especie endémica de Hidalgo aunque también se mencionan registros para la zona de Necaxa en el estado de Puebla, lo cual coincide con nuestros registros y también se aumenta una localidad más en Cuetzalán.

Chiropterotriton chiropterus: se ha registrado en zonas altas como en las montañas más altas de México, Pico de Orizaba, Popocatepetl e Iztaccíhuatl (Vega-López y Alvarez, 1992).

Chiropterotriton chondrostega: se localiza en la región norte de Hidalgo y debido a la cercanía con la sierra Norte del estado de Puebla es posible que existan poblaciones, además de acuerdo a la IUCN se registra para el estado de Puebla (Parra-Olea y Wake, 2004).

Chiropterotriton terrestris: se localiza en la parte Norte de Hidalgo (Parra-Olea *et al.,* 2010).

Eleutherodactylus cystignathoides: se ha registrado para el extremo norte de Puebla, colindando con Veracruz (Santos-Barrera *et al*., 2004a).

Plectrohyla pachyderma: esta registrada para la sierra madre Oriental en el centro de Veracruz. La localidad tipo se ubica cerca de Teziutlán (Frost, 2013 y Santos-Barrera y Canseco Márquez, 2004).

En cuanto a las especies de reptiles se encontraron las siguientes:

Aspidoscelis communis: el rango de distribución originalmente conocido abarca la meseta central de México, desde Chihuahua y presumiblemente Nuevo León hacia el Sur de Puebla (Uetz y Hallermann 2013).

Aspidoscelis guttata: su distribución abarca los estados de Veracruz, Oaxaca, Guerrero, posiblemente se distribuya en los límites entre dichos estados y el de Puebla (Lopez-Luna y Canseco-Márquez, 2007).

Drymarchon corais: se distribuye desde Texas, USA, Mexico, hasta Sudamérica. En México la subespecie *Drymarchon corais orizabensis* se localiza en la localidad de Orizaba, Veracruz (Uetz y Hallermann 2013).

Geophis carinosus: es conocida de la Sierra de los Cuchumatanes de Guatemala, y las laderas adyacentes de Chiapas, la Sierra de los Tuxtlas en Veracruz y la

Sierra Madre Oriental de Puebla en México (Uetz y Hallermann, 2013: Lee y Lopez-Luna, 2007).

Geophis duellmani: está registrada para el norte de la Sierra de Juárez, en el estado de Oaxaca, México (Uetz y Hallermann, 2013; Campbell, 2007).

Leptodeira annulata: la subespecie *Leptodeira annulata cussiliris* se registra en los estados de Tamaulipas, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Hidalgo, Puebla y Veracruz (Uetz y Hallermann, 2013).

Norops schiedei: se distribuye en la vertiente atlántica de la Sierra Madre Oriental en el estado de Veracruz. (Flores-Villela y Santos-Barrera, 2007; Uetz y Hallermann, 2013).

Norops petersii: se distribuye en el estado de Veracruz y San Luis Potosí (Uetz y Hallermann, 2013).

Salvadora grahamiae: distribuida en los estados de Chihuahua, Durango, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosi, Quéretaro, Veracruz e Hidalgo (Hammerson y Frost, 2007).

Tantalophis discolor: Endémica de la Sierra Madre del Sur en el estado de Oaxaca. (Mendoza-Quijano y Canseco-Márquez, 2007).

Thamnophis godmani: Se distribuye en el sur de la Sierra Madre Oriental con varias poblaciones separadas en Puebla y Veracruz y al oeste de Oaxaca y Guerrero (Canseco-Márquez y Mendoza-Quijano 2007).

Thamnophis melanogaster: distribuida en el Distrito Federal, México, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, Zacatecas, Aguascalientes (Vázquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2007).

Estos registros se han tomado en cuenta debido a que algunas especies han sido documentadas para esta área de estudio, en el caso de otras especies habitan en estados aledaños a Puebla y Tlaxcala por lo que sería probable su presencia en los límites estatales y/o dentro de hábitats similares en la zona de

estudio, por lo que para disminuir este sesgo de muestreo sería necesario la comprobación de registros en campo y en las respectivas colecciones científicas.

Los resultados para la gradilla de 1º indican que la gran mayoría de cuadrantes son de importancia biológica, así como también demuestran que todos cuentan con al menos un ANP estatal o federal, sin embargo, estos resultados proporcionan poca información para proponer áreas de conservación, esto es debido a que la escala con la que se trabajó para esta unidad de muestreo es muy amplia por lo que no permite tener resultados más específicos como sucedió con la gradilla de 0.5º grados, en la que fue más fácil determinar las zonas con gran diversidad y que aún carecen de un sistema de ANP. La escala es muy relevante para este tipo de estudios, pues permite ser más precisos a la hora de establecer áreas de conservación (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006), sobre todo si se está trabajando a nivel estatal (Aguilar-Miguel *et al*., 2009). A pesar de esto, las zonas con los valores más altos de diversidad coinciden para ambas escalas.

La ventaja de utilizar a los anfibios y a los reptiles como indicadores frente a aves o mamíferos se debe a la poca capacidad de dispersión (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006; Pough *et al*., 2001), la sensibilidad a los cambios físico biológicos como los regímenes de temperatura y precipitación o a la estructura de la vegetación(Rice *et al*, 2007; Lehtinen *et al*, 2003; Duellman y Trueb, 1986); así como la dependencia al agua y a la temperatura ambiental (Pough *et al*., 2001; Crump, 1994;) caracterizándolos como grupos de distribución restringida y como buenos sustitutos para representar a la gran mayoría de las especies de vertebrados terrestres (Urquiza-Haas *et al.,* 2011); no obstante, existen discrepancias respecto a la representatividad de estos grupos para plantas e insectos (Moritz *et al.,* 2001); sin embargo, podemos darnos cuenta que las zonas en donde se han localizado los valores más altos de diversidad coincide con zonas de vegetación nativa en estado primario y secundario en base a la información proporcionada por INEGI de la serie IV de tipos de vegetación (Fig. 1).

Los cuadrantes que destacan por su gran diversidad herpetofaunistica, son áreas que contienen una alta diversidad alfa pues albergan una gran riqueza de especies y que puede ser el resultado de la alta heterogeneidad de ecosistemas característicos de los estados de puebla y Tlaxcala derivados de factores

fisiográficos, biogeográficos, climáticos, etc., permiten la existencia de una elevada variedad de hábitats que satisfacen las necesidades prioritarias para el establecimiento de las especies de anfibios y reptiles, recordemos que son organismos altamente dependientes de las variables ambientales, sumado a esto, su limitada capacidad de dispersión y distribución permiten que exista una alta diversidad beta de la herpetofauna en los estados de Puebla y Tlaxcala.

Estos resultados pueden ser un indicador de que existen hábitats adecuados en estos estados no solo para la presencia de anfibios y reptiles, sino también para otros grupos taxonómicos.

