



Universidad Autónoma del Estado de México

UAEM

Facultad de Planeación Urbana Y Regional



**“Variación Geográfica en *Phrynosoma orbiculare*:
Relación entre Características Bióticas y Abióticas”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES**

PRESENTA:

Mario Arturo Alcántara Díaz

Directores de Tesis:

Dra. Ruth Moreno Barajas

Dr. Felipe de Jesús Rodríguez Romero

Toluca, Estado de México, Noviembre de 2014

Dedicado a:

A mi mejor amigo, doctor, consejero, padre y Madre.

*Esto es dedicado a ti Mama Mari; **María Palacios Canales**... mi Pajarita.*

*Pues fuiste tú quien me enseñó a no retirarme hasta terminar las cosas, a no temarle a nada, incluso a tu ausencia física, a levantarme siempre que cayera y a ser siempre una mejor persona, pues, como tu decías;
¡represento lo que eras, eres y serás!*

Este trabajo está dedicado al gran compromiso que tuviste conmigo, pues siempre estuviste cuando te necesite, gracias por todas esas palabras que encontraste para motivarme y porque mi infancia está llena de hermosos recuerdos gracias a ti.

Gracias por todo lo que hiciste para animarme cuando enferme.

Gracias por creer en mí, incluso cuando ni yo creía en mí, gracias por la mejor comida que he probado, gracias por tus consejos (incluso los malos), los sueños y promesas.

Y aunque no hay manera ni palabra que exista para agradecerte todo lo que hiciste por mí:

Te agradezco mucho la forma en que me criaste y todo el amor extra que dejaste.

Amor y fortaleza.



Agradecimientos:

A mis Mamás; Mamá Malena y mi Mamá Ana, por enseñarme que todo se puede lograr con actitud. Gracias por su paciencia, apoyo incondicional y sobre todo por su amor.

A mi mentora, DRA. Ruth Moreno Barajas por su paciencia, por todos sus consejos, por su tiempo y por todo lo que aprendí a su lado. Mi admiración hacia usted es enorme.

A la DRA. Martha Harfhus, MVZ. Agustín Álvarez Trillo, y a todos los que de alguna manera me transmitieron la pasión y respeto por la naturaleza.

A mis amigos (incluso los peludos y de cuatro patas) por enseñarme que la madurez es para las frutas.

Y a la vida que ha sido perfecta...

"Hay placer en los bosques sin senderos, hay éxtasis en una costa solitaria. Está la soledad donde nadie se inmiscuye, por el océano profundo y la música con su rugido; No amo menos al hombre pero si más a la naturaleza."

—Lord Byron

Introducción	2
1. BIODIVERSIDAD	5
1.1 Importancia de la biodiversidad para el Hombre.	10
1.2. Los Reptiles y el Hombre.	14
2. LEYES DE PROTECCION A LA FAUNA	18
2.1 Internacionales	18
2.2 Nacionales.	23
2.2.1 Leyes Ambientales en México	23
2.2.2 Derecho Nacional Federal	24
3. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS REPTILES	27
3.1 Género <i>Phrynosoma</i> .	27
3.2 <i>Phrynosoma orbiculare</i>	29
4. Variación Geográfica y Estudios de Caso	31
4.1 Estudios de Caso	32
5. Importancia de los Estudios Respaldados con Sistemas de Información Geográfica	34
5.1 Estudios de Caso en el uso de Sistemas de Información Geográfica	36
6. JUSTIFICACIÓN	41
7. HIPÓTESIS	41
8. OBJETIVOS	42
9. MATERIAL Y MÉTODO	42
9.1 Colecciones de Organismos Analizados	42
9.2 Colecciones Analizadas	43
9.3 Construcción de la Base de Datos	43
9.4 Material Cartográfico Digital	43
9.5 Mapa de Distribución de <i>Phrynosoma orbiculare</i>	44
9.6 Análisis de los Factores Ambientales	44
10. RESULTADOS	45
11. Discusión	60
12. Conclusiones	70
13. Bibliografía	71
14. Anexos	78

Introducción

México es un país megadiverso, debido a que contiene una gran diversidad de ecosistemas, flora y fauna. Parte de la biodiversidad de México está compuesta por especies de reptiles, muchas de ellas endémicas y en peligro de extinción en gran medida por el deterioro de sus ecosistemas.

Por razones ambientales es muy importante la conservación de la biodiversidad, debido a que muchas especies que son componentes claves de los ecosistemas realizan funciones vitales como; la regulación de la composición gaseosa de la atmósfera, absorbiendo o fijando gases que están siendo liberados en altas tasas a la atmósfera por los procesos industriales. También intervienen en la generación y mantenimiento de los suelos, garantizando su fertilidad y manteniendo su capacidad de sustentar bosques y cultivos.

La biodiversidad no solo tiene una importancia ecológica sino también cultural, ya que los Aztecas, Zuni y Mayas han encontrado en la biodiversidad la manera de representar sus cosmogonías y sus deidades, las cuales han sido plasmadas en artesanías, cuentos, leyendas y tradiciones que hasta el día de hoy perduran.

La especie *Phrynosoma orbiculare*, es un reptil que forma parte de la riqueza cultural y natural de México y su distribución abarca varios estados de la República Mexicana, encontrando diversos ecosistemas, se encuentra en elevaciones desde los 1371 hasta 3352 metros, habita en zonas abiertas, entre plantas arbustivas crasas, pastos, yucas y plantas herbáceas (Montanucci, 1987). Su ocurrencia se extiende a lo largo de las planicies y Sierras del centro de México y hacia el norte a lo largo de los corredores de las tierras altas de la Sierra Madre Occidental y Oriental. Además, *P. orbiculare* tiene cinco subespecies descritas; *P. o. bradti* (Horowitz, 1955) que se distribuye hacia el oeste de Chihuahua, *P. o. durangoensis* (Horowitz, 1955) registrada para el suroeste de Durango, *P. o. orientale* (Horowitz, 1955) en el norte de la Sierra Madre Oriental, *P. o. cortezii* (Duméril y Bocourt, 1870) se distribuye en el sur de Zacatecas, zonas altas de

Jalisco, Hidalgo, Puebla y Veracruz y *P. o. orbiculare* (Linneaus, 1789) en el Distrito Federal, Tlaxcala y Estado de México (Horowitz, 1955).

Debido a que las subespecies de *P. orbiculare*, tienen una amplia distribución a lo largo del territorio Mexicano, es posible realizar un estudio de variación geográfica ya que nos permite analizar de qué manera diversos factores ambientales, tanto actuales, como históricos han actuado en su distribución. El conocimiento de la variación geográfica es muy importante, ya que permite conocer que ambientes tienen una mayor relación en la distribución de las especies y así poder dar prioridad en su conservación y restauración a fin de garantizar la supervivencia de las especies.

Es recurrente el hecho de no investigar la distribución de especies sin importancia comercial, hasta el momento en que las poblaciones son claramente afectadas. Debido a esto en el presente trabajo se analizará como varían geográficamente las especies de *P. orbiculare*, exponiendo así los factores ambientales que pueden explicar dicha variación. Por esta razón se propone utilizar un sistema de información Geográfica, basado en la combinación de datos geográficos y análisis para determinar dicha distribución en *P. orbiculare*, permitiendo conocer los factores ambientales más relevantes en su distribución de manera tal que no se ha reportado antes.

A partir de una base de datos que se elaboró con diferentes colecciones tanto nacionales como internacionales y con ayuda del Software ArcGIS se logró cartografiar la distribución geográfica de las subespecies de *P. orbiculare* en diversas localidades de 17 estados de la República Mexicana para así establecer tanto los factores bióticos como abióticos que están relacionados con la distribución de esta especie a lo largo del país.

Parte importante de este trabajo radica en el potencial que tienen los sistemas de información geográfica para el manejo y conservación de esta especie, debido a que los mapas, se pueden entender como una forma de visualizar las áreas más importantes para la protección de la especie y con ello poder jerarquizar las áreas

de acuerdo al endemismo de las subespecies. Así mismo esta herramienta permite identificar y analizar procesos de distribución y patrones de hábitat importantes para el desarrollo de estrategias de conservación como la creación de nuevas ANP, un Manejo Forestal sustentable o la generación de unidades de manejo ambiental que tengan como objetivo garantizar la conservación de biodiversidad relacionada con la especie, formar corredores biológicos y fomentar actividades de restauración basados en las preferencias del hábitat y la altitud de la especie.

1. BIODIVERSIDAD

La diversidad biológica no se encuentra distribuida de manera homogénea en todo el planeta, la variación latitudinal es un claro ejemplo que permite explicar esta diversidad, sin embargo, la latitud y otras tendencias naturales de variación espacial, contribuyen a la distribución heterogénea de la diversidad según la posición geográfica de las entidades políticas. Cierta número de países en los cuales la biodiversidad está particularmente representada, constituyen lo que se conoce como países megadiversos.

La idea de los países megadiversos se sugirió primero por el Biólogo Rusell Mittermeier, quien inicio con un énfasis primordial en los primates tropicales, posteriormente esta idea se extendió a todos los grupos de organismos. El concepto de países megadiversos está cerrado a los centros de diversidad, los cuales hacen referencia a la existencia de áreas con alta biodiversidad, particularmente, una alta cantidad de especies y elevada concentración de endemismos. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés) reconoce solamente 12 países megadiversos que albergan entre el 60% y 70% de la diversidad total del planeta.

México, ocupa el cuarto lugar en diversidad biológica a nivel mundial (Mittermeier, 1988), ocupa el segundo lugar a nivel mundial en reptiles (804 especies), el tercero en mamíferos (535 especies), el quinto en anfibios (361 especies) y plantas vasculares (23 424) y el octavo en aves (1096 especies). Además, una alta proporción de especies mexicanas son endémicas; es decir que su distribución está restringida al territorio mexicano. Casi 70% de los magueyes, 40% de los cactus y 20% de los encinos son endémicos de México (CONABIO, 2012).

Esta diversidad es consecuencia de la variada historia biogeográfica que ha dado como resultado diversos climas; un reino Neártico al norte y uno Neotropical al sur. Así también la accidentada topografía de México ha dado como resultado una gran variedad de hábitats y micro hábitats sujetos a condiciones ambientales variables. En consecuencia hay distintas condiciones ecológicas que permiten el establecimiento de distintas poblaciones animales aisladas en áreas pequeñas (Ramamoorthy, 1998).

Como ya se mencionó México es un país megadiverso, sin embargo es importante abordar el concepto de biodiversidad.

La convención de diversidad biológica (CDB) establece que “por ‘diversidad biológica’ se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, 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”.

De acuerdo con la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la biodiversidad se define como: “La variabilidad de Organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, 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”

Generalmente se considera la diversidad en tres diferentes niveles:

Diversidad genética. Por diversidad genética se entiende la variación de los genes dentro de cada especie. Esto abarca poblaciones determinadas de la misma especie o la variación genética de una población. La diversidad genética representa la variación heredable dentro y entre poblaciones de organismos. La función de la diversidad genética es la de mantener un reservorio de condiciones de variación de respuesta al medio, que permita la adaptación y la supervivencia. A mayor diversidad genética, las especies tienen mayores probabilidades de sobrevivir a cambios en el ambiente. Las especies con poca diversidad genética tienen mayor riesgo frente a esos cambios.

En general, cuando el tamaño de las poblaciones se reduce, aumenta la reproducción entre organismos emparentados (consanguinidad) y hay una reducción de la diversidad genética. En la actualidad el mantenimiento de una proporción importante de la diversidad biológica del mundo sólo parece ser posible a través del mantenimiento de los organismos en su estado silvestre y dentro de su gama existente. Ésta es generalmente preferible a otras líneas de acción porque permite la adaptación continua de las poblaciones en respuesta a los naturales procesos evolutivos y, en principio, la continuación de prácticas actuales de utilización (CONABIO, 2013).

La diversidad genética ha sido utilizada ampliamente en los procesos de selección artificial que han llevado a la domesticación de numerosas especies de plantas y animales. México es uno de los centros de origen y domesticación más importantes del mundo, en el que al menos 120 especies de plantas han sido domesticadas (Hernández-Xolocotzi, 1998)

Por ejemplo, de la especie de chile *Capsicum annuum* se conocen en México cerca de 10 variedades (entre ellas los chiles guajillo, mirasol, piquín, de árbol y manzano), además de las restantes cuatro especies nativas al territorio. De igual modo, el género *Phaseolus* (dentro del que se incluye al frijol común) está representado por 35 especies en México, y del de la calabaza (género *Cucurbita*) se conocen 21 especies en el territorio, cuatro de las cuales se cultivan ampliamente en todo el país. Destaca también el pariente silvestre del maíz (*Zea diploperennis*), el cual posee genes que le confieren resistencia a las distintas enfermedades que afectan a su pariente cultivado, lo que lo convierte en la única fuente de genes disponible para mejorar este importante cultivo (Ramamoorthy, 1998).

Diversidad de especies. Se refiere esencialmente al número de diferentes especies presentes en un área determinada (ecosistema, país, región, continente, etc.) y se conoce también como "riqueza de especies".

En México, el número total de especies descritas se acerca a las 65 mil, cifra muy por debajo de las más de 200 mil especies que, en una aproximación conservadora, se estima habitan en el país. La fauna la integran aproximadamente 171 mil especies de invertebrados, en su mayoría artrópodos (cerca de 86 mil especies) e insectos (78 mil especies), además de cerca de 5 mil especies de vertebrados, en su mayoría peces (2 mil 122 especies) y aves (mil 250 especies).

La flora mexicana, por su parte, consta de poco más de 23 mil especies, en su mayoría angiospermas (poco más de 22 mil especies), con un nivel de endemismo superior al 40%. Destacan por sus niveles de endemismo la familia de las cactáceas (con 850 especies, 84% de ellas endémicas) y la de las orquídeas (920 especies, 48% endémicas), así como el género *Pinus* (con 48 especies, 43% endémicas).

El inventario completo de la riqueza biológica de México y su nivel de endemismo es una tarea aún incompleta. Esto se debe a que existen todavía numerosos grupos biológicos que no han sido completamente estudiados o colectados (p. e., los hongos, los

invertebrados terrestres y acuáticos y otros organismos microscópicos), así como zonas geográficas en las que la colecta y el estudio de la flora y la fauna no han sido considerables. En este sentido, es muy probable que las cifras para muchos grupos taxonómicos aumenten en la medida en la que se profundice en el estudio de la diversidad y la geografía del país (CONABIO, 2013).

Diversidad de ecosistemas. Un ecosistema comprende las especies vegetales y animales, las condiciones físicas y químicas y las relaciones que se dan en los seres vivos, entre sí con el ambiente, en un área determinada y que no existe en otro lugar; además, todos y cada uno de los elementos que la componen desempeñan un papel fundamental, imprescindible; si uno de ellos se modifica, se altera todo el conjunto, es decir, se rompe el equilibrio