



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Área Académica de Biología

Licenciatura en Biología

**Áreas prioritarias de conservación para las tortugas
continentales de México con base en criterios
biogeográficos**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

Brenda Muñoz Muñoz

DIRECTORA:

Dra. Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO, 2016.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	5
JUTIFICACIÓN	8
OBJETIVOS	
Objetivo General.....	8
Objetivos Particulares.....	9
MÉTODOS	
Datos.....	9
Índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991).....	11
Riqueza de especies	11
Endemismo	11
Vulnerabilidad	11
Complementariedad	12
Análisis de los criterios utilizados.....	12
Análisis de discrepancias.....	13
RESULTADOS	
Índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991).....	13
Riqueza de especies.....	17
Endemismo	17
Vulnerabilidad.....	19
Análisis de los criterios utilizados.....	21
Análisis de discrepancias.....	22
DISCUSIÓN	24
CONCLUSIONES	28
LITERATURA CITADA	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Provincias Biogeográficas de México (Morrone, 2001 a, b, 2004 a, b). 1.- California, 2.-Baja californiia, 3.-Sonora, 4.-Altiplano Mexicano, 5.-Tamaulipas, 6.-Península de Yucatán, 7.-Sierra Madre Occidental, 8.-Sierra Madre Oriental, 9.-Eje Volcánico Transmexicano,10.-Cuenca del Balsas, 11.-Sierra Madre del Sur, 12.-Costa Pacífica Mexicana, 13.-Golfo de México, 14.- Chiapas.....**10**

Figura 2.- Valores del índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991). A la izquierda se muestra la filogenia de las siete familias de tortugas continentales presentes en México, tomada de Iverson et al. (1991); modificada por Muñoz-Muñoz (2015). A la derecha, los valores correspondientes de cada especie. (I) número de nodos involucrados en cada taxón terminal; (Q) coeficiente de peso taxonómico; (W) peso taxonómico y (P) porcentaje de información filogenética que aporta cada taxón. El total de valores es el siguiente: I= 832, Q= 7944.97 y W=143.24. Los valores de peso taxonómico más altos se aprecian en color rojo y los valores más bajos en color azul. Las especies que se distribuyen fuera de México se aprecian en color negro**13**

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Peso taxonómico y distribución geográfica de las 42 especies de tortugas continentales de México. A la izquierda se muestra la filogenia tomada de Iverson et al. (1991); modificada por Muñoz-Muñoz (2015). La distribución por provincia biogeográfica de cada especie se muestra a la derecha. La letra W, corresponde al peso taxonómico obtenido en la figura 2. (P1) primera prioridad de conservación con respecto al valor más alto de W (color rojo). (P2) y (P3) valor más alto de W de acuerdo al análisis de complementariedad (color rojo). Las provincias biogeográficas se abrevian de la siguiente manera: CA= California, BC= Baja California, SON= Sonora, ALT= Altiplano Mexicano, TAM= Tamaulipas, YUC= Yucatán, SMO= Sierra Madre Occidental, SME= Sierra Madre Oriental, TRA= Eje Volcánico Transmexicano, SMS= Sierra Madre del Sur, BAL= Cuenca del Balsas, PAC= Costa Pacífica Mexicana, GOL= Golfo de México, CHI= Chiapas *= Presencia en la provincia biogeográfica.....**16**

Cuadro 2.- Distribución geográfica de las 42 especies de tortugas continentales de México en las provincias biogeográficas. A la izquierda se muestra la filogenia tomada de Iverson et al. (1991); modificada por Muñoz-Muñoz (2015). (P1) provincia con mayor valor (rojo), primera prioridad de conservación. (P2) y (P3) valores más altos con respecto al análisis de complementariedad, segunda y tercera prioridad de conservación. Las provincias biogeográficas se abrevian de las siguiente manera: CA= California, BC= Baja California, SON= Sonora, ALT= Altiplano Mexicano, TAM= Tamaulipas, YUC= Yucatán, SMO= Sierra Madre Occidental, SME= Sierra Madre Oriental, TRA= Eje Volcánico Transmexicano, SMS= Sierra

Madre del Sur, BAL= Cuenca del Balsas, PAC= Costa Pacífica Mexicana, GOL= Golfo de México, CHI= Chiapas.*= Presencia en la provincia biogeográfica.....18

Cuadro 3.- Distribución geográfica de las 14 especies de tortugas continentales endémicas de las provincias biogeográficas. (P1) provincia con mayor valor (rojo), primera prioridad de conservación. (P2) y (P3) valores más altos (rojo) con respecto al análisis de complementariedad, segunda y tercera prioridad de conservación. Las provincias biogeográficas se abrevian de las siguiente manera: CA= California, BC= Baja California, SON= Sonora, ALT= Altiplano Mexicano, TAM= Tamaulipas, YUC= Yucatán, SMO= Sierra Madre Occidental, SME= Sierra Madre Oriental, TRA= Eje Volcánico Transmexicano, SMS= Sierra Madre del Sur, BAL= Cuenca del Balsas, PAC= Costa Pacífica Mexicana, GOL= Golfo de México, CHI= Chiapas. *= Presencia en la provincia biogeográfica.....19

Cuadro 4.- Distribución geográfica de las 30 especies de tortugas continentales vulnerables de México, de acuerdo a la lista roja de la IUCN. (P1) provincia con mayor valor (rojo), primera prioridad de conservación. (P2) y (P3) valores más altos (rojo) con respecto al análisis de complementariedad, segunda y tercera prioridad de conservación. Las provincias biogeográficas se abrevian de las siguiente manera: CA= California, BC= Baja California, SON= Sonora, ALT= Altiplano Mexicano, TAM= Tamaulipas, YUC= Yucatán, SMO= Sierra Madre Occidental, SME= Sierra Madre Oriental, TRA= Eje Volcánico Transmexicano, SMS= Sierra Madre del Sur, BAL= Cuenca del Balsas, PAC= Costa Pacífica Mexicana, GOL= Golfo de México, CHI= Chiapas. *= Presencia en la provincia biogeográfica.....20

Cuadro 5.- Comparación de las provincias biogeográficas prioritarias obtenidas en cada uno de los criterios utilizados; índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991), la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad.....21

Cuadro 6.- Áreas Naturales Protegidas del Altiplano Mexicano que albergan la mayor diversidad de especies de tortugas continentales..... 22

Cuadro 7.- Áreas Naturales Protegidas de la Costa Pacífica Mexicana que albergan la mayor diversidad de especies de tortugas continentales..... 23

Cuadro 8.- Áreas Naturales Protegidas del Golfo de México que albergan la mayor diversidad de especies de tortugas continentales.....24

ANEXO

Anexo1.- Lista de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México.....36



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
Institute of Basic Sciences and Engineering
Área Académica de Biología
Biology Department

M. EN C. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR, UAEH.
P R E S E N T E

Por este conducto le comunico que el Jurado asignado a la pasante de Licenciatura en Biología **Brenda Muñoz Muñoz**, quien presenta el trabajo recepcional de tesis intitulado **“Áreas prioritarias de conservación para las tortugas continentales de México con base en criterios biogeográficos”**, después de revisarlo en reunión de sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación se anotan las firmas de conformidad de los integrantes del Jurado:

- PRESIDENTE:** M. en C. Jesús Martín Castillo Cerón
- SECRETARIO** Dra. Irene Goyenechea Mayer-Goyenechea
- PRIMER VOCAL:** Dra. Claudia Elizabeth Moreno Ortega
- SEGUNDO VOCAL:** Dr. Juan Márquez Luna
- TERCER VOCAL:** Dr. Aurelio Ramírez Bautista
- PRIMER SUPLENTE:** Dra. Norma Leticia Manríquez Morán
- SEGUNDO SUPLENTE:** Dr. Julián Bueno Villegas

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi más atenta consideración.

ATENTAMENTE
“AMOR, ORDEN Y PROGRESO”
Mineral de la Reforma, Hidalgo a 18 de abril de 2016

BIOL. ULISES ITURBE ACOSTA
COORDINADOR DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA



Ciudad del Conocimiento
 Carretera Pachuca - Tulancingo km. 4.5
 Colonia Carboneras
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México, C.P. 42184
 Tel. +52 771 7172000 exts. 6640 y 6642, Fax 2112
 aab_icbi@uaeh.edu.mx



AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Isabel Muñoz y Eleuterio Muñoz, por su trabajo y su sacrificio en todos estos años para lograr darme la oportunidad de estudiar esta maravillosa carrera. Por su amor, por su apoyo incondicional, por sus enseñanzas y su buen ejemplo, gracias a ustedes eh logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un gran privilegio ser su hija, son los mejor padres del mundo y me siento orgullosa de ustedes, los amo y nunca tendré como pagarles todo lo que han hecho por mí.

A mis hermanos: Giova y Edwin, quienes a pesar de hacerme enojar siempre me apoyaron hasta el final. Hermanos los amo con todo el corazón.

A mi Abuela: Rosenda Trejo, quien me dejó muchas enseñanzas, quien me alentó para seguir adelante, quien me dió tantas bendiciones antes de regresar semana a semana a la escuela. Abue, gracias por todo su amor, espero que desde donde esté se sienta orgullosa de su nieta que tanto la quiso y la querrá toda la vida.

A mi lindo esposo: Eduardo Moreno, quien ha estado conmigo durante seis años, Edd gracias por apoyarme, por quererme y sobre todo por tu paciencia durante estos cuatro años de la carrera. Has sido una experiencia maravillosa compartir mi vida contigo. Te amo.

A mi pequeño hijo: Quien está por llegar a mi vida para hacerla aún más feliz. Bebé has sido la fuente de inspiración y motivación para poder terminar este escrito, espero que te sientas orgulloso de tu mami. Te amo.

A la Dra. Irene Goyenechea Mayer Goyenechea: Dra. Gracias por brindarme la oportunidad de trabajar a su lado, por guiarme durante todo el desarrollo de la tesis y sobre todo por el apoyo incondicional que siempre recibí de su parte.

Al Dr. Aurelio Ramírez Bautista: Por las valiosas observaciones realizadas en este trabajo y por compartir su enorme conocimiento sobre los reptiles.

Al Dr. Juan Márquez Luna: Por su tiempo y por los comentarios realizados a éste trabajo con la finalidad de mejorarlo.

A la Dra. Norma Leticia Manríquez Morán: Dra. Gracias por los consejos que ayudaron a enriquecer éste escrito y también por la disponibilidad que siempre mostró de su parte.

A la Dra. Claudia Elizabeth Moreno Ortega: Por las observaciones realizadas y el apoyo brindado.

Al Dr. Julián Bueno Villegas: Por el apoyo brindado para la revisión de este trabajo y por las enseñanzas que siempre recibí en cada una de sus clases para formarme como una excelente alumna.

Al M. en C. Jesús Martín Castillo Cerón: Gracias por su apoyo incondicional para la culminación de este trabajo y por las observaciones realizadas al mismo.

Al M. en C. Leonardo Fernández Badillo: Por su tiempo y su valiosa ayuda para ordenar las bases de datos las cuales fueron indispensables para la realización de éste trabajo. Leo gracias por tu disponibilidad y por tu paciencia.

Al M. en C. Jorge Ernesto Becerra López: Quien desde el momento en que lo conocí, me apoyó incondicionalmente y me impulsó día a día para terminar éste trabajo. Ernesto, sabes que eres un gran amigo y tenemos algo en común. Te aprecio demasiado, gracias por todos tus consejos y también por confiar en mí.

A mis profesores: Por transmitirme sus diversos conocimientos de los diferentes temas que corresponden a esta maravillosa carrera y por sus sabios consejos y excelentes enseñanzas, las cuales me han permitido culminar con éxito esta carrera.

Finalmente, agradezco a la segunda ministración del proyecto **FOMIX CONACyT HIDALGO 2012 “Diversidad Biológica del Estado de Hidalgo” (tercera etapa)**, por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

RESUMEN

Las tortugas continentales constituyen un grupo taxonómicamente diverso con una distribución muy amplia. México cuenta con 42 especies incluidas en 7 familias, de las cuales el 33.3% son endémicas y el 74% se encuentran bajo alguna categoría de protección en la lista roja de la IUCN. A pesar de esto, las tortugas continentales han sido poco consideradas en proyectos de conservación, por lo que, es importante proporcionar elementos que ayuden a la conservación de dichas especies. Es por ello que en este trabajo, se evaluaron cuatro criterios biogeográficos: el peso taxonómico, la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad, los cuales se utilizaron junto al análisis de complementariedad para determinar las provincias biogeográficas importantes para la conservación de estas especies. Para el peso taxonómico se empleó información filogenética y geográfica de las 42 especies de tortugas continentales, para el endemismo se empleó la distribución geográfica de las 14 especies endémicas de las provincias biogeográficas de México y para la vulnerabilidad las 30 especies de tortugas continentales que se encuentran en la lista roja de la IUCN bajo algún grado de protección. Así mismo; se realizó un análisis de discrepancias con la finalidad de identificar las Áreas Naturales Protegidas más importantes de cada provincia biogeográfica prioritaria, así como conocer si estas áreas conservan la totalidad de las especies de tortugas continentales.

Al combinar los resultados de todos los análisis se concluyó que las provincias biogeográficas más importantes para la conservación de las tortugas continentales de México son el Altiplano Mexicano, la Costa Pacífica Mexicana y el Golfo de México. Cuatrociénegas es el Área Natural Protegida que alberga mayor diversidad de especies de tortugas continentales en el Altiplano Mexicano, la Sepultura es el Área Natural Protegida que alberga la mayor diversidad de especies de tortugas continentales de la Costa Pacífica Mexicana y finalmente, los Tuxtlas es el Área Natural Protegida que alberga la mayor diversidad de especies de tortugas continentales del Golfo de México. Por lo que se concluye que las Áreas Naturales Protegidas de México, contienen más del 80% de la diversidad total de las tortugas continentales.

INTRODUCCIÓN

Las tortugas son vertebrados amniotas, diápsidos y ectotérmicos, de los cuales se tienen registros desde hace 240 millones de años. Estos tetrápodos presentan una morfología altamente especializada, la forma y función del caparazón les ha permitido sobrevivir a diferentes ambientes durante millones de años (Turtle Conservation Fund, 2002).

Estos organismos, tienen tasas de fertilidad reducidas, periodos de maduración sexual tardíos, tasas de crecimiento lentas e índices de reclutamiento bajos, por lo que resultan ser bastantes sensibles a la explotación y destrucción de sus hábitats (Rueda-Almonacid et al., 2007), es por ello que se encuentran entre los grupos de organismos más amenazados en el planeta. Esto se atribuye principalmente al impacto de actividades humanas, como el crecimiento poblacional humano y el establecimiento intensivo de la agricultura, lo que ha provocado la contaminación de ríos lagos y lagunas, y por ende la fragmentación y destrucción irremediable de sus hábitats (Reyes-Velasco et al., 2013). Además estas especies han sido explotadas indiscriminadamente al ser extraídas de su hábitat natural para ser utilizados como mascotas, artesanías, medicina tradicional y alimentos (Turtle Conservation Fund, 2002), por lo que algunas especies se encuentran al borde de la extinción (Ferraro y Gjertsen, 2009). La extinción acaba no sólo con los taxones, sino también con millones de años de evolución necesarios para dar origen a esos taxones, las interacciones entre ellos y todos sus cambios adaptativos (Simonetti y Dirzo, 2011).

Las tortugas constituyen un grupo taxonómicamente diverso debido a que existen alrededor de 317 especies a nivel mundial (Iverson et al., 2007), de las cuales México cuenta con 42 especies de tortugas continentales, con hábitos acuáticos, semiacuáticos y terrestres (Wilson et al., 2013), por lo que se considera como uno de los países con mayor riqueza de especies. Esta riqueza se debe a que México posee una posición geográfica privilegiada que va de los 32°N (Baja California Norte) a los 14°N (Chiapas), por lo que contiene una enorme complejidad de paisajes, lo cual confiere diversidad de ambientes, suelos y climas, así como

innumerables ríos, lagos y lagunas. Este país, ocupa el 14° lugar en cuanto a extensión territorial con 1, 972,550 km² y es uno de los pocos países en los que confluyen las zonas Neártica y Neotropical en donde se mezclan faunas y floras con diferentes historias evolutivas (CONABIO, 2008). Es importante mencionar que debido a esta gran diversidad, México cuenta con proyectos que abordan la protección, manejo y restauración de la biodiversidad. Dichos proyectos se llevan a cabo en las Áreas Naturales Protegidas (ANP), las cuales tienen como objetivo mantener los ecosistemas más representativos de México y su biodiversidad mediante su conservación a través del manejo sustentable. Hoy día, México cuenta con 177 Áreas Naturales Protegidas, divididas en 41 reservas de la biósfera, 66 parques nacionales, 5 monumentos naturales, 8 áreas de protección de recursos naturales, 39 áreas de protección de flora y fauna y 18 santuarios (Anexo1) (CONANP, 2016). Sin embargo, a pesar de que las Áreas Naturales Protegidas se constituyeron para ser instrumento determinante para la conservación de la biodiversidad, bienes y servicios ecológicos, dichas condiciones se ponen en tela de juicio cuando se revisan las características y fundamentos de promulgación de dichas áreas. Es por ello que existe la necesidad de monitorear su adecuado funcionamiento. Actualmente el análisis de discrepancias o “gap analysis” evalúa dicho funcionamiento a través de la identificación y clasificación de los elementos de la biodiversidad (Burley, 1988).

Si bien, la evaluación de las Áreas Naturales Protegidas es un punto importante para llevar a cabo la conservación de la biodiversidad, se requiere incrementar los esfuerzos para la conservación de las tortugas continentales. Existen herramientas que permiten llevar a cabo la conservación de la biodiversidad. La biogeografía, mediante la interpretación y el análisis de los patrones de distribución de los seres vivos, permite identificar provincias prioritarias para ser conservadas (Morrone y Espinosa, 1998; Crisci *et al.*, 2000; Morrone, 2001a).

Whitaker et al. (2005), precisan la definición de la biogeografía de la conservación como la aplicación de los principios y las teorías biogeográficas con fines de conservación. Esta es una disciplina multifacética, por lo que las estrategias de

conservación requieren de la evaluación de la biodiversidad desde la mayor cantidad de perspectivas posibles debido a que no existe un criterio único que pueda ser utilizado de forma excluyente para evaluar adecuadamente la biodiversidad (Crisci et al., 2003). En las últimas décadas, elementos biogeográficos como las regionalizaciones, el endemismo, la riqueza de especies y las estructuras filogeográficas se incluyen en esta disciplina (Simonetti y Dirzo, 2011).

Hoy día, uno de los criterios más utilizados para llevar a cabo la conservación de especies es el índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991), el cual permite interpretar la diversidad con base en las relaciones de parentesco entre las especies al asignar un peso específico a estas (Salinas-Gutiérrez, 2003). Además los criterios de riqueza de especies, endemismo y vulnerabilidad, se emplean muy a menudo para establecer provincias prioritarias de conservación.

Dado que el uso de los criterios por sí mismos son insuficientes, la complementariedad es una alternativa que debe de tomarse en cuenta, ésta permite preservar la mayor diversidad biológica posible en un número mínimo de provincias biogeográficas (Vane-Wright et al., 1991; Scott, 1997), de este modo las provincias seleccionadas estarán mejor sustentadas.

De acuerdo con lo anterior, en este trabajo se emplearon cuatro criterios biogeográficos: el índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991), la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad, los cuales se utilizaron junto con la complementariedad con la finalidad de identificar las provincias biogeográficas más importantes para la conservación. Así mismo, a través de la utilización del análisis de discrepancias se logró identificar las Áreas Naturales Protegidas de mayor importancia para la conservación de las tortugas continentales de cada provincia biogeográfica elegida como prioritaria.

ANTECEDENTES

La mayoría de los trabajos que se han realizado con fines de conservación para las tortugas continentales, se han enfocado principalmente en aspectos reproductivos (Vogt y Flores-Villela, 1992, Morales-Verdeja y Vogt, 1997, Iverson, 1999, Iverson, 2008, Iverson, 2010, Laparra-Torres et al., 2011 y Vázquez-Gómez et al., 2015), ecológicos (Moll, 1990; Saunders et al., 1999; Macip-Rios et al., 2010), demográficos (Iverson 1991a; Macip-Rios et al., 2011), vulnerabilidad (Iverson, 1988; Macip-Rios et al., 2015); genéticos (Phillips et al., 1996; FitzSimmons y Hart, 2007) y filogenéticos (Posadas et al., 2001), los cuales han sido importantes para entender los patrones poblacionales de las especies y por lo tanto, la conservación de las mismas.

Debido a que los aspectos antes mencionados únicamente tienen como objeto de estudio una o dos especies, se requiere implementar estrategias que permitan identificar las provincias prioritarias para llevar a cabo la conservación de las especies. Actualmente, la biogeografía, es una alternativa que permite conservar la mayor cantidad de especies posibles en el menor número de provincias. Hoy día, hay escasos trabajos que emplean la biogeografía como herramienta de conservación para las tortugas continentales. Uno de los trabajos más notables es el de Ippi y Flores (2001), quienes utilizan el análisis de parsimonia de endemismos con la finalidad de identificar las áreas de endemismo de las tortugas continentales de la región Neotropical. En este trabajo, obtuvieron cinco áreas de endemismo de las cuales dos de ellas se encuentran en México y tres en América del Sur. La primera área de endemismo en México se encuentra en el Altiplano Mexicano y la segunda área se localiza en la península de Yucatán y el Golfo de México, dichas provincias albergan a siete especies de tortugas continentales.

Ahora bien, es importante mencionar que existen algunos trabajos que utilizan la biogeografía como herramienta de conservación al utilizar diferentes grupos biológicos. En este sentido destacan las investigaciones realizadas por Arita y Santos del Prado (1999) y Medina Romero et al. (2012) con mamíferos, Álvarez y

Morrone (2004) con aves y Hernández y Bárcenas (1995) y Torres-Miranda et al. (2011) con plantas.

En lo que respecta al trabajo realizado por Arita y Santos del Prado (1999), estos autores utilizaron cinco criterios biogeográficos con la finalidad de proponer áreas de conservación para los murciélagos nectarívoros de México: riqueza de especies, rareza de especies y diversidad filogenética de Vane-Wright, May y Faith. Al evaluar los criterios, encontraron que la Sierra Madre del Sur y la Depresión del Balsas son las áreas prioritarias para conservar los murciélagos nectarívoros de México. Por su parte Medina-Romero et al. (2012), evaluaron la diversidad filogenética de diferentes especies de marsupiales de México, mediante la utilización de tres criterios biogeográficos: el peso taxonómico, la dispersión taxonómica y la diferenciación taxonómica. Al combinar los resultados de cada criterio, obtuvieron que la Costa Pacífica Mexicana y el Golfo de México son las provincias de mayor importancia para la conservación de marsupiales en México.

En cuanto a los trabajos realizados para la conservación de aves en México, Álvarez y Morrone (2004), emplean la panbiogeografía junto a la complementariedad con la finalidad de identificar las provincias biogeográficas de mayor importancia para dichas especies. En este trabajo, los autores consideran al Golfo de México y el Sur de la Cuenca del Balsas como las dos provincias prioritarias para la conservación de aves en México, mencionan que al conservar dichas provincias, se conservará aproximadamente el 50% de las 84 especies analizadas.

Con respecto a la conservación de cactáceas, Hernández y Bárcenas (1995), utilizaron dos criterios biogeográficos: la riqueza de especies y la vulnerabilidad. Al evaluar dichos criterios establecieron siete áreas importantes para la conservación de cactáceas en México. Huizache, Jaumave y Ciudad Victoria, áreas que corresponden a la provincia biogeográfica de Tamaulipas, Tolimán, Xichú y Metztlán, las cuales corresponden a la provincia biogeográfica de la Sierra Madre Oriental y finalmente Cuatrociénegas perteneciente al Altiplano Mexicano.

Si bien, la utilización de diversos criterios biogeográficos ha ayudado a elegir las provincias prioritarias para la conservación, es necesario recurrir a la evaluación de

las Áreas Naturales Protegidas con fines de conservación, debido a que las provincias biogeográficas representan grandes extensiones territoriales.

Existen algunos trabajos en los que se ha evaluado el funcionamiento de las Áreas Naturales Protegidas de México al tomar en cuenta diferentes grupos biológicos. Por ejemplo, Escalante (2003), analizó la distribución de especies endémicas y vulnerables de mamíferos en México con la finalidad de proponer áreas de conservación a través de la comparación de su distribución con respecto a las áreas naturales protegidas ya existentes. En este trabajo la autora considera que se debe proponer la creación de nuevas áreas con propósitos de conservación para los mamíferos de México debido a que las ANP se consideran insuficientes para albergar la totalidad de especies. Así mismo, Medina-Romero et al. (2012), utilizaron el análisis de discrepancias con la finalidad de identificar si las Áreas Naturales Protegidas contienen la totalidad de especies de marsupiales mexicanos, en este trabajo, los autores encontraron que no existe una Área Natural Protegida que albergue la totalidad de especies de marsupiales, sin embargo identificaron que el Parque Nacional Palenque perteneciente a la provincia biogeográfica del Golfo de México alberga la mayor cantidad de especies de marsupiales de México.

También, se han realizado trabajos que incluyen más de un grupo biológico como objeto de estudio, este es el caso de Ceballos (2009), quien identifica las Áreas Naturales Protegidas de mayor importancia para la conservación de especies endémicas y vulnerables de mamíferos, aves, reptiles y anfibios de México, con la finalidad de orientar las políticas de desarrollo y conservación del país para maximizar las acciones de conservación dentro de las Áreas Naturales Protegidas. Este autor concluye que la Reserva de la Biósfera Montes Azules es el área de mayor importancia para la conservación de mamíferos y los Tuxtlas es la Reserva de la Biósfera de mayor importancia para la conservación de aves, reptiles y anfibios.

JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas, uno de los principales problemas a los que se enfrentan México y el mundo es a la pérdida de biodiversidad. Esto se considera uno de los problemas más recurrentes que conlleva como causa principal la extinción de especies, por lo que, la identificación de provincias prioritarias para la conservación de la biodiversidad resulta necesaria. La biogeografía es una herramienta que permite analizar e interpretar los patrones de distribución para llevar a cabo la conservación biológica. En la actualidad, la utilización de métodos biogeográficos con fines de conservación aún son escasos particularmente para las tortugas continentales, por lo que en este trabajo se emplearon cuatro criterios biogeográficos, el índice filogenético de Vane-Wright et al. (1991), la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad junto con el análisis de complementariedad para identificar las provincias biogeográficas importantes para la conservación de las tortugas continentales de México. También, se utilizó el análisis de discrepancias con la finalidad de evaluar el funcionamiento de las Áreas Naturales Protegidas de México con respecto a la conservación de las tortugas continentales.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Determinar las provincias biogeográficas importantes para la conservación de las tortugas continentales de México, a través de cuatro criterios biogeográficos.

Objetivos particulares:

1. Identificar cuáles son las provincias biogeográficas prioritarias para la conservación de las tortugas continentales de México, a través del índice filogenético de Vane-Wright et al. (1991), la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad.
2. Realizar un análisis de discrepancias para conocer si las Áreas Naturales Protegidas de México conservan las especies presentes en las provincias biogeográficas prioritarias.
3. Identificar las Áreas Naturales Protegidas de mayor importancia para la conservación de las tortugas continentales de cada provincia biogeográfica prioritaria.

MÉTODOS

Datos

Se utilizaron las 42 especies de tortugas continentales presentes en México, pertenecientes a 7 familias y 13 géneros. Estas especies se tomaron de la clasificación taxonómica propuesta por Wilson et al. (2013).

A partir de esta clasificación, se consultaron cuatro bases de datos en línea, *Global Biodiversity Information Facility 2014* (<http://www.gbif.org/>), *Herp.NET 2014* (<http://www.herpnet.org/>), *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad 2014* (<http://www.conabio.gob.mx/>) y *Red Mundial de Información sobre biodiversidad 2014* (<http://remib.org/>), para obtener la mayor cantidad de registros de distribución de cada especie. Se elaboró una base de datos con toda la información recopilada esta base incluyó el nombre de la especie, la localidad y las coordenadas geográficas. Se corroboró que las coordenadas geográficas correspondieran con la localidad y que la distribución de la especie coincidiera con las distribuciones conocidas, con la finalidad de eliminar aquellos datos alejados de la distribución correspondiente de cada una de las especies o que tuvieran coordenadas geográficas inconsistentes. Para aquellos registros sin coordenadas

geográficas, se utilizó Google Earth (2014) para georeferenciar los datos de la localidad para obtener datos más precisos de la distribución. De esta manera se obtuvo un total de 830 registros de distribución de las diferentes especies de tortugas continentales de México, dichos registros fueron importados al programa ArcView 3.2 (ESRI, 1998), y visualizados con la capa de provincias biogeográficas propuestas por Morrone (2001 a, b, 2004 a, b) (Figura 1).

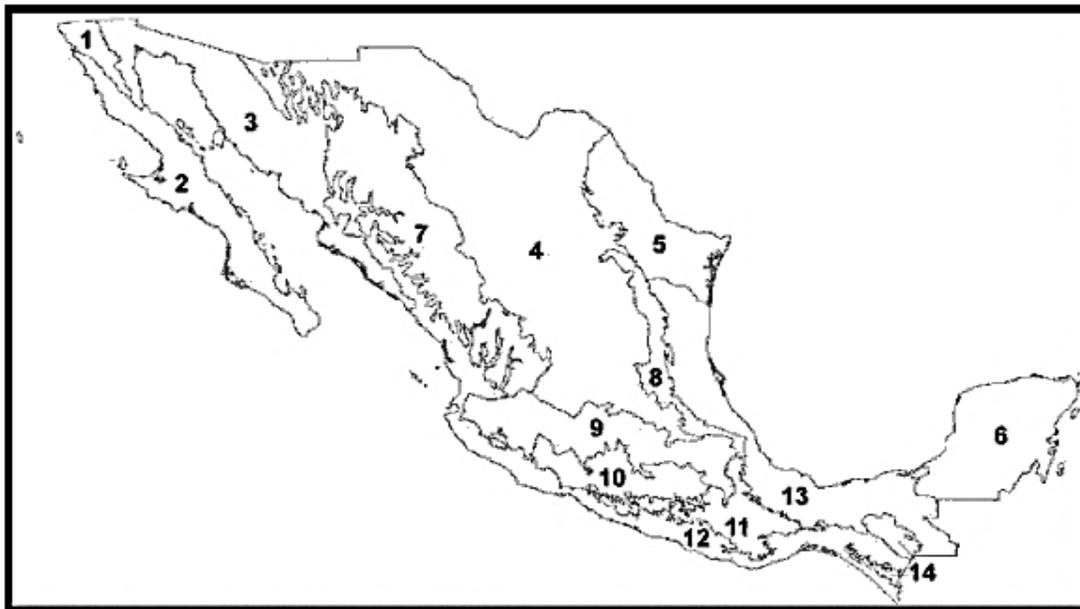


Figura 1.- Provincias Biogeográficas de México (Morrone, 2001 a, b, 2004 a, b). 1.- California, 2.-Baja california, 3.-Sonora, 4.-Altiplano Mexicano, 5.-Tamaulipas, 6.- Península de Yucatán, 7.-Sierra Madre Occidental, 8.-Sierra Madre Oriental, 9.-Eje Volcánico Transmexicano, 10.-Cuenca del Balsas, 11.-Sierra Madre del Sur, 12.-Costa Pacífica Mexicana, 13.-Golfo de México, 14.- Chiapas.

ANÁLISIS BIOGEOGRÁFICO

Para determinar las provincias biogeográficas más importantes para la conservación de las tortugas continentales de México, se utilizaron cuatro criterios: el índice filogenético de Vane-Wright et al. (1991), la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad.

a) Índice filogenético propuesto por Vane Wright et al. (1991)

El índice consiste en determinar el peso taxonómico de cada especie mediante la información filogenética (Medina-Romero et al., 2012), para realizar este índice, se utilizó la filogenia de tortugas por familias a nivel mundial propuesta por Iverson et al. (2007), la cual consta de 14 familias, 98 géneros y 313 especies. De esta filogenia solo se tomaron en cuenta las siete familias de tortugas continentales de México (Tryonichidae, Chelydridae, Dermatemydidae, Kinosternidae, Emydidae, Testudinidae y Geoemydidae), la cual contiene 84 especies, con una distribución geográfica exclusiva del continente Americano, por lo que incluye las 41 especies presentes en México. Debido a que esta filogenia no incluye *Apalone atra* que considera Wilson et al. (2013), se incluyó en el cladograma como grupo hermano de *Apalone spinifera*, para obtener las 42 especies de tortugas continentales.

La filogenia se utilizó para calcular cuatro valores: **I**, número de grupos monofiléticos de cada especie, este valor refleja el número de nodos de la raíz del árbol hasta el nodo que subtiende el taxón terminal (nodos involucrados en cada especie); **Q**, peso basal filogenético, (**I** total/ **I** individual); **W**, valor estandarizado del peso taxonómico básico, el cual refiere al número de taxones que contribuyen a la diversidad total del grupo (**Q** / **Q** mínima) y finalmente **P**, es el porcentaje del valor de **W** de cada especie (**W*** **100**/ **W** total) (Vane-Wright et al., 1991).

Se utilizó el valor estandarizado del peso taxonómico básico (**W**), para elaborar un cuadro con las 42 especies de tortugas continentales presentes en México y su distribución correspondiente en las provincias biogeográficas.

b) Riqueza de especies, endemismo y vulnerabilidad.

Para el criterio de riqueza de especies se consideraron las 42 especies de tortugas continentales presentes en México, así como su distribución en las provincias biogeográficas. Para el endemismo, se tomaron en cuenta las 14 especies endémicas de las provincias biogeográficas de México y su distribución correspondiente en las provincias biogeográficas y finalmente para el criterio de vulnerabilidad, se consideraron 30 especies, las cuales se encuentran en la lista

roja de la IUCN bajo algún grado de protección así como su distribución en las provincias biogeográficas.

c) Complementariedad

Para priorizar las provincias biogeográficas con cada criterio utilizado, se empleó el análisis de complementariedad. Dicho análisis, permite conservar el mayor número de especies en el menor número de provincias (Vane-Wright et al., 1991; Scott, 1997).

En el índice filogenético, la primera provincia prioritaria fue aquella con el valor más alto del peso taxonómico básico (W), la segunda provincia prioritaria presentó el valor más alto (W), sin contemplar los valores utilizados en la primera provincia seleccionada y la tercera provincia seleccionada tuvo el valor más alto (W) sin contemplar los valores utilizados en la primera y segunda provincias seleccionadas.

Con respecto a los criterios de la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad, la primera provincia prioritaria fue la que presentó el valor más alto, como segunda prioridad, se consideró aquella provincia que presentó el valor más alto sin considerar los valores presentes en la primera prioridad y la tercera prioridad tuvo el valor más alto sin considerar los valores contenidos en la primera y segunda provincias seleccionadas (Faith, 1994; Faith y Walker, 1996). Al priorizar las provincias biogeográficas con los cuatro criterio empleados, se calculó el porcentaje de conservación que aporta cada provincia, este porcentaje se obtuvo mediante la siguiente fórmula: $\% \text{ Conservación} = \text{Valor de la provincia biogeográfica} \times 100 / \text{Número total de especies utilizadas}$.

d) Análisis de los criterios utilizados

Se llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos con cada criterio utilizado, por lo que se elaboró un cuadro comparativo el cual incluyó las tres primeras provincias prioritarias obtenidas en el índice filogenético de Vane-Wright et al. (1991), la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad. Esto con el propósito de identificar si existe o no similitud en cuanto a las provincias

biogeográficas obtenidas, de este modo se podrán elegir aquellas provincias que se encuentren sustentadas por el mayor número de criterios utilizados.

e) Análisis de discrepancias

Se realizó un análisis de discrepancias con la finalidad de identificar las Áreas Naturales Protegidas de cada provincia biogeográfica elegida como prioritaria las cuales alberguen la mayor diversidad de especies de tortugas continentales. Éste análisis permite identificar y clasificar los elementos de la biodiversidad para examinar el actual sistema de las Áreas Naturales Protegidas (Burley, 1988). Se utilizó el programa ArcView 3.2 (ESRI, 1998), en el cual se visualizó el mapa de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (CONANP, 2007) y la distribución geográfica de las especies que sustentan a cada provincia prioritaria, con respecto a la riqueza de especies, se consideró que las especies de la primera provincia prioritaria no se considerarán en la segunda y tercera provincia prioritaria y que las especies que sustentan a la tercera provincia prioritaria no considerara las especies presentes de la primera y segunda provincia prioritaria. Esto con la finalidad de evitar que las especies se encuentre en más de una provincia biogeográfica.

RESULTADOS

1) Índice taxonómico propuesto por Vane-Wright et al. (1991)

El análisis de índice taxonómico mostró que *Apalone spinifera*, *A. atra* y *Dermatemys mawii* son las especies con el peso taxonómico más alto ($W= 3.00$), seguido de *Gopherus flavomarginatus*, *G. berlandieri*, *G. morafkai*, *Rhinoclemmys rubida* y *R. pulcherrima* ($W= 2.50$). Las especies que presentan el peso taxonómico más bajo ($W=1.00$) son *Kinosternon chimalhuaca* y *K. integrum* (Fig. 2).

Los resultados del cuadro 1, muestran que la provincia con mayor peso taxonómico es el Golfo de México ($W= 31.7$), que corresponde al 44.5% de conservación, por lo que se considera la primera provincia prioritaria de conservación. Al tomar en cuenta la complementariedad, se muestra que la segunda prioridad de conservación es el Altiplano Mexicano ($W=17.3$), por lo que presenta un porcentaje de conservación de

24.3%. Al conservar ambas provincias biogeográficas, se estaría conservando el 68.8% de la diversidad total de tortugas continentales presente en México. Como tercera prioridad de conservación se considera la Costa Pacífica Mexicana ($W=9.37$) y un porcentaje de conservación de 13.1%.

Si se toman en cuenta estas tres provincias como prioridades se conserva el 81.9% de la diversidad total de las especies de tortugas continentales.

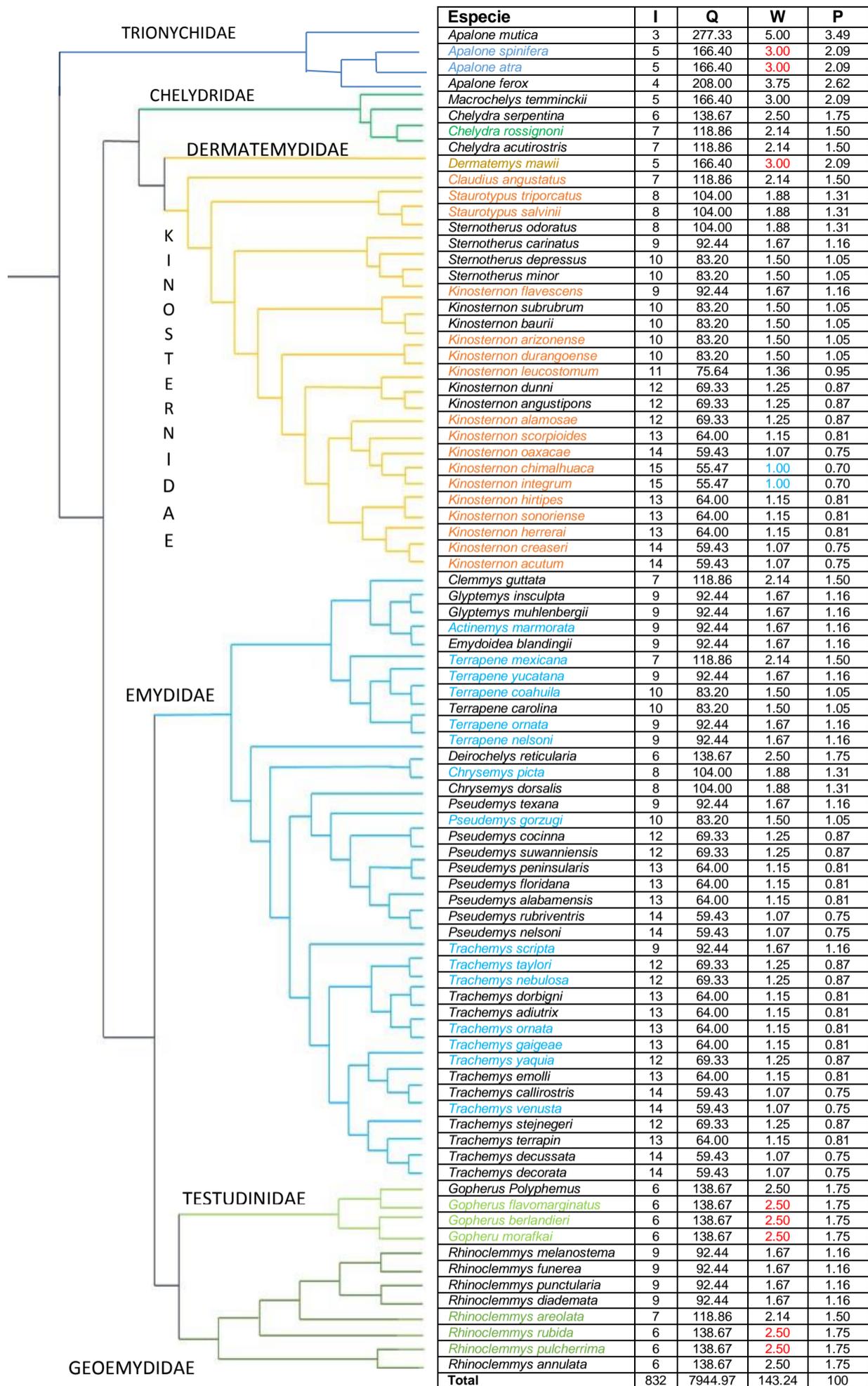


Figura 2.- Valores del índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991). A la izquierda se muestra la filogenia de las siete familias de tortugas continentales presentes en México, tomada de Iverson et al. (1991); modificada por Muñoz-Muñoz (2015). A la derecha, los valores correspondientes de cada especie. (I) número de nodos involucrados en cada taxón terminal; (Q) coeficiente de peso taxonómico; (W) peso taxonómico y (P) porcentaje de información filogenética que aporta cada taxón. El total de valores es el siguiente: I= 832, Q= 7944.97 y W=143.24. Los valores de peso taxonómico más altos se aprecian en color rojo y los valores más bajos en color azul. Las especies que se distribuyen fuera de México se aprecian en color negro.

Cuadro 1.- Peso taxonómico y distribución geográfica de las 42 especies de tortugas continentales de México. A la izquierda se muestra la filogenia tomada de Iverson et al. (1991); modificada por Muñoz-Muñoz (2015). La distribución por provincia biogeográfica de cada especie se muestra a la derecha. La letra W, corresponde al peso taxonómico obtenido en la figura 2. (P1) primera prioridad de conservación con respecto al valor más alto de W (color rojo). (P2) y (P3) valor más alto de W de acuerdo al análisis de complementariedad (color rojo). Las provincias biogeográficas se abrevian de la siguiente manera: CA= California, BC= Baja California, SON= Sonora, ALT= Altiplano Mexicano, TAM= Tamaulipas, YUC= Yucatán, SMO= Sierra Madre Occidental, SME= Sierra Madre Oriental, TRA= Eje Volcánico Transmexicano, SMS= Sierra Madre del Sur, BAL= Cuenca del Balsas, PAC= Costa Pacífica Mexicana, GOL= Golfo de México, CHI= Chiapas. *= Presencia en la provincia biogeográfica.

ESPECIE	W	CA	BC	SON	ALT	TAM	YUC	SMO	SME	TRA	SMS	BAL	PAC	GOL	CHI
<i>Apalone spinifera</i>	3.00				*	*								*	
<i>A. atra</i>	3.00				*										
<i>Chelydra rossignoni</i>	2.14												*	*	*
<i>Dermatemys mawii</i>	3.00						*						*	*	*
<i>Claudius angustatus</i>	2.14						*							*	
<i>Staurotypus triporcatus</i>	1.88						*							*	
<i>S. salvinii</i>	1.88												*		*
<i>Kinosternon flavescens</i>	1.67				*	*								*	
<i>K. arizonense</i>	1.50			*											
<i>K. durangoense</i>	1.50			*	*			*							
<i>K. leucostomum</i>	1.36						*						*	*	*
<i>K. alamosae</i>	1.25			*				*							
<i>K. scorpoides</i>	1.15						*				*			*	*
<i>K. oaxacae</i>	1.07												*		
<i>K. chimalhuaca</i>	1.00												*		
<i>K. integrum</i>	1.00			*	*			*	*	*	*		*		
<i>K. hirtipes</i>	1.15						*							*	
<i>K. sonoriense</i>	1.15			*	*			*						*	
<i>K. herrerae</i>	1.15				*				*					*	
<i>K. creaseri</i>	1.07									*				*	
<i>K. acutum</i>	1.07							*						*	
<i>Actinemys marmorata</i>	1.67	*	*												
<i>Terrapene mexicana</i>	2.14													*	
<i>T. yucatana</i>	1.67						*								
<i>T. coahuila</i>	1.50				*										
<i>T. ornata</i>	1.67				*										
<i>T. nelsoni</i>	1.67			*				*					*		
<i>Chrysemys picta</i>	1.88				*										
<i>Pseudemys gorzugi</i>	1.50				*	*									
<i>Trachemys scripta</i>	1.67				*	*								*	
<i>T. taylori</i>	1.25				*										
<i>T. nebulosa</i>	1.25		*												
<i>T. ornata</i>	1.15														
<i>T. gaigeae</i>	1.15				*			*							
<i>T. yaquia</i>	1.25			*				*							
<i>T. venusta</i>	1.07						*						*	*	*
<i>Gopherus flavomarginatus</i>	2.50				*										
<i>G. berlandieri</i>	2.50				*	*		*						*	
<i>G. morafkai</i>	2.50			*				*							
<i>Rhinoclemmys areolata</i>	2.14						*				*			*	
<i>R. rubida</i>	2.50									*	*	*	*		
<i>R. pulcherrima</i>	2.50			*									*	*	
(%) Peso taxonómico	71.26 (100%)	1.67 (2.3%)	2.92 (4.1%)	14.3 (20.1%)	26.7 (37.5%)	10.3 (14.5%)	15.5 (21.8%)	15.0 (21%)	2.1 (2.9%)	4.6 (6.5%)	6.8 (9.5%)	2.5 (3.5%)	19.1 (26.8%)	31.7 (44.5%)	10.6 (14.9%)
P1	31.7 (44.5%)	1.6	2.9	14.3	26.7	10.3	15.5	15.0	2.15	4.57	6.79	2.5	19.0	31.7	10.6
P2	17.33 (24.3%)	1.6	2.9	14.3	17.3	1.5	1.67	12.5	1	3.5	3.5	2.5	10.3	-	1.88
P3	9.37 (13.1%)	1.6	2.9	8.17	-	0	1.67	5.24	0	2.5	2.5	2.5	9.37	-	1.88

b) Riqueza de especies, Endemismo y Vulnerabilidad

Con el criterio de riqueza de especies, se muestra que el Golfo de México presenta el valor más alto (17) y un porcentaje de conservación de 40.5%, por lo que se considera la primera prioridad de conservación. Al tomar en cuenta la complementariedad, la segunda prioridad es el Altiplano Mexicano con un valor de 11 y un porcentaje de conservación de 26.2%. Al considerar ambas provincias biogeográficas, se conserva el 66.7% de la diversidad total de tortugas continentales de México. Como tercera prioridad de conservación se considera la Costa Pacífica Mexicana con un valor de 6 y un porcentaje de conservación de 14.28%. Si se toman en cuenta estas tres provincias como prioritarias para la conservación, se conserva el 80.98 % de la diversidad total de las especies de tortugas continentales (Cuadro 2).

De acuerdo con el criterio de endemismo, el Altiplano Mexicano es la primera prioridad de conservación debido a que muestra el valor más alto (7) y un porcentaje de conservación de 50%. Al considerar la complementariedad, la Costa Pacífica Mexicana con un valor de 2 y un porcentaje de conservación de 14% es la segunda prioridad de conservación. Al considerar ambas provincias como prioritarias, se conserva el 64% de la diversidad total de tortugas continentales endémicas de México. La tercera prioridad de conservación podrían ser cinco provincias biogeográficas (Baja California, Sonora, Yucatán, Sierra Madre Occidental y Golfo de México) debido a que presentan una especie respectivamente, por lo que se decidió tomar únicamente las 2 primeras prioridades de conservación (Cuadro 3).

Cuadro 2.- Distribución geográfica de las 42 especies de tortugas continentales de México en las provincias biogeográficas. A la izquierda se muestra la filogenia tomada de Iverson et al. (1991); modificada por Muñoz-Muñoz (2015). (P1) provincia con mayor valor (rojo), primera prioridad de conservación. (P2) y (P3) valores más altos con respecto al análisis de complementariedad, segunda y tercera prioridad de conservación. Las provincias biogeográficas se abrevian de las siguiente manera: CA= California, BC= Baja California, SON= Sonora, ALT= Altiplano Mexicano, TAM= Tamaulipas, YUC= Yucatán, SMO= Sierra Madre Occidental, SME= Sierra Madre Oriental, TRA= Eje Volcánico Transmexicano, SMS= Sierra Madre del Sur, BAL= Cuenca del Balsas, PAC= Costa Pacífica Mexicana, GOL= Golfo de México, CHI= Chiapas. *= Presencia en la provincia biogeográfica.

ESPECIE	CA	BC	SON	ALT	TAM	YUC	SMO	SME	TRA	SMS	BAL	PAC	GOL	CHI
<i>Apalone spinifera</i>				*	*								*	
<i>A. atra</i>				*										
<i>Chelydra rossignoni</i>												*	*	*
<i>Dermatemys mawii</i>						*						*	*	*
<i>Claudius angustatus</i>						*							*	
<i>Staurotypus triporcatus</i>						*							*	
<i>S. salvinii</i>												*		*
<i>Kinosternon flavescens</i>				*	*								*	
<i>K. arizonense</i>			*											
<i>K. durangoense</i>			*	*			*							
<i>K. leucostomum</i>						*						*	*	*
<i>K. alamosae</i>			*				*							
<i>K. scorpoides</i>						*				*			*	*
<i>K. oaxacae</i>												*		
<i>K. chimalhuaca</i>												*		
<i>K. integrum</i>			*	*			*	*	*	*		*		
<i>K. hirtipes</i>						*							*	
<i>K. sonoriense</i>			*	*			*						*	
<i>K. herrerae</i>				*				*					*	
<i>K. creaseri</i>									*				*	
<i>K. acutum</i>							*							
<i>Actinemys marmorata</i>	*	*												
<i>Terrapene mexicana</i>													*	
<i>T. yucatana</i>						*								
<i>T. coahuila</i>				*										
<i>T. ornata</i>				*										
<i>T. nelsoni</i>			*				*					*		
<i>Chrysemys picta</i>				*										
<i>Pseudemys gorzugi</i>				*	*									
<i>Trachemys scripta</i>					*								*	
<i>T. taylori</i>				*										
<i>T. nebulosa</i>		*												
<i>T. ornata</i>														
<i>T. gaigeae</i>				*			*							
<i>T. yaquia</i>			*				*							
<i>T. venusta</i>						*						*	*	*
<i>Gopherus flavomarginatus</i>				*										
<i>G. berlandieri</i>				*	*		*						*	
<i>G. morafkai</i>			*				*							
<i>Rhinoclemmys areolata</i>						*				*			*	
<i>R. rubida</i>									*	*	*	*		
<i>R. pulcherrima</i>			*									*	*	
TOTAL	1	2	9	15	5	9	10	2	3	4	1	11	17	6
42 (100%)	(2.3%)	(4.7%)	(21.4%)	(35.7%)	(11.9%)	(21.4%)	(23.8)	(4.7%)	(7.1%)	(9.5%)	(2.3%)	(26.2%)	(40.5%)	(14.3%)
P1	1	2	9	15	5	9	10	2	3	4	1	11	17	6
17 (40.5%)														
P2	1	2	8	11	1	1	9	1	2	2	1	7		1
11 (26.2%)														
P3	1	2	5		0	1	5	0	1	1	1	6		1
6 (14.28%)														

Cuadro 3.- Distribución geográfica de las 14 especies de tortugas continentales endémicas de las provincias biogeográficas. (P1) provincia con mayor valor (rojo), primera prioridad de conservación. (P2) y (P3) valores más altos (rojo) con respecto al análisis de complementariedad, segunda y tercera prioridad de conservación. Las provincias biogeográficas se abrevian de la siguiente manera: CA= California, BC= Baja California, SON= Sonora, ALT= Altiplano Mexicano, TAM= Tamaulipas, YUC= Yucatán, SMO= Sierra Madre Occidental, SME= Sierra Madre Oriental, TRA= Eje Volcánico Transmexicano, SMS= Sierra Madre del Sur, BAL= Cuenca del Balsas, PAC= Costa Pacífica Mexicana, GOL= Golfo de México, CHI= Chiapas. *= Presencia en la provincia biogeográfica.

ESPECIE	CA	BC	SON	ALT	TAM	YUC	SMO	SME	TRA	SMS	BAL	PAC	GOL	CHI
<i>Apalone atra</i>				*										
<i>Kinosternon arizonense</i>			*											
<i>K. oaxacae</i>												*		
<i>K. chimalhuaca</i>												*		
<i>K. acutum</i>							*							
<i>Terrapene mexicana</i>													*	
<i>T. yucatanana</i>						*								
<i>T. coahuila</i>				*										
<i>T. ornata</i>				*										
<i>Chrysemys picta</i>				*										
<i>Trachemys taylori</i>				*										
<i>T. nebulosa</i>		*												
<i>T. ornata</i>				*										
<i>Gopherus flavomarginatus</i>				*										
TOTAL 14 (100%)	0 (0%)	1 (7.1%)	1 (7.1%)	7 (50%)	0 (0%)	1 (7.1%)	1 (7.1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (14.2%)	1 (7.1%)	0 (0%)
P1 7 (50%)	0	1	1	7	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0
P2 2 (14.2%)	0	1	1		0	1	1	0	0	0	0	2	1	0
P3 1 (7.1%)	0	1	1		0	1	1	0	0	0	0		1	0

De acuerdo al criterio de vulnerabilidad, el cuadro 4 muestra que el Altiplano Mexicano es la primera prioridad de conservación con un valor de 12 y un porcentaje de conservación de 40%. Al considerar la complementariedad, la Costa Pacífica Mexicana es la segunda prioridad de conservación con un valor de 9 y un porcentaje de conservación de 30%, si se consideran estas dos provincias biogeográficas, se conserva el 70% de las especies.

La tercera prioridad de conservación podrían ser tres provincias biogeográficas (Baja California, Sonora, Yucatán y Golfo de México), debido a que presentan tres especies y un porcentaje de conservación de 10% respectivamente por lo que se decidió tomar únicamente las 2 primeras prioridades de conservación.

Cuadro 4.- Distribución geográfica de las 30 especies de tortugas continentales vulnerables de México, de acuerdo a la lista roja de la IUCN. (P1) provincia con mayor valor (rojo), primera prioridad de conservación. (P2) y (P3) valores más altos (rojo) con respecto al análisis de complementariedad, segunda y tercera prioridad de conservación. Las provincias biogeográficas se abrevian de la siguiente manera: CA= California, BC= Baja California, SON= Sonora, ALT= Altiplano Mexicano, TAM= Tamaulipas, YUC= Yucatán, SMO= Sierra Madre Occidental, SME= Sierra Madre Oriental, TRA= Eje Volcánico Transmexicano, SMS= Sierra Madre del Sur, BAL= Cuenca del Balsas, PAC= Costa Pacífica Mexicana, GOL= Golfo de México, CHI= Chiapas. *= Presencia en la provincia biogeográfica.

ESPECIE	CA	BC	SON	ALT	TAM	YUC	SMO	SME	TRA	SMS	BAL	PAC	GOL	CHI
<i>Apalone spinifera</i>				*										
<i>Chelydra rossignoni</i>												*		
<i>Dermatemys mawii</i>												*		
<i>Claudius angustatus</i>												*		
<i>Staurotypus triporcatus</i>												*		
<i>S. salvinii</i>												*		
<i>Kinosternon arizonense</i>			*											
<i>K. durangoense</i>				*										
<i>K. alamosae</i>			*											
<i>K. oaxacae</i>												*		
<i>K. chimalhuaca</i>												*		
<i>K. integrum</i>				*										
<i>K. sonoriense</i>				*										
<i>K. herrerae</i>				*										
<i>K. creaseri</i>						*			*				*	
<i>K. acutum</i>						*							*	
<i>K. hirtipes</i>				*										
<i>Actinemys marmorata</i>	*	*												
<i>Terrapene coahuila</i>				*										
<i>T. ornata</i>				*										
<i>T. nelsoni</i>												*		
<i>Chrysemys picta</i>				*										
<i>Pseudemys gorzugi</i>				*										
<i>Trachemys scripta</i>						*							*	
<i>T. nebulosa</i>		*												
<i>T. ornata</i>												*		
<i>T. gaigeae</i>				*										
<i>T. yaquia</i>			*				*							
<i>Rhinoclemmys areolata</i>						*				*			*	
<i>R. rubida</i>												*		
TOTAL 30 (100%)	1 (3.3%)	2 (6.7%)	5 (16.7%)	12 (40%)	3 (10%)	6 (20%)	5 (16.7%)	1 (3.3%)	5 (16.7%)	3 (10%)	1 (3.3%)	11 (36.7%)	10 (33.3%)	4 (13.3%)
P1 12 (40%)	1	2	5	12	3	6	5	1	5	3	1	11	10	4
P2 9 (30%)	1	2	4		1	6	2	0	1	2	0	9	7	4
P3 3 (10%)	1	2	3		1	3	1	0	0	1	0		3	0

c) Análisis de los criterios utilizados

Al evaluar los resultados obtenidos en cada criterio utilizado, se observa que en los cuatro criterios utilizados, se obtuvieron tres provincias biogeográficas en común el Altiplano Mexicano, la Costa Pacífica Mexicana y el Golfo de México.

El Altiplano Mexicano, se encuentra como primera prioridad de conservación con el criterio de endemismo y vulnerabilidad y como segunda prioridad con el criterio de riqueza de especies y el índice filogenético propuesto por Vane Wright et al. (1991). Por su parte, la Costa Pacífica Mexicana, se considera como segunda prioridad de conservación con el criterio de endemismo y vulnerabilidad y como tercera prioridad de conservación con los criterios de riqueza de especies y el índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991). Finalmente, el Golfo de México, se encuentra sustentado por dos criterios el índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991) y la riqueza de especies, en los cuales aparece como primera prioridad de conservación (Cuadro 5).

Debido a lo anterior, se considera que las tres provincias biogeográficas de mayor importancia para la conservación de las tortugas continentales son el Altiplano Mexicano, la Costa Pacífica Mexicana y el Golfo de México.

Cuadro 5.- Comparación de las provincias biogeográficas prioritarias obtenidas en cada uno de los criterios utilizados; índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991), la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad

Criterio	Índice filogenético propuesto por Van-Wright et al. (1991)	Riqueza de especies	Endemismo	Vulnerabilidad
1° Provincia prioritaria	Golfo de México	Golfo de México	Altiplano Mexicano	Altiplano Mexicano
2° Provincia prioritaria	Altiplano Mexicano	Altiplano Mexicano	Costa Pacífica Mexicana	Costa Pacífica Mexicana
3° Provincia prioritaria	Costa Pacífica Mexicana	Costa Pacífica Mexicana	-	-

d) Análisis de discrepancias

Al superponer las 15 especies de tortugas continentales que se distribuyen en el Altiplano Mexicano sobre el mapa de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México, se encontró que las ANP que contienen mayor diversidad de especies son: Cuatrociénegas con seis especies, Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 del Estado de Nayarit con cuatro especies y Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 004 Don Martín con tres especies (Cuadro 6). Sin embargo, en esta provincia biogeográfica, especies como *Kinosternon flavescens*, *K. durangoense*, *K. herrerae*, *Pseudemys gorzugi* y *Trachemys gaigeae* requieren mayor esfuerzos de conservación, debido a que la superficie de las Áreas Naturales Protegidas son limitadas con respecto a su distribución geográfica. Es importante mencionar que esta provincia biogeográfica cuenta con 21 Áreas Naturales Protegidas, de las cuales 5 de ellas albergan las 15 especies de tortugas continentales presentes en dicha provincia biogeográfica.

Cuadro 6.- Áreas Naturales Protegidas del Altiplano Mexicano que albergan la mayor diversidad de especies de tortugas continentales.

Área Natural Protegida (ANP)	Especies
Cuatrociénegas	<i>Apalone spinifera</i> <i>Apalone atra</i> <i>Terrapene coahuila</i> <i>Chrysemys picta</i> <i>Trachemys taylori</i> <i>Gopherus berlandieri</i>
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 del Estado de Nayarit	<i>Kinosternon durangoense</i> <i>Kinosternon integrum</i> <i>Kinosternon sonoriense</i> <i>Kinosternon herrerae</i>
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 004 Don Martín	<i>Kinosternon flavescens</i> <i>Pseudemys gorzugi</i> <i>Gopherus flavomarginatus</i>
Janos	<i>Terrapene ornata</i>
Cañón de Santa Elena	<i>Trachemys gaigeae</i>

En lo que respecta a la Costa Pacífica Mexicana, esta provincia cuenta con 30 Áreas Naturales Protegidas de las cuales en seis de ellas se encuentran distribuidas las 11 especies de tortugas continentales las cuales se distribuyen en dicha provincia biogeográfica. La Sepultura es el ANP de mayor importancia debido a que alberga cinco especies, seguido de la Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 del Estado de Nayarit con dos especies y finalmente la Encrucijada-el Triunfo, Huatulco, Zicuirán-Infiernillo y Chamela-Cuixmala con una especie respectivamente (Cuadro 7). Si bien, las 11 especies de tortugas continentales que se distribuyen en esta provincia biogeográfica se encuentran en alguna ANP, especies como *Chelydra rossignoni* y *Kinosternon oaxacae*, presentan una distribución geográfica que va más allá de los límites de las ANP, por lo que se requieren mayor esfuerzos de conservación para dichas especies.

Cuadro 7.- Áreas Naturales Protegidas de la Costa Pacífica Mexicana que albergan la mayor diversidad de especies de tortugas continentales.

Área Natural Protegida	Especies
La Sepultura	<i>Dermatemys mawii</i> <i>Rhinoclemmys pulcherrima</i> <i>Chelydra rossignoni</i> <i>Kinosternon leucostomum</i> <i>Trachemys venusta</i>
Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 del Estado de Nayarit.	<i>Kinosternon integrum</i> <i>Terrapene nelsoni</i>
La Encrucijada, el Triunfo	<i>Staurotypus salvinii</i>
Huatulco	<i>Kinosternon oaxacae</i>
Isla la Pajarera	<i>Rhinoclemmys rubida</i>
Chamela-Cuixmala	<i>Kinosternon chimalhuaca</i>

Por otra parte, seis especies de tortugas continentales se encuentran distribuidas en el Golfo de México, las cuales se encuentran en más de tres áreas naturales protegidas. Esta provincia biogeográfica cuenta con 25 Áreas Naturales Protegidas, de las cuales en cuatro de ellas se puede encontrar las seis especies de tortugas

continentales. Las ANP que contienen mayor diversidad de especies son: los Tuxtlas con cuatro especies y Laguna de Términos, Sian Ka'an y Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan con una especie respectivamente (Cuadro 8).

Cuadro 8.- Áreas Naturales Protegidas del Golfo de México que albergan la mayor diversidad de especies de tortugas continentales

Áreas Naturales Protegidas (ANPs)	Especies
Los Tuxtlas	<i>Claudius angustatus</i> <i>Staurotypus triporcatus</i> <i>Kinosternon scorpioides</i> <i>Trachemys scripta</i>
Laguna de términos	<i>Rhinoclemmys areolata</i>
Sian Ka'án	<i>Kinosternon scorpioides</i>
Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan	<i>Terrapene mexicana</i>

DISCUSIÓN

En este trabajo, al considerar cuatro criterios biogeográficos, se busca tomar la decisión más acertada en cuanto a la elección de las provincias biogeográficas más importantes para la conservación de las tortugas dulceacuícolas de México. Contreras-Medina et al. (2008) señalan que la utilización de diversos criterios biogeográficos dentro de una misma metodología, incrementa la posibilidad de obtener las mismas prioridades de conservación.

Según el índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al. (1991), con respecto al valor estandarizado del peso taxonómico básico se privilegia la conservación de las especies basales. Los resultados obtenidos muestran lo antes mencionado, debido a que especies como *Apalone spinifera*, *A. atra* y *Dermatemys mawii* son las especies más basales las cuales presentan mayor peso taxonómico. En este criterio se obtuvo que el Golfo de México, el Altiplano Mexicano y la Costa Pacífica Mexicana son la primera, segunda y tercera prioridad de conservación para las tortugas continentales de México. Resultados similares se han obtenido en algunos trabajos de conservación realizados con otros grupos de estudio, por ejemplo,

(Medina-Romero et al., 2012) con mamíferos, (Salinas-Gutiérrez, 2003) con lepidópteros y (Eguiarte et al., 1999) con cactáceas. Por su parte, Medina-Romero et al., 2012, propusieron al menos cinco provincias biogeográficas importantes para la conservación de mamíferos, entre estas provincias destacan el Golfo de México y la Costa Pacífica Mexicana. Para la conservación de lepidópteros Salinas-Gutiérrez, 2003, identificaron la Reserva de la Biósfera los Tuxtlas, como área de mayor riqueza de estos organismos. Dicha reserva pertenece a la provincia biogeográfica del Golfo de México. En lo que respecta a la conservación de cactáceas, Eguiarte et al. (1999), propusieron una parte del desierto chihuahuense como sitio importante para la conservación de cactáceas endémicas de México, este sitio, localizado en el Altiplano Mexicano.

Si bien la riqueza de especies es uno de los criterios más utilizados para llevar a cabo la conservación de las especies mediante la priorización de provincias biogeográficas, se considera erróneo utilizar únicamente este criterio para tomar decisiones de conservación, pues se requiere considerar de igual manera especies endémicas y vulnerables, debido a que dichos criterios poseen un valor adicional en cuanto a la conservación de cualquier especie (Fox y Beckley, 2005). Existen algunos trabajos que refuerzan la idea anterior. Por ejemplo, Eguiarte et al. (1999); utilizaron el endemismo, la diversidad filogenética y la vulnerabilidad para la conservación de *Agave victoriae-reginae*. Escalante (2003) empleó la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad para determinar provincias prioritarias para la conservación de mamíferos terrestres de México. Santos-Barrera et al. (2004) utilizaron la riqueza de especies, el endemismo y la vulnerabilidad para la conservación de anfibios y reptiles de México. Mientras que Torres-Miranda et al. (2011) utilizaron la riqueza de especies y endemismo como criterios para llevar a cabo la conservación de *Quercus*. Según Escalante (2003), las estrategias para determinar prioridades de conservación deben de incluir el mayor número de criterios biogeográficos, lo cual permite tener propuestas de conservación bien sustentadas.

De igual manera, la utilización del análisis de complementariedad en cada criterio permitió seleccionar aquellas provincias biogeográficas complementarias, las cuales incluyen la mayor diversidad posible. Este análisis ha sido utilizado con otros grupos biológicos para llevar a cabo la priorización de provincias para su conservación. Autores como Álvarez y Morrone (2004), Ceballos (1999), Arita y Santos del Prado (1999), García-Marmolejo et al. (2008), Lira et al. (2002) y Torres-Miranda et al. (2011) han empleado diferentes criterios biogeográficos junto con la utilización del análisis de complementariedad para llevar a cabo la conservación de aves, mamíferos, plantas, entre otros.

Al analizar los resultados obtenidos con los cuatro criterios utilizados en este trabajo (índice filogenético propuesto por Vane-Wright et al., 1991, riqueza de especies, endemismo y vulnerabilidad), se concluyó que las provincias biogeográficas más importantes para la conservación de las tortugas continentales de México son el Altiplano Mexicano, la Costa Pacífica Mexicana y el Golfo de México. Resultados similares se obtuvieron en el trabajo realizado por Ippi y Flores (2001), quienes identificaron dos áreas de endemismo para las tortugas continentales de México, la primera área de endemismo se encuentra en el Altiplano Mexicano y la segunda en la península de Yucatán y Golfo de México. Sin embargo, se sabe que estas provincias biogeográficas representan grandes extensiones territoriales, y que conservarlas en su totalidad sería un reto casi imposible. No obstante, cada provincia biogeográfica cuenta con Áreas Naturales Protegidas las cuales tienen como objetivo mantener los ecosistemas más representativos de México y su biodiversidad mediante su conservación. Por ejemplo, el Altiplano Mexicano, cuenta con 21 ANP, la Costa Pacífica Mexicana con 30 ANP y el Golfo de México con 25 ANP (CONANP, 2016). La utilización del análisis de discrepancias permitió conocer las ANP de mayor importancia en cada provincia biogeográfica prioritaria. Los resultados mostraron que para el Altiplano Mexicano el Área Natural Protegida de mayor importancia es Cuatrociénegas, debido a que alberga seis especies de tortugas continentales, tres de ellas endémicas. Esta Área Natural Protegida contiene alrededor de 1100 especies de plantas y animales así como 77 especies endémicas que incluyen cuatro anfibios, cuatro reptiles (tres tortugas continentales),

siete crustáceos, ocho peces, nueve moluscos, cuatro alacranes y un insecto. Su elevado endemismo se debe a que esta área presenta una gran diversidad de hábitats, así como una excelente estabilidad ambiental y un extraordinario aislamiento biogeográfico. Además es importante destacar que cerca del 40% de su diversidad se encuentra bajo protección especial (CONANP, 2014).

Con respecto a la Costa Pacífica Mexicana, la Reserva de la Biósfera la Sepultura, se consideró como el área de mayor importancia para la conservación de las tortugas continentales, debido a que alberga al menos cinco especies de tortugas continentales. Además, se tienen registros de 407 especies de plantas vasculares, 400 especies de vertebrados terrestres: 24 especies de anfibios, 49 de reptiles, 236 de aves y 97 de mamíferos que en conjunto representan el 33.5% de las especies reportadas para Chiapas y el 15.25% de los reportados para el país. Esta enorme diversidad, se debe a que la reserva presenta una variedad altitudinal, topográfica, climática y edáfica, así como por la influencia de las faunas de Norte y Sudamérica que convergen en dicho sitio (CONANP, 2016).

Los Tuxtlas, Reserva de la Biósfera perteneciente al Golfo de México, alberga cuatro especies de tortugas continentales, por lo que se considera el Área Natural Protegida de mayor importancia de dicha provincia biogeográfica. Los Tuxtlas, poseen alrededor de 565 especies de aves, 120 especies de reptiles, 46 especies de anfibios y más de 1000 invertebrados. De estas especies cerca de 140 están bajo algún grado de protección y al menos 20 son endémicas. Esta gran diversidad, comparable con pocas áreas de México, se debe a que presenta una posición geográfica privilegiada la cual contiene una variada gama de condiciones climáticas y suelos lo cual favorece la diversificación de hábitats y paisajes (CONANP, 2008).

A pesar de las extraordinarias condiciones que presentan estas Áreas Naturales Protegidas para albergar no solo a las tortugas continentales si no a otros grupos biológicos, la mayoría de estos sitios no cumplen con las características básicas para mantener las poblaciones viables a largo plazo, por lo que ciertas especies no presentan una conservación adecuada, debido a que su distribución no se limita a la superficie territorial de las Áreas Naturales Protegidas existentes.

Hoy en día, el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINANP) pretende incorporar nuevos sitios que permitan una representatividad equitativa de las diferentes provincias biogeográficas de México al considerar criterios como el hábitat, el endemismo y la vulnerabilidad, con la finalidad de ampliar la conservación de las especies más representativas de México (SINANP, 2014).

Ahora bien, en este trabajo no se pretende desplazar a los criterios ya existentes con fines de conservación o darle mayor importancia a las metodologías biogeográficas, simplemente se busca que la biogeografía sea una herramienta que proporcione información adicional a la ya existente con la finalidad de reforzar la conservación de las tortugas continentales de México, debido a que existen pocos proyectos de conservación que son destinados para este fin.

CONCLUSIONES

- De acuerdo con los cuatro criterios empleados, se identificaron tres provincias prioritarias para la conservación de las tortugas continentales de México: el Altiplano Mexicano, la Costa Pacífica Mexicana y el Golfo de México.
- Las Áreas Naturales Protegidas de México conservan más del 80% de las tortugas continentales presentes en las provincias biogeográficas propuestas como prioridades para la conservación.
- Las Áreas Naturales Protegidas de mayor importancia para la conservación de las tortugas continentales son: Cuatrociénegas en el Altiplano Mexicano, la Sepultura en la Costa Pacífica Mexicana y los Tuxtlas en el Golfo de México.

LITERATURA CITADA

Álvarez, E. y J. J. Morrone. 2004. Propuesta de áreas para la conservación de aves de México, empleando herramientas panbiogeográficas e índices de complementariedad. *Interciencia*, 29: 80-90.

Arita, H. T. y K. Santos del Prado. 1999. Conservation biology of nectar-feeding bats in México. *Journal of Mammalogy*, 80: 31-41.

Buhlmann, K. A., T. S. Akre., J. B. Iverson., D. Karapatakis., R. A. Mittermeier., A. Georges., A. G. Rhdin., P. P. Van Dijk. y J. W. Gibbons. 2009. A global analysis of tortoise and freshwater turtle distributions with identification of priority conservation areas. *Chelonia Conservation and Biology*, 8: 116-149.

Burley, F. W. 1988. Monitoring biological diversity for setting priorities in conservation. In: *Biodiversity*, 227-230. Edited by E. O Wilson. National Academy Press, Washington, D. C. 521 pp.

Ceballos, G. 1999. Áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos de México. *Biodiversitas*, 27: 2-8.

Ceballos, G. 2009. Zonas críticas y de alto riesgo para la conservación de la biodiversidad de México. *Capital natural de México*, 2: 575-600.

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2008. ¿Qué es un país megadiverso? <http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/>; último acceso: 28-02-2016.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2007. Mapa de las Áreas Naturales Protegidas de México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. <http://www.conanp.gob.mx/regionales/>; último acceso: 02-03-2016.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2008. Programa de conservación y manejo de la reserva de la biósfera los Tuxtlas. Salinas impresores. México, D. F. 293 p.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2014. Áreas protegidas decretadas. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/; último acceso: 05-03-2016.

CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2016. La sepultura, Reserva de la Biósfera. <https://simec.conanp.gob.mx/ficha.php?anp=171&=11>; último acceso: 01-04-2016.

Contreras-Medina, R., J. J. Morrone. e I. Luna. 2001. Biogeographic methods identify gymnosperm biodiversity hotspots. *Naturwissenschaften*, 88: 427-430.

Crisci, J., L. Katinas. y P. Posadas. 2000. Introducción a la teoría y la práctica de la biogeografía histórica. Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires, Argentina. 169 pp.

Crisci, J., L. Katinas. y P. Posadas. 2003. Historical biogeography: an introduction. Harvard University Press. Cambridge, MA. 264 pp.

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

Escalante, 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 Nacional Autónoma de México. Serie Zoología*, 74: 211-237.

ESRI. 1998. ArcView GIS 3.2. Environmental Systems Research Institute. Redlands, CA, EEUU.

Faith, D. P. 1994. Phylogenetic diversity: A general framework for the prediction of feature diversity. *Systematics and conservation evaluation*. Clarendon Press. Oxford, RU. 251-268.

- Faith, D. P. y P. A. Walker. 1996. How do indicator groups provide information about the relative biodiversity of different sets of areas? On hotspots, complementarity and patterns-based approaches. *Biodiversity Letters*, 3: 18-25.
- Ferraro, P. J. y H. Gjertsen. 2009. A Global review of recent payments for Sea Turtle Conservation. *Chelonia Conservation and Biology*, 8: 48-56.
- FitzSimmons, N. y K. M. Hart. 2007. Genetic studies of freshwater turtle and tortoise: a review of the past 70 years. *Chelonian Research Foundation*, 4: 15-46.
- Fox, N. J. y L. E. Beckley. 2005. Priority areas for conservation of western Australian coastal fishes: A comparison of hotspot, biogeographical and complementarity approaches. *Biological Conservation*, 125: 399–410.
- García-Marmolejo, G., T. Escalante. y J. J. Morrone. 2008. Establecimiento de prioridades para la conservación de mamíferos terrestres neotropicales de México. *Mastozoología Neotropical*, 15: 41-65.
- Google Earth. 2014. Virtual globe, map and geographical information program.
- Hernández, H. M. y R. T. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahua Desert: I Distribution Patterns. *Conservation Biology*, 9:1176- 1188.
- Ippi, S. y V. Flores. 2001. Las tortugas neotropicales y sus áreas de endemismo. *Acta Zoológica Mexicana*, 84: 49-63.
- Iverson, J. B. 1988. Distribution and status of Creaser's mud turtle (*Kinosternon creaseri*). *Herpetological journal*, 1: 285-291.
- Iverson, J. B. 1991a. Life history and demography of the yellow mud turtle, *Kinosternon flavescens*. *Herpetologica*, 47: 371-393.
- Iverson, J. B. 1999. Reproduction in the Mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*). *Journal Herpetology*, 33: 145-149.
- Iverson, J. B., R. M. Brown., T. S. Akre., T. J. Near., M. Le., R. C. Thomson. y D. E. Starkey. 2007. In search of the life for turtles. *Chelonian Research Monographs*, 4:85-106.

Iverson, J. B. 2008. *Kinosternon scorpioides abaxillare* (central Chiapas mud turtle): size growth and reproduction. *Herpetological Review*, 39: 217-218.

Iverson, J. B. 2010. Reproduction in the red-cheeked mud turtle *Kinosternon scorpioides cruentatum* in Southeastern Mexico and Belize, with comparisons across the species range. *Chelonia Conservation and Biology*, 9: 250-261.

Laparra-Torres, K., A. A. Hernández-Franyutti., M. C. Uribe-Aranzábal. y U. Hernández-Vidal. 2011. Características reproductoras de la tortuga dulceacuícola hicotea (*Trachemys venusta*). *KUXULKAB*”, 17: 43-49.

Lira, R., J. L. Villaseñor. y E. Ortíz. 2002. A proposal for the conservation of the family Curcubitaceae in Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1699-1720.

Macip-Rios, R., V. H. Sustaita-Rodríguez., G. Barrios-Quiroz. y G. Casas-Andreu. 2010. Alimentary habits of the Mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*) in tonatico, Estado de México. *Chelonian Conservation and Biology*, 9: 90-97.

Macip-Rios R., P. Brauer-Robleda., J. J. Zúñiga-Vega. y G. Casas-Andreu. 2011. Demography of two populations of the Mexican mud turtle (*Kinosternon integrum*) in central Mexico. *The Herpetological Journal*, 21: 235-245.

Macip-Ríos, R., R. Ontiveros., S. López-Alcaide. y G. Casas-Andreu. 2015. The conservation status of the freshwater and terrestrial turtles of Mexico: a critical review of biodiversity conservation strategies. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86: 1048-1057.

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

Moll, D. 1990. Population sizes and foraging ecology in a tropical freshwater stream turtle community. *Journal of Herpetology*, 24:48–53.

Morales-Verdeja, S. A. y R. C. Vogt. 1997. Terrestrial movements in relation to aestivation and the annual reproductive cycle of *Kinosternon leucostomum*. *Copeia*, 1997: 123–130.

Morrone, J. J. y D. Espinosa. 1998. La relevancia de los atlas biogeográficos para la conservación de la biodiversidad mexicana. *Ciencia*, 42: 12-16.

Morrone, J. J. 2001a. Biogeografía de América Latina y el Caribe. Manuales y Tesis SEA 3, Zaragoza (España). 148 p.

Morrone, J. J. 2001b. Toward a cladistic model for the Caribbean subregion: delimitation of areas of endemism. *Caldasia*, 23: 43-76.

Morrone, J. J. 2004a. Homología biogeográfica: las coordenadas espaciales de la vida. Cuadernos del Instituto de Biología 37. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. 199 p.

Morrone, J. J. 2004b. Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileira de entomología*, 48: 149-162.

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

Phillips, C. A., W. W. Dimmick. y J. L. Carr. 1996. Conservation genetics of the common snapping turtle (*Chelydra serpentina*). *Conservation Biology*, 10: 397-405.

Posadas, P., D. R. Miranda-Esquivel. y J. V. Crisci. 2001. Using phylogenetic diversity measures to set priorities in conservation: an example for southern south America. *Conservation Biology*, 15:1325-1334.

Reyes-Velasco, J., J. B. Iverson. y O. Flores-Villela. 2013. The conservation status of several endemic Mexican Kinosternid turtles. *Chelonia Conservation and Biology*, 12: 203-208.

Rueda-Almonacid, J. V., J. L. Carr., R. A. Mittermeier., J. V. Rodríguez-Mahecha., R. B. Mast., R. C. Vogt., A. G. Rhodin., J. de la Ossa-Velázquez., J. N. Rueda. y C. G. Mittermeier. 2007. Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico. Serie de guías tropicales de campo N° 6. Conservación Internacional. Ed. Panamericana. Bogotá, Colombia. 538 pp

- Santos-Barrera, G., J. Pacheco. y G. Ceballos. 2004. Áreas prioritarias para la conservación de los reptiles y anfibios de México. *Biodiversitas*, 57: 1-6.
- Saunders, D. L., J. J. Meeuwig. y A. C. Vincent. 1999. Freshwater protected areas: strategies for conservation. *Conservation Biology*, 16: 30-41.
- Salinas-Gutiérrez, J. L. 2003. Índices filogenéticos para la conservación, una discusión del método. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología*, 74: 21-34.
- Simonetti, J. A. y R. Dirzo. 2011. Conservación biológica: perspectivas desde América latina. Ed. Universitaria. Santiago de Chile. 109-125 p.
- SINANP (Sistema de Áreas Naturales Protegidas). 2014. Programas de manejo. http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/sinap.php; último acceso: 31-03-2016.
- Torres-Miranda, A., I. Luna-Vega. y K. Oyama. 2011. Conservation biogeography of red oaks (*Quercus*, section *Lobatae*) in Mexico and Central America. *American Journal of Botany*, 98: 290-305.
- Turtle Conservation Fund. 2002. A global action plan for conservation of tortoises and freshwater turtles. Strategy and funding prospectus 2002-2007. Washington, DC: Conservation International and Chelonian Research Foundation. 30 p.
- Vane-Wright, R., C. Humphries. y P. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation*, 55: 235-254.
- Vázquez-Gómez, A. G., M. Harfush. y R. Macip-Rios. 2015. Notes on the reproductive ecology of the Oaxaca mud turtle (*Kinosternon oaxacae*) in the vicinity of Mazunte, México. *Acta Herpetologica*, 10: 121-124.
- Vogt, R. C. y O. Flores-Villela. 1992. Effects of incubation temperature on sex determination in a community of neotropical freshwater turtles in southern México. *Herpetologica*, 48: 265-270.

Wilson, D. L., V. Mata-Silva. y J. D. Jhonson. 2013. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian & Reptile Conservation*, 7: 1-47.

Wittaker, R. J., M. B. Araujo., P. Jepson., R. J. Ladle., J. E. M. Watson. y K. J. Willis. 2005. Conservation biogeography: assessment and prospect. *Diversity and Distribution*, 11: 3-23.

ANEXO 1.- Lista de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México

Reservas de la Biósfera (41)

- 1.-Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado
- 2.-Archipiélago de Revillagigedo
- 3.- Arrecifes de Sian Ka'an
- 4.-Banco Chinchorro
- 5.-Barranca de Metztitlán
- 6.-Calakmul
- 7.- Chamela-Cuixmala
- 8.- Complejo Lagunar Ojo de Liebre
- 9.-El Pinacate y Gran Desierto de Altar
- 10.-El Triunfo
- 11.-El Vizcaíno
- 12.-Isla Guadalupe
- 13.-Isla San Pedro Mártir
- 14.-Islas Mariás
- 15.-Janos
- 16.-La Encrucijada
- 17.-La Michilía
- 18.-La Sepultura
- 19.-Lacan-Tun
- 20.-Los Petenes
- 21.-Los tuxtlas
- 22.-Mapimí
- 23.-Mariposa Monarca
- 24.-Marismas Nacionales Nayarit
- 25.-Montes Azules
- 26.-Pantanos de Centla
- 27.-Ría Celestún
- 28.-Ría Lagartos
- 29.-Selva El Ocote
- 30.-Sian Ka'an
- 31.-Sierra de Huautla
- 32.-Sierra de Manantlán
- 33.-Sierra del Abra Tanchipa
- 34.-Sierra Gorda
- 35.-Sierra Gorda de Guanajuato
- 36.-Sierra La Laguna
- 37.-Tehuacán-Cuicatlán
- 38.-Tiburón Ballena
- 39.-Volcán Tacaná
- 40.-Zicuirán-Infiernillo
- 41.-Zona marina Bahía de los Ángeles, canales de Ballenas y de Salsipuedes

Parques Nacionales (66)

- 1.-Arrecife Alacranes
- 2.-Arrecife de Puerto Morelos
- 3.-Arrecifes de Cozumel

- 4.-Arrecifes de Xcalak
- 5.-Bahía de Loreto
- 6.-Barranca del Cupatitzio
- 7.-Benito Juárez
- 8.-Bosencheve
- 9.-Cabo Pulmo
- 10.-Cañón del Río Blanco
- 11.-Cañón del Sumidero
- 12.-Cascada de Bassaseachic
- 13.-Cerro de Garnica
- 14.-Cerro de La Estrella
- 15.-Cerro de Las Campanas
- 16.-Cofre de Perote o Nauhcampatépétl
- 17.-Constitución de 1857
- 18.-Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc
- 19.-Cumbres de Majalca
- 20.-Cumbres de Monterrey
- 21.-Cumbres del Ajusco
- 22.-Desierto de los Leones
- 23.-Desierto del Carmen o de Nixcongo
- 24.-Dzibilchantún
- 25.-El Chico
- 26.-El Cimatario
- 27.-El Histórico Coyoacán
- 28.-El Potosí
- 29.-El Sabinal
- 30.-El Tepeyac
- 31.-El Tepozteco
- 32.-El Veladero
- 33.-Fuentes Brotantes de Tlalpan
- 34.-General Juan Álvarez
- 35.-Gogorrón
- 36.-Grutas de Cacahuamilpa
- 37.-Huatulco
- 38.-Insurgente José María Morelos
- 39.-Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla
- 40.-Isla Contoy
- 41.-Isla Isabel
- 42.-Islas Marietas
- 43.-Iztaccíhuatl-Popocatepétl
- 44.-La Montaña Malinche o Matlalcuéyatl
- 45.-Lago de Camécuaro
- 46.-Lagunas de Chacahua
- 47.-Lagunas de Montebello
- 48.-Lagunas de Zempoala
- 49.-Lomas de Padierna
- 50.-Los Mármoles
- 51.-Los Novillos
- 52.-Los Remedios
- 53.-Molino de Flores Netzahualcóyotl
- 54.-Palenque

- 55.-Pico de Orizaba
- 56.-Rayón
- 57.-Sacromonte
- 58.-Sierra de Órganos
- 59.-Sierra de San Pedro Mártir
- 60.-Sistema Arrecifal Veracruzano
- 61.-Tula
- 62.-Tulum
- 63.-Volcán Nevado de Colima
- 64.-Xicoténcatl
- 65.-Zona marina del Archipiélago de Espíritu Santo
- 66.-Zona marina del Archipiélago de San Lorenzo

Monumentos Naturales (5)

- 1.-Bonampak
- 2.-Cerro de la Silla
- 3.-Río Bravo del Norte
- 4.-Yagul
- 5.-Yaxchilán

Áreas de Protección de Recursos Naturales (8)

- 1.-Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 001 Pabellón
- 2.-Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 004 Don Martín
- 3.-Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 026 Bajo Río San Juan
- 4.-Cuenca Alimentadora del Distrito Nacional de Riego 043 Estado de Nayarit
- 5.-Las Huertas
- 6.-Zona de Protección Forestal en los terrenos que se encuentran en los municipios de La Concordia, Angel Albino Corzo, Villa Flores y Jiquipilas
- 7.-Zona Protectora Forestal los terrenos constitutivos de las cuencas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec
- 8.-Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa

Áreas de Protección de Flora y Fauna (39)

- 1.-Bala'an K'aax
- 2.-Balandra
- 3.-Boquerón de Tonalá
- 4.-Cabo San Lucas
- 5.-Campo Verde
- 6.-Cañón de Santa Elena
- 7.-Cañón del Usumacinta
- 8.-Cascada de Agua Azul
- 9.-Chan-Kin
- 10.- Ciénegas del Lerma
- 11.-Corredor Biológico Chichinautzin
- 12.-Cuatrociénegas
- 13.-El Jabalí
- 14.-Islas del Golfo de California

- 15.-La porción norte y la franja costera oriental, terrestres y marinas de la Isla de Cozumel
- 16.-La Primavera
- 17.-Laguna de Términos
- 18.-Laguna Madre y Delta del Río Bravo
- 19.-Maderas del Carmen
- 20.-Manglares de Nichupté
- 21.-Médanos de Samalayuca
- 22.-Meseta de Cacaxtla
- 23.-Metzabok
- 24.-Nahá
- 25.-Nevado de Toluca
- 26.-Ocampo
- 27.-Otoch
- 28.-Ma'ax Yetel Kooh
- 29.-Papigochic
- 30.-Pico de Tancítaro
- 31.-Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui
- 32.-Sierra de Álvarez
- 33.-Sierra de Quila
- 34.-Sierra La Mojonera
- 35.-Tutuaca
- 36.-Uaymil
- 37.-Valle de los Cirios
- 38.-Yum Balam
- 39.-Cerro Mohinora

Santuarios (18)

- 1.-Islas La Pajarera, Cocinas, Mamut, Colorada, San Pedro, San Agustín, San Andrés y Negrita, y los islotes Los Anegados, Novillas, Mosca y Submarino
- 2.-Playa adyacente a la localidad denominada Río Lagartos
- 3.-Playa Ceuta
- 4.-Playa Cuitzmala
- 5.-Playa de Escobilla
- 6.-Playa de la Bahía de Chacahua
- 7.-Playa de la Isla Contoy
- 8.-Playa de Maruata y Colola
- 9.-Playa de Mismaloya
- 10.-Playa de Puerto Arista
- 11.-Playa de Rancho Nuevo
- 12.-Playa de Tierra Colorada
- 13.-Playa El Tecuán
- 14.-Playa El Verde Camacho
- 15.-Playa Mexiquillo
- 16.-Playa Piedra de Tlacoyunque
- 17.-Playa Teopa
- 18.-Ventilas Hidrotermales de la Cuenca de Guaymas y de la Dorsal del Pacífico Oriental