Trabajos similares a nivel nacional han demostrado que las regiones con mayor diversidad en el centro del país (Puebla y Tlaxcala) se centran principalmente en la región de Tehuacán-Cuicatlán como es el caso de Escalante-Espinoza (2003) quien utilizó como grupo indicador a los mamíferos, apoyando la importancia de esta ANP y también sustentó la importancia del Pico de Orizaba y la regione terrestre prioritaria de Cuetzalán. También Santos Barrera *et al.,* (2004b) recalcaron la importancia de esta ANP como una de las 5 ANPs más representativas de la fauna de anfibios y reptiles a nivel nacional, así como Ochoa-Ochoa y Flores-Villela (2006) quienes sitúan a la región de Tehuacán-Cuicatlán como área potencial de riqueza biológica junto a la región de la Faja Volcánica Transmexicana y a la parte norte de la Depresión del Balsas.

Respecto al trabajo de Álvarez-Mondragón y Morrone (2004) no encontraron zonas de relevancia para la diversidad de aves correspondientes a la zona de estudio del presente trabajo, sólo áreas aledañas ubicadas en los estado de Oaxaca y Guerrero, esto tal vez se deba que el área de distribución y la capacidad de dispersión de las aves es bastante amplia comparada con la mayoría de vertebrados terrestres en especial de anfibios y reptiles, por lo que los valores de diversidad beta en aves son de los más bajos.

Los trabajos previamente citados evidencian la enorme diversidad de especies que alberga la región de Tehuacán-Cuicatlán a nivel país (Arizmendi y Espinoza 1996; Rzedowski, 1998; Briones-Salas, 2000; Canseco-Márquez y Gutiérrez Mayen 2010); sin embargo, a nivel estatal no debemos dejar de lado regiones como la Sierra Norte o de la Faja Volcánica Transmexicana que

atraviesan los estados de Puebla y Tlaxcala, y es aquí donde resalta la ventaja de trabajar con organismos más pequeños y de limitada distribución como los anfibios y reptiles, que permiten ser más específicos para detectar áreas de alta diversidad a nivel estatal, con lo cual se puede demostrar que la región de la Sierra Norte y la región de la Faja Volcánica Transmexicana son zonas donde se alberga una diversidad muy alta, por ende, son de orden prioritario para ser conservadas.

En la Sierra Norte podemos localizar a los cuadrantes 3 y 4 que poseen importantes tipos de vegetación como el bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, de encino-pino y bosque de pino (Fig. 1). Esta región ha sido considerada como la segunda en importancia de diversidad herpetozoológica de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental por Canseco-Márquez *et al.,* (2004), lo que respalda la importancia ecológica y la urgencia por emprender acciones para conservarla.

En la Provincia Sur de Puebla se localiza otra zona de importancia biológica para su conservación correspondiente a los cuadrantes 19 y 20, debido a sus características climáticas y orográficas esta región, alberga una comunidad importante de vegetación como lo es la selva baja caducifolia o también denominado bosque tropical caducifolio, este hábitat posee una diversidad relativamente grande de especies de plantas fanerogámas (Rzedowski, 1998) y vertebrados terrestres (Ceballos y García, 1995: García *et al.,* 2007) y es especialmente abundante en endemismos de anfibios y reptiles (Flores-Villela, 1998), por lo que se le considera una zona de gran importancia en cuanto a diversidad herpetofaunistica, casi tanto como la Sierra Norte de Puebla (García-Vázquez *et al.,* 2006), sin embargo, en la actualidad no cuenta con un área exclusiva para la conservación de sus ambientes nativos (CONANP, 2012), no obstante, recientemente ha surgido una propuesta para establecer un Área Natural Protegida en esta región (CONANP- CIByC-UAEM, 2013).

La región de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl ubicados en la subprovincia fisiográfica Lagos y Volcanes del Anahuac, cuenta con un ANP federal de nombre Iztaccíhuatl-Popocatépelt, Zoquiapan y anexas, y también en esta subprovincia se localiza el ANP federal La Malinche, estas dos zonas de acuerdo con este estudio no son tan relevantes debido a la escases de especies;

en el caso de la ANP Iztaccíhuatl-Popocatépelt presento pocos registros de anfibios; sin embargo, los estudios correspondientes a la Faja Volcanica Transmexicana como la región del izta-popo (Vega-López y Álvarez, 1992), Parque Nacional La Malintzi o Malinche (Gómez-Álvarez *et al.,* 1993), las serranías del Distrito Federal (Uribe *et al.,* 1999), la cuenca del valle de México (Ramirez-Bautista *et al.,* 2009) y para la Faja Volcánica Transmexicana (Flores-Villela y Canseco-Marquéz, 2007) destacan la gran riqueza herpetofaunística, algunos de los tipos de vegetación como los bosques de pino, pino-encino, encino y oyamel, matorral xerófilo y bosque mesofilo de montaña que se localizna en laFVT albergan una alta proporción de endemismos (Flores-Villela, 1998), se estima que el 78.3% de su fauna es endémica (Flores-Villela y Canseco-Marquéz, 2007). A pesar de esto, las actividades humanas como la agricultura, la ganaderia, los asentamientos humanos, las vías de comunicación, parques recreativos han impactado gravemente a la fauna y flora nativa, debido a que es en esta provincia en donde se localizan los principales centros urbanos de Puebla y Tlaxcala.

Los análisis de disimilitud y complementariedad tanto para anfibios como para reptiles demuestran que en la zona de estudio, principalmente en Puebla existen zonas de alta diversidad beta correspondientes a la sierra norte y nororiental, la provincia sur de Puebla y en las ANPs Pico de Orizaba y Cañón del Río Blanco región colindante con Veracruz.

El cambio de una provincia fisiografica a otra cambia enormemente, debido principalmente al sistema de cadenas montañosas: Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Faja Volcánica Transmexicana, así como la llanura costera del Golfo propiciando una gran variedad de climas y tipos de vegetación, lo cual permite que la composición herpetofaunistica de una región a otra cambie drásticamente influyendo en los altos valores de diversidad beta para las zonas mencionadas((Flores-Villela y Gerez, 1994; García-Vázquez *et al.,* 2009). Además de que los sistemas montañosos dan cabida a barreras fisiográficas que aíslan y restringen la dispersión de las especies de anfibios y reptiles y cambia drásticamente los regímenes de temperatura y humedad que influyen en la

biología, ecología y distribución de estos animales ectotérmicos (Koleff y Soberón, 2008).

Existe una estrecha relación entre la diversidad beta de una región y los endemismos dentro de esa región (Rodriguez *et al.,* 2003), lo cual contribuye a la alta diversidad beta de la zona de estudio, como el caso de la mixteca poblana (García-Vázquez *et al.,* 2006: García et al., 2007), la región de la Sierra Madre Oriental (Canseco et al., 2004) o la región de la Faja Volcánica Transmexicana (Flores-Villela y Canseco Márquez, 2007).

Hay que tomar a consideración que para proteger la totalidad de especies para la zona de estudio, principalmente de la zonas con una diversidad beta elevada se requiere un mayor número de reservas, que permitan el mayor número de especies protegidas para una región (Rodriguez *et al.,* 2003) como en las zonas de la mixteca poblana, la sierra norte y nororiental del estado y la región colindante con Veracruz en las ANPs Pico de Orizaba y Cañón de Rio Blanco, zonas que presentan una alta complementariedad de especies; ya que desde el punto de vista de la conservación biológica la diversidad beta es un componente que debe ser tomado en cuenta en el establecimiento de estrategias eficientes para la protección tanto de áreas naturales como de especies particulares (Rodriguez *et al.,* 2003).

La importancia de proponer nuevas zonas prioritarias para la conservación biológica se debe a que permite establecer una red de áreas complementarias a las ANP federales y estatales de los estados de Puebla y Tlaxcala, con el objetivo de mantener los distintos tipos de ecosistemas y hábitats en las condiciones originales o en caso de que tengan un grado mínimo de deterioro es más fácil y barato emprender acciones para su restauración, permitiendo que las especies que habitan en las comunidades naturales sean capaces de continuar con los procesos de adaptación evolutiva a los cambios ambientales (Primack *et al.,* 2001), además la propuesta de áreas para la conservación puede incluir habitats potenciales para la reintroducción de poblaciones pequeñas de especies extintas en la naturaleza o casi extintas con el objetivo de restablecer las poblaciones

principalmente de especies raras y endémicas, condescendiendo la vinculación de la conservación *in situ* con la conservación *ex situ*.

9. CONCLUSIONES

- La especies de anfibios y reptiles son buenos bioindicadores que permitieron detectar las zonas de alta diversidad en los estados de Puebla y Tlaxcala

- Las zonas de mayor diversidad se localizan en la sierra Norte de Puebla, en las reservas federales del parque nacional Pico de Orizaba, y la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán y en la Subprovincia Sur de Puebla.

- Las zonas prioritarias para la conservación se ubican en la subprovincia fisiográfica Sur de Puebla y en las subprovincias Carso Huasteco y una porción de las provincias Llanuras y Lomeríos y la de Chiconquiaco.

- La escala es un factor muy importante para detectar patrones de alta diversidad, los cuadrantes de 0.5º resultaron ser más útiles que los cuadrantes de 1° cuando se trabaja a nivel de entidad federativa.

- Es necesario llevar a cabo más estudios a una escala más detallada para ambos estados, con principal énfasis en las zonas que se establecieron como zonas prioritarias de conservación.

10. LITERATURA CITADA

Aguilar-Miguel, X. 2005. *Ambystoma tigrinum*. Algunas especies de anfibios y reptiles contenidos en el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-059-ECOL-2000. Facultad de Ciencias, Centro de Investigación en Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México. Bases de datos SNIBCONABIO. Proyecto W035. México. D.F.

Aguilar-Miguel, X., Casas-Andreu, G., Cárdenas-Ramos, P. J. y Cantellano de Rosas, E. 2009. Análisis espacial y conservación de los anfibios y reptiles del Estado de México. Ciencia Ergo Sum UNAM 16(2):171-180.

Allen, D. W. 2011. GIS tutorial 2: spatial analysis workbook. ESRI Press. Redlands, California.

Álvarez-Mondragón, E. y Morrone, J. J. 2004. Propuesta de Áreas para la Conservación de Aves de México, empleando herramientas Panbiogeográficas e Índices de Complementariedad. Interciencia 29(3):112-120.

Arizmendi, M. C. y Espinosa, M. A. 1996. Avifauna de los bosques de cactáceas columnares del valle de Tehuacán, Puebla. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 67: 25-46.

Briones-Salas, M. 2000. Lista anotada de los mamíferos de la región de la Cañada, en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Oaxaca, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 81: 83-103.

Burel, F. y Baudry, J. 2003. Landscape ecology: concepts, methods and applications. Science Publishers Inc. Nueva Hampshire, E.E.U.U.

Callicott, J. B. y Mumford, K. 1997. Ecological Sustainability as a Conservation Concept. Conservation Biology 11:32–40

Canseco-Márquez, L., Mendoza-Quijano, F. y Gutiérrez-Mayén, M. G. 2004. Análisis de la distribución de la herpetofauna. Pp. 417-438. En: Luna, I., Morrone, J. J. y Espinosa, D. (Eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Las Prensas de Ciencias-UNAM-CONABIO. México D.F.

Canseco-Márquez, L. y Gutiérrez Mayén, M. G. 2010. Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. CONABIO. Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A.C. y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 302 pp.

Canseco-Márquez, L. y Mendoza-Quijano, F. 2007. *Thamnophis godmani*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1.

Campbell, J.A. 2007. *Geophis duellmani*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1.

Casas-Andreu, G. y Liner, E. A. 2008. Nombres estándar en Español, en Inglés y nombres científicos de los anfibios y reptiles de México. 2a. Edición. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Shoreview, Minesotta.

Castaño-Villa. 2006. Áreas protegidas, criterios para su selección y problemáticas en su conservación. Boletín Científico: Centro De Museos. Museo De Historia Natural 10:79–101.

CDB. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica, http://www.cdb.int/doc/leg/cdb-un-es.

Ceballos, G. y García, A. 1995. Conserving Neotropical biodiversity: the role of dry forests in Western Mexico. Conservation Biology, 9:1349-1353.

Chao, A. y Shen, T. J. 2010. Program SPADE (Species Prediction And Diversity Estimation). Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. CONABIO, Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S. C. México, D.F.

Claro, R. 2006. ¿Qué es la Biodiversidad? Instituto de oceanología. Ministerio de Ciencia, Tecnología y medio Ambiente. La Habana, Cuba.

Colwell, R. K. y Coddington, J. A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B, 345:101-118.

CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

CONABIO. 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 440pp.

CONABIO. 2012. Biodiversidad Mexicana.
http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp.html

CONANP. 2012. Programa nacional de Áreas Protegidas. http://www.conanp.gob.mx/.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación, UAEM (CIByC-UAEM). 2013. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera “Mixteca Baja Poblana”, en el estado de Puebla, México. 251 pp.

Crump, M. L., 1994. Keys to a successful project. Associated data and planning. Pp. 41-74. En: Heyer, R., Donnelly, M., McDiarmind, Hayek, L. y Foster Mercedes

(Eds.) Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians. Smithsonian. EE. UU.

Cruz-Angón, A., Handal-Silva, A., Villarreal-Espino, O. A. B., López-Reyes, L., Cantú-Montemayor, B., López, P.A. y Camacho-Rico, F. 2011. Introducción. Pp. 15-26. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad del Estado de Puebla. México.

DeLong, D. C. 1996. Defining biodiversity. Wildlife Society Bulletin 24: 738-749.

Diamon, J. M. 1989. Overview of recent extinctions. Pp. 37 41. En: Conservation for the twenty first century (Ed.) Western D. y Pearl M.C. Oxford University Press, Oxford.

Dickman, C. R., Pimm, S. L. y Cardillo, M. 2007. The pathology of biodiversity loss: the practice of conservation. Pp. 1-16. En: Macdonald, D. W. y Service, K. (Eds.) Key Topics in Conservation Biology. Blackwellm Publishing. Massachusetts.

Duellman, W. E. y Trueb, L. 1986. Biology of amphibians. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland.

Durand, L. y Neyra, L. 2010. La diversidad biológica de México: ecosistemas, especies y genes. P. 12-36. En: Toledo, V. M. (Ed.) La biodiversidad de México: inventarios, manejos, usos, informática, conservación e importancia cultural. FCE, Conaculta. México.

Ervin, J. 2003. Protected área assessments in perspective. BioScience 53(9):819-822.

Escalante, E. T. 2003. Determinación de Prioridades en las áreas de conservación para los mamíferos terrestres de México, empleando criterios biogeográficos.

Anales del Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México, Serie Zoología 74(2):211-237.

Escalante, E. T, Llorente, J., Espinoza, O. D. N. y Soberón, M. J. 2000. Bases de datos y sistemas de información: aplicaciones en biogeografía. Revista Académica Colombiana de Ciencias 24(92):325-341.

ESRI. 1996. Automation of Map Generalization: The Cutting-Edge Technology. Environmental Systems Research Institute. Redlands, CA.

Esri, 2012. ArcGIS Desktop: versión 10.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

Fernández, J., Sánchez, O. y Flores-Villela, O. A. 2006a. New records of amphibians and reptiles from Tlaxcala, México. Acta Zoológica Mexicana 22(3): 159-162.

Fernández J., Sánchez O. y Flores-Villela O. A. 2006b. Anfibios y reptiles del estado de Tlaxcala. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana (3):224-240.

Flores-Villela, O. 1998. Herpetofauna de México: distribución y endemismo. Pp. 251-278. En Ramamoorthy T. P., Bye R., Lot A. y Fa J. (Eds.) Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

Flores-Villela, O. y Canseco-Márquez, L. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 20:115−144.

Flores-Villela, O. y Canseco-Márquez, L. 2007. Riqueza de la Herpetofauna. Pp. 407-420. En: Luna, I., Morrone J.J. y Espinoza D. (Eds.). Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. UNAM, México. D.F.

Flores-Villela, O. y Gerez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. México: CONABIO-UNAM.

Flores-Villela, O. y Santos-Barrera, G. 2007. *Anolis schiedii*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1

Frost, D. R. 2013. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Versión. Electronic Database accessible at: http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html. American Museum of Natural History, New York.

Gaston, K. J. y Spicer, J. I. 2004. Biodiversity, an Introduction. Blackwellm Publishing. Massachusetts.

García, A., Solano–Rodríguez, H. y Flores–Villela, O., 2007. Patterns of alpha, beta and gamma diversity of the herpetofauna in Mexico's Pacific lowlands and adjacent interior valleys. Animal Biodiversity and Conservation 30(2):169–177.

García-Vázquez, U. O., Canseco-Márquez, L., Gutiérrez-Mayén, G. y Trujano-Ortega, M. 2009. Actualización del conocimiento de la fauna herpetológica en el estado de Puebla, México. Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana 17:12-36.

García-Vázquez, U. O., Canseco-Márquez, L., Maceda-Cruz, J., Aguilar-López, J. L., Hernández-Jiménez, C. A., Gutiérrez-Mayen, M. G. y Melgarejo-Vélez, E. 2006. Análisis de la distribución de la herpetofauna en la Región Mixteca de Puebla, México. Pp. 152-169. En: Ramirez-Bautista, A., Canseco-Marquéz y Mendoza-Quijano, F. (Eds.) Inventarios herpetofaunisticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana. N° 3. Sociedad Herpetológica Mexicana, Vicerrectoria de Extensión y Difusión de la Cultura, BUAP.

Gómez-Alvarez G., Reyes-Gómez R., García-Martínez G., y Terán-Olguín R. 1993. Fauna silvestre del Parque Nacional La Malintzi, Tlaxcala. Pp. 40-42. En: Memoria de resúmenes del primer congreso sobre parques nacionales y áreas naturales protegidas de México: pasado, presente y futuro. Centro vacacional IMSS La Trinidad, Tlaxcala.

Gutiérrez-Mayén M. G., Canseco-Márquez L., García-Vázquez U. O. y Hernández-Jiménez C. A. 2011. Diversidad de especies: Anfibios y reptiles. Pp. 152-158. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad del Estado de Puebla. 440 páginas.

Halliday, T. y Adler, K. 2007. La gran enciclopedia de anfibios y reptiles. Editorial LIBSA. Madrid, España.

Hammerson, G.A. y Frost, D.R. 2007. *Salvadora grahamiae*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1.

Houlahan, J. E., Findlay, C. S., Schmidt, B. R., Meyer, A. H. y Kuzmin, S. L. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. Nature 404:752-754.

Hunter, L. M. y Gibbs, J. P. 2007. Fundamentals of conservation biology. Third edition. Blackwell Publishing Ltd. USA.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1987. Síntesis Geográfica, Nomenclatura y Anexo cartográfico del Estado de Puebla.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y Gobierno del Estado de Tlaxcala. 2007. Anuario estadístico de Tlaxcala.

IUCN 2013. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1. http://www.iucnredlist.org

Jost, L., Chao, A. y Chazdon, R. 2011. Compositional similarity and β (beta) diversity. Pp. 55-65. En: Magurran A. E. y McGill B. (Eds.) Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. OXFORD University Press. New York.

Koleff, P. y Soberón J. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. Pp. 323-364. En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México.

Koleff, P. y Urquiza-Haas T. 2011. Conservación de la biodiversidad de México: planeación, prioridades y perspectivas. Pp. 11-19. En: Koleff, P. y Urquiza-Haas T. (coords.). Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad–Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

Krebs, C. J. 1994. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 4a. edition. Addison-Wesley Logman. New York. 801pp.

Lee, J. y Lopez-Luna, M.A. 2007. *Geophis carinosus*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1.

LEGEEPA. 2000. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente.

Lehtinen, R. M., Ramanamanjato, J.B. y Raveloarison, J.G. 2003. Edge effects and extinction proneness in a herpetofauna from Madagascar. Biodiversity and Conservation 12:1357-1370.

López-Luna, M.A. y Canseco-Márquez, L. 2007. *Aspidoscelis guttata*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1.

Macdonald, N. 2002. Frogwatch teachers guide to frogs as indicators of ecosystem health. FrogWatch-Nature Canada-Environmental Canada. Ottawa.

Macdonald, D.W., King, C. M. y Strachan, R. 2007. Introduced specie and the line between and biodiversity conservation and naturalistic eugenics. Pp. 186-205. En: Macdonald, D.W y Service, K. (Eds.) Key topics in conservation biology. Blackwellm Publishing. Massachusetts.

Macmahon, J. y Holl, D. 2001. Ecological Restoration: A Key to Conservation Biology´s Future. Pp. 245-270. En: Soulé M. E. y Orians G. H. (Eds.) Conservation Biology: research priorities for the next decade. Society for conservation biology. Island Press. Washington, D.C.

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey. 179 páginas

Margules, C. R. y Pressey, R. L. 2000. Systematic conservation planning. Nature 243-253.

Maurer, B. y McGill, B. 2011. Measurement of species diversity. Pp. 55-65. En: Magurran, A. E. y McGill, B. (Eds.) Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. OXFORD University Press. Nueva York.

Mendoza-Quijano, F. y Canseco-Márquez, L. 2007. *Tantalophis discolor*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1.

Mitchell, A. 1999. The ESRI Guide to GIS Analysis. Volumen 1: Relaciones y patrones geográficos. ESRI Press. Redlands, California.

Mitchell, J. C. y Klemens, M. W. 2000. Primary and secondary effects of habitat alteration. Pp. 5-32. En: Klemens, M. W. (Ed.) Turtle Conservation. Smithsonian Institution Press. Washington.

Mittermeier, R. C., Goettsch y P. Robles Gil. 1997. Megadiversidad. Los paises biológicamente más ricos del Mundo. CEMEX. México.

Moreira-Muñoz, A. 1996. Los Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones en la conservación de la diversidad biológica. Ambiente y Desarrollo 12(2):80–86.

Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M y T Manuales y Tesis SEA. CYTED-ORCYT/UNESCO-SEA. Zaragoza, España. 84 pp.

Moritz, C., Richardson, K.S., Ferrier, S., Monteith, G.B., Stanisic, J., Williams, S. E. y Whiffin, T. 2001. Biogeographical concordance and efficiency of taxon indicators for establishing conservation priority in a tropical rainforest biota. Proceedings of the Royal Society Biological Sciences 268:1875-1881.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y Fauna Silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 30 de diciembre de 2010.

Noss, R. F. 1990. Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. Conservation Biology 4(4):355-364.

Ochoa-Ochoa, L. M. y Flores-Villela, O. 2006. Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. UNAM-CONABIO. México D.F. 211 pp.

Parra-Olea, G. y Wake, D. 2004. *Chiropterotriton chondrostega.* En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1

Parra-Olea, G., Wake, D. y Papenfuss, T. 2010. *Chiropterotriton terrestris*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1

Pizaña-Soto, J. C. y Hernández-Hernández, C. L. 2011. Protección y conservación de la biodiversidad. Pp. 311-356. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad del Estado de Puebla.

Pough F. H., Andrews R. M., Cadle J. E., Crump M. L., Savitzky A. H. y Wells K. D. 2001. Herpetology. 2a. Edición. Prentice Hall. Nueva Jersey.

Primack, R. B. 2002. Essentials of Conservation Biology. Sinauer. Sunderland, Massachusets.

Primack, R. B. 2012. A primer of Conservation Biology. 5a. edición. Sinauer. Sunderland, Massachusets.

Primack R. y Massardo F. 2001a. Estrategias de conservación ex situ. Pp. 449-476. En: Primack R., Rozzi R., Feinsinger P., Dirzo R. y Massardo F. (eds.) Fundamentos de Conservación Biológica. Fondo de Cultura Económica. México D. F.

Primack, R., y Massardo, F. 2001b. Restauración ecológica. Pp. 449-476. En: Primack R., Rozzi R., Feinsinger P., Dirzo R. y Massardo F. (eds.) Fundamentos de Conservación Biológica. Fondo de Cultura Económica. México D. F.

Primack, R., Rozzi R. y Feinsinger P. 2001. Establecimiento de Áreas Protegidas. Pp. 449-476. (En) Primack R., Rozzi R., Feinsinger P., Dirzo R. y Massardo F. (eds.) Fundamentos de Conservación Biológica. Fondo de Cultura Económica. México D. F.

Pyke, C. R. 2007. The implications of global priorities for biodiversity and ecosystem services associated with protected areas. Ecology and Society 124.

Ramírez–Bautista, A., Hernández–Salinas, U., García–Vázquez, U. O., Leyte–Manrique, A. y Canseco–Márquez, L. 2009. Herpetofauna del Valle de México: diversidad y conservación. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 240 pp.

Rice, K. G., Mazotti F. J. y Waddle J. H. 2007. Use de amphibians as indicators of ecosystem restoration success. Wildlife Ecology and Conservation Department, Universidad de Florida. Miami.

Rodríguez-Estrella, R. y Bojórquez-Tapia, L. A. 2004. Spatial Analysis un raptor ecology and conservation. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR); Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Rodríguez, P., Soberón y J. Arita, H. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. Acta zoológica Mexicana. n.s. 89:241-259.

Rozzi, R., Primack, R., Feinsinger, P., Dirzo, R. y Massardo, F. 2001. ¿Qué es la biología de la conservación? Pp. 449-476. En: Primack R., Rozzi R., Feinsinger P., Dirzo R. y Massardo F. (eds.) Fundamentos de Conservación Biológica. Fondo de Cultura Económica. México D. F.

Rzedowski, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Pp. 129-148. En: Ramamoorthy T. P., Bye R., Lot A. y Fa J. (Ed.) Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

Sánchez, O., Zamorano, P., Peters, E. y Moya, H. 2011. Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) e Instituto Nacional de Ecología (INE). México.

Santos-Barrera, G. y Canseco-Márquez, L. 2004. *Plectrohyla pachyderma*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1

Santos-Barrera, G., Canseco-Márquez, L. y Hammerson, G. 2004a. *Eleutherodactylus cystignathoides*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1

Santos Barrera, G., Pacheco, J. y Ceballos, G. 2004. La conservación de los reptiles y anfibios de México. CONABIO. Biodiversitas 57:1-6.

Sarukhán, J. y Dirzo, R. 2001. Biodiversity-rich countries. Pp. 419-436. En: Encyclopedia of Biodiversity (Ed) Levin S. Academy Press.

Sarukhán, J., Koleff P., Carabias J., Soberón J., Dirzo R., Llorente-Bousquets J., Halffter G., González R., March I., Mohar A., Anta S. y Maza J. 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Scott J. M., Davis F., Csuti B., Noss R., Butterfield B., Groves C., Anderson H., Caicco S., D'Erchia F., Thomas C. E., Ulliman J. y Wright G. 1993. Gap Analysis: A geographic approach to protection of biological diversity. Wildlife Monographs. N° 123.

Soulé, M. E. y Orians, G. H. 2001. Conservation Biology: research priorities for the next decade. Society for conservation biology. Island Press. Washington.

Toledo, V. M. y Ordoñez, M. de J., 1998. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. Pp. 739-757. En Ramamoorthy T. P., Bye R., Lot A. y Fa J. (Eds.) Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

Turner, M. G., Gadner, R. H. y O´Neill, R. V. 2001. Lanscape ecology: in theory and practice, pattern and process. Springer. Nueva York.

Tuberville, T. D., Willson, J. D., Dorcas, M. E Y Gibbons, J. W. 2005. Herpetofaunal species richness of southeastern national parks. Southeasleni Naturalist 4:3

Uetz P. y Hallermann J. 2013. The reptile database. Online reference. Uetz, P. y Hosek J. (Ed.). The Reptile Database, http://www.reptile-database.org, accessed Aug 1, 2013.

Uribe-Peña, Z., Ramírez, A. y Casas Andreu, G. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. Cuadernos del Instituto de Biología 32. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 119 pp.

Urquiza-Haas, Koleff, P., Lira-Noriega A., Kolb M. y Alarcón J. T. 2011. Selección de áreas prioritarias para la conservación de los vertebrados terrestres: ¿es posible usar un grupo como indicador? Pp. 151-172. En: Koleff, P. y Urquiza-Haas T. (Coords.). Planeación para la conservación de la biodiversidad terrestre en México: retos en un país megadiverso. CONABIO-UNAM. México.

Vázquez, J. y Quintero, G. E. 2005. Anfibios y reptiles de Aguascalientes. 2a edición. CONABIO, CIEMA. México.

Vázquez-Díaz J. y Quintero-Díaz G.E. 2007. *Thamnophis melanogaster*. En: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2013.1.

Vázquez Torres, S. M., C. I. Carvajal Hernández y A. M. Aquino Zapata. 2010. Áreas naturales protegidas. En: Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz, vol.1. Patrimonio natural, G. Benítez Badillo y C. Welsh Rodríguez (Eds.). Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana, Gobierno del Estado de Veracruz/ Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.

Vega-López, A. A. y Álvarez, S. 1992. La herpetofauna de los volcanes Popocatepetl e Iztaccihuatl. Acta Zoológica Mexicana (n. s.) 51: 1-132.

World Wildlife Fund for Nature. 1989. The importance of Biological Diversity. WWF, Gland, Suiza.

11. ANEXOS

Anexo 1. Proyectos y Colecciones científicas de museos de vertebrados nacionales y extranjeros de donde se obtuvieron los registros de anfibios y reptiles con información geográfica.

Flores Villela, O. 1998. Formación de una base de datos y elaboración de un atlas de la herpetofauna de México. Museo de Zoología "Alfonso L Herrera". Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. A 14.** México, D.F.

López Vidal, J. C. 2006. *Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN Fase 1: Estado de México, Hidalgo, San Luis Potosí y Tlaxcala.* Laboratorio de Cordados Terrestres. Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Zoología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. BC 4.** México, D.F.

Gutiérrez Mayén, M. G. 2007. *Herpetofauna de la reserva de la biósfera Valle de Tehuacán-Cuicatlán (etapa final).* Laboratorio de Herpetología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Biología. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. BK 19.** México, D.F.

López Vidal, J. C. 2008. *Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN Fase 2 y 3.* Laboratorio de Cordados Terrestres. Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Zoología. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. CC 2.** México, D.F.

Reynoso Rosales, V. H. 2007. *Actualización de la base de datos de la colección nacional de anfibios y reptiles (CNAR).* Colección Nacional de Anfibios y Reptiles. Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Zoología. Instituto de Biología. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. CE 6.** México, D.F.

Mayer Goyenechea, I. G. 2008. *Computarización de las Colecciones de Anfibios y*

Reptiles del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. DC 5.** México, D.F.

Mendoza Quijano F. 1998. *Límites de especies dentro del género Gerrhonotus (Sauria: Anguidae).* Museo de Zoología "Alfonso L Herrera". Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. G 15.** México, D.F.

Mayer Goyenechea, I. G. 1999. *Filogenia del género Conopsis Günther (Serpentes: Colubridae).* Museo de Zoología "Alfonso L Herrera". Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. H 127.** México, D.F.

Nieto Montes de Oca A. 1999. *Sistemática y biogeografía del género Xenosaurus (Squamata: xenosauridae).* Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. H 245.** México, D.F.

Gutiérrez Mayén, M. G. 1999. *Inventario herpetofaunístico del valle semiárido de Tehuacán-Cuicatlán.* Laboratorio de Herpetología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Biología. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. H 330.** México, D.F.

Gutiérrez Mayén, M. G. 2000. *Anfibios y reptiles del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla.* Laboratorio de Herpetología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Biología. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. L 283.** México, D.F.

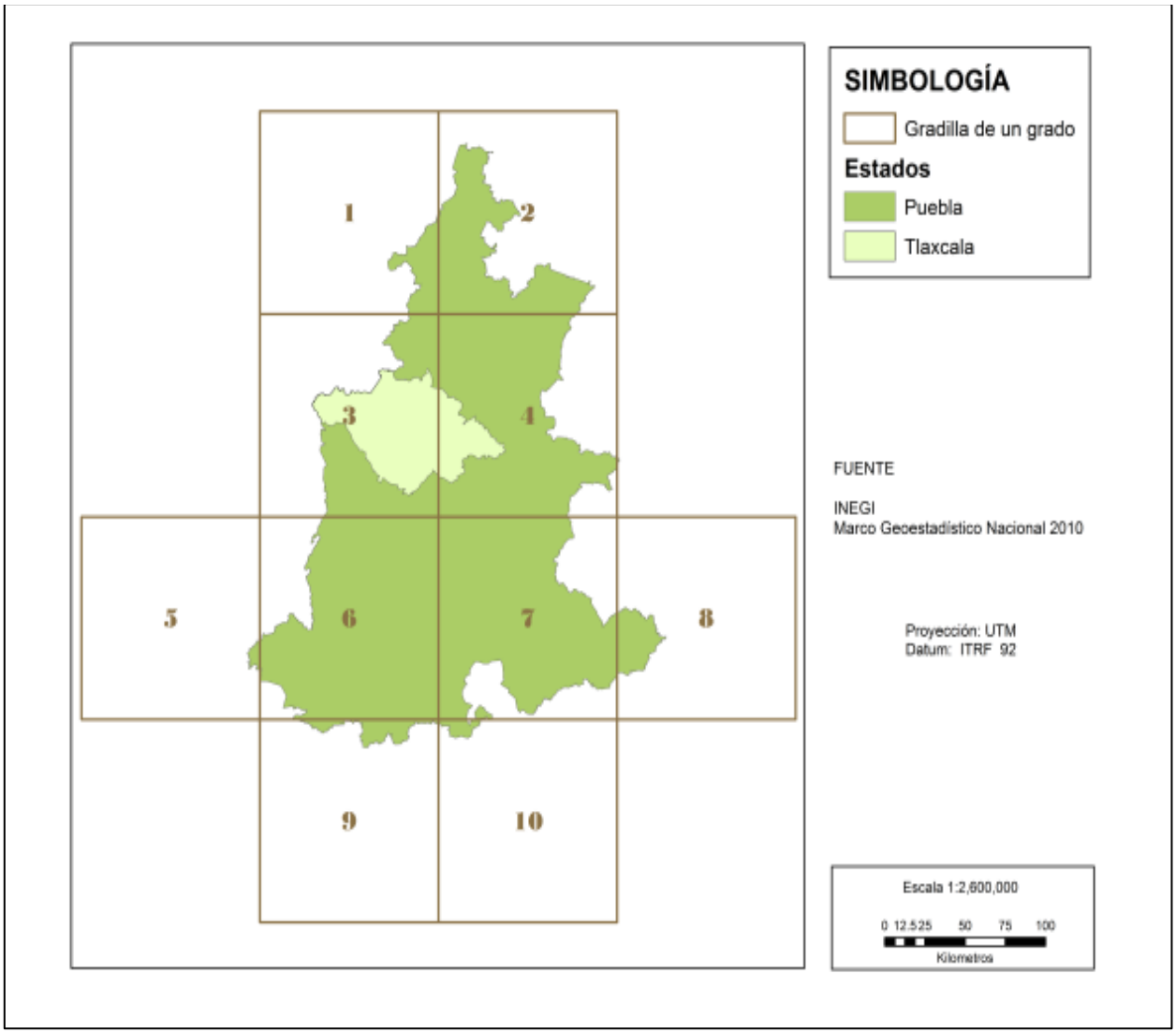
Gutiérrez Mayén, M. G. 2001. *Inventario herpetofaunístico del valle semiárido de Tehuacán-Cuicatlán (continuación).* Laboratorio de Herpetología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Biología. **Bases de datos SNIB-CONABIO proyectos No. R 67.** México, D.F.

N. Rentail P. 2004. *Vertebrates collections at the University of Arizona. Database of Mexican Specimens. Tucson, Arizona*. The University of Arizona. Department of Ecology and Evolutionary Biology.

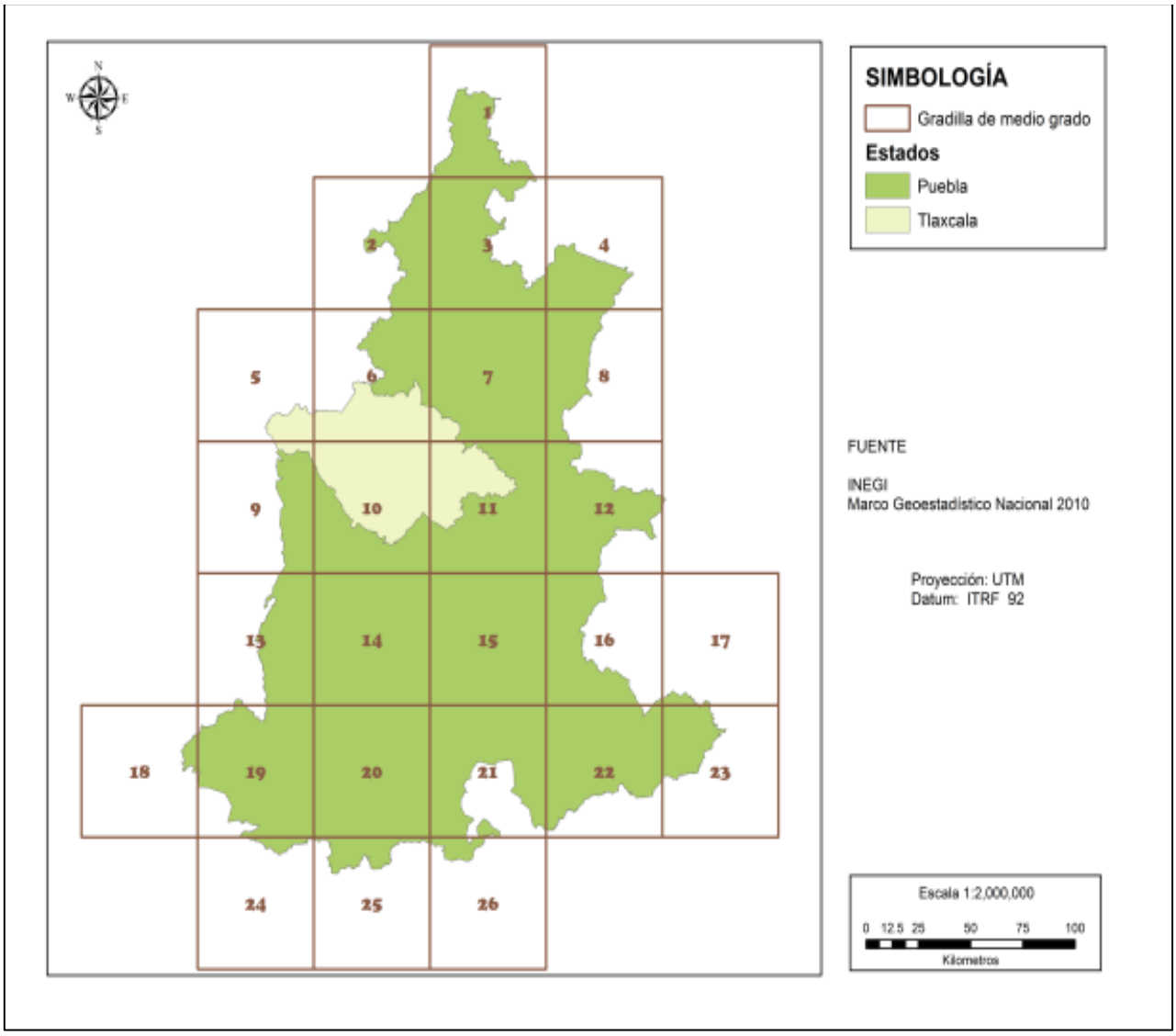
Anexo 2. Colecciones científicas de museos de vertebrados nacionales y extranjeros donde se obtuvieron los registros de anfibios y reptiles con información geográfica.

NOMBRE DE LA COLECCIÓN	SIGLAS
American Museum of Natural History– Herps	AMNH
Academy of Natural Sciences - Herpetology	ANSP
BYU Life Sciences DiGIR Provider - Herpetology Collection	BYUH
Carnegie Museum of Natural History - Amphibians and Reptiles	CM
Florida Museum of Natural History (UF) - Herpetology specimens	FLMNH
The Field Museum - FMNH Herpetology Collections	FMNH
Universidad Nacional Autonoma de Mexico – Instituto de Biologia Colección Nacional de Anfibios y Reptiles	CNAR/IBUNAM
University of Kansas Biodiversity Institute - Herpetology Collection	KU
Los Angeles County Museum of Natural History (LACM) – Vertebrate specimens	LACM
MCZ-Harvard University Provider - MCZ Herpetology Collection	MCZ
Arctos - MVZ Herpetological Catalog	MVZ
Sam Noble Oklahoma Museum of Natural History – Herpetological Specimens	OMNH
Royal Ontario Museum – Herpetological specimens	ROM
Texas Cooperative Wildlife Collection - TCWC Herpetology Collection	TCWC
University of Arizona Museum of Natural History - Herpetology Collection	UAZ
University of Colorado Museum of Natural History – CUMNH Herpetology Collection	UCM
National Museum of Natural History, Smithsonian Institution – NMNH Vertebrate Zoology Herpetology Collections	USNM
University of Texas at El Paso - Herps Specimens	UTEP

Anexo 3. Unidades de muestreo: gradilla de 1° x 1° y gradilla de 0.5° x 0.5° respectivamente.



Anexo 3 (continuación). Unidades de muestreo: gradilla de 1° x 1° y gradilla de 0.5° x 0.5° respectivamente.



Anexo 4. Lista de especies de Anfibios y reptiles para los Estados de Puebla y Tlaxcala. Estatus de Protección en International Union for Conservation of Nature (IUCNRedlist): **CR**: en peligro crítico; **EN**: en peligro de extinción; **LC**: preocupación menor; **NT**: casí amenazada; **VU**: vulnerables. Estatus de Protección en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010): **A**: Amenazada; **P**: En peligro de extinción; **Pr**: Sujeta a protección especial.

Amphibia: ESPECIE	IUCN	NOM-059
Agalychnis dacnicolor		
Agalychnis moreletii	CR	
Ambystoma leorae	CR	A
Ambystoma taylori	CR	Pr
Ambystoma tigrinum	LC	
Ambystoma velasci	LC	Pr
Anaxyrus compactilis	LC	
Anaxyrus speciosus	LC	
Bolitoglossa platydactyla	NT	Pr
Charadrahyla taeniopus	VU	A
Chiropterotriton arboreus	CR	Pr
Chiropterotriton chiropterus	CR	Pr
Chiropterotriton chondrostega	EN	Pr
Chiropterotriton orculus	VU	
Chiropterotriton terrestris	CR	
Craugastor augusti	LC	
Craugastor decoratus	VU	Pr

Craugastor rhodopis	VU	
Craugastor rugulosus	LC	
Ecnomiohyla miotympanum	NT	
Eleutherodactylus cystignathoides	LC	
Eleutherodactylus nitidus	LC	
Eleutherodactylus verrucipes	VU	Pr
Eleutherodactylus verruculatus		Pr
Exerodonta smaragdina	LC	Pr
Exerodonta xera	VU	
Hyla arenicolor	LC	
Hyla euphorbiacea	NT	
Hyla eximia	LC	
Hyla plicata	LC	A
Hypopachus variolosus	LC	
incilius cristatus	CR	
incilius marmoreus	LC	
Incilius occidentalis	LC	
incilius perplexus	EN	
incilius valliceps	LC	
Lithobates berlandieri	LC	Pr
Lithobates catesbeianus	LC	
Lithobates montezumae	LC	Pr

Lithobates pueblae	CR	P
Lithobates spectabilis	LC	
Lithobates vaillanti	LC	
Lithobates zweifeli	LC	
Notophthalmus meridionalis	EN	P
Parvimolge townsendi	CR	A
Plectrohyla arborescandens	EN	Pr
Plectrohyla bistincta	LC	Pr
Plectrohyla charadricola	EN	A
Plectrohyla pachyderma	CR	Pr
Pseudoeurycea bellii	VU	A
Pseudoeurycea cephalica	NT	A
Pseudoeurycea firscheini	EN	Pr
Pseudoeurycea gadovii	EN	
Pseudoeurycea gigantea	CR	
Pseudoeurycea leprosa	VU	A
Pseudoeurycea melanomolga	EN	Pr
Rhinella marina	LC	
Scinax staufferi	LC	
Smilisca baudinii	LC	
Spea multiplicata	LC	
Thorius dubitus	EN	Pr

Thorius magnipes	CR	
Thorius narisovalis	CR	Pr
Thorius schmidti	EN	Pr
Thorius troglodytes	EN	Pr
Tlalocohyla godmani	VU	A
Tlalocohyla picta	LC	
Tlalocohyla smithii	LC	
Reptilia ESPECIE	IUCN	NOM-059
Abronia graminea	EN	A
Abronia taeniata	VU	Pr
Adelphicos quadrivirgatum	DD	Pr
Ameiva undulata		
Aspidoscelis communis	LC	Pr
Aspidoscelis costata	LC	Pr
Aspidoscelis deppii	LC	
Aspidoscelis gularis	LC	
Aspidoscelis guttata	LC	
Aspidoscelis mexicana	LC	Pr
Aspidoscelis parvisocia	LC	Pr
Aspidoscelis sackii		
Atropoides mexicanus	LC	

Atropoides nummifer	LC	A
Barisia imbricata	LC	Pr
Basiliscus vittatus		
Bothrops asper		
Celestus enneagrammus	LC	Pr
Coluber mentovarius		A
Coniophanes fissidens		
Coniophanes imperialis	LC	
Conopsis acuta	LC	
Conopsis biserialis	LC	A
Conopsis lineata	LC	
Conopsis nasus	LC	
Corytophanes hernandezii		Pr
Crotalus durissus	LC	Pr
Crotalus intermedius	LC	A
Crotalus lepidus	LC	Pr
Crotalus molossus	LC	Pr
Crotalus ravus	LC	A
Crotalus scutulatus	LC	Pr
Crotalus simus		
Crotalus triseriatus	LC	
Ctenosaura pectinata		A

Diploglossus legnotus	LC	
Drymarchon corais		
Drymobius margaritiferus		
Ficimia publia		
Ficimia streckeri	LC	
Geophis blanchardi	DD	Pr
Geophis carinosus	LC	
Geophis dubius	LC	Pr
Geophis duellmani	LC	Pr
Geophis mutitorques	LC	Pr
Geophis semidoliatus	LC	
Gerrhonotus liocephalus	LC	Pr
Hemidactylus frenatus	LC	
Imantodes cenchoa		Pr
Imantodes gemmistratus		Pr
Kinosternon herrerai	NT	Pr
Kinosternon hirtipes	LC	Pr
Kinosternon integrum	LC	Pr
Kinosternon scorpioides		Pr
Lampropeltis triangulum		A
Lepidophyma sylvaticum	LC	Pr
Leptodeira annulata		Pr

Leptodeira polysticta		
Leptodeira septentrionalis		
Leptodeira splendida	LC	
Leptophis mexicanus		A
Mastigodryas melanolomus	LC	
Mesaspis viridiflava	LC	Pr
Micrurus bernadi	LC	
Micrurus browni	LC	Pr
Micrurus diastema	LC	Pr
Micrurus laticollaris	LC	Pr
Ninia diademata	LC	
Ninia sebae		
Norop sschiedei	DD	Pr
Norops forbesorum	DD	A
Norops laeviventris		
Norops naufragus	VU	Pr
Norops petersii		
Norops quercorum	LC	
Norops sericeus		
Ophryacus melanurum	EN	Pr
Ophryacus undulatus	VU	Pr
Oxybelis aeneus		

Phrynosoma braconnieri	LC	Pr
Phrynosoma orbiculare	LC	A
Phrynosoma taurus	LC	A
Phyllodactylus bordai	LC	Pr
Phyllodactylus tuberculosus		
Pituophis deppei	LC	A
Pituophis lineaticollis	LC	
Plestiodon brevirostris	LC	
Plestiodon copei	LC	Pr
Plestiodon lynxe	LC	Pr
Pliocercus bicolor	LC	A
Pliocercus elapoides	LC	
Pseudoleptodeira latifasciata	LC	Pr
Rena maximus	LC	
Rhadinaea decorata		
Rhadinaea fulvivittis	VU	
Rhadinaea hesperia	LC	Pr
Rhadinaea marcellae	EN	Pr
Rhadinaea quinquelineata	DD	Pr
Salvadora bairdii	LC	Pr
Salvadora grahamiae	LC	
Salvadora intermedia	LC	Pr

Salvadora mexicana	LC	Pr
Scaphiodontophis annulatus		
Sceloporus aeneus	LC	
Sceloporus bicanthalis	LC	
Sceloporus formosus	LC	
Sceloporus gadoviae	LC	
Sceloporus grammicus	LC	Pr
Sceloporus horridus	LC	
Sceloporus jalapae	LC	
Sceloporus megalepidurus	VU	Pr
Sceloporus mucronatus	LC	
Sceloporus ochoterenae	LC	
Sceloporus scalaris	LC	
Sceloporus spinosus	LC	
Sceloporus torquatus	LC	
Sceloporus variabilis		
Scincella cherriei		
Scincella gemmingeri	LC	Pr
Scincella silvicola	LC	A
Senticolis triaspis		
Sonora michoacanensis	LC	
Sphaerodactylus glaucus		Pr

Spilotes pullatus		
Storeria dekayi	LC	
Storeria storerioides	LC	
Tantalophis discolor	VU	A
Tantilla bocourti	LC	
Tantilla rubra	LC	Pr
Thamnophis chrysocephalus	LC	A
Thamnophis conanti		
Thamnophis cyrtopsis	LC	A
Thamnophis eques	LC	A
Thamnophis godmani	LC	A
Thamnophis melanogaster	EN	A
Thamnophis proximus		A
Thamnophis scalaris	LC	A
Thamnophis scaliger	VU	A
Thamnophis sumichasti		A
Trimorphodon biscutatus		A
Trimorphodon tau	LC	
Tropidodipsas sartorii		Pr
Urosaurus bicarinatus	LC	
Xenosaurus grandis	VU	Pr
Xenosaurus rectocollaris	LC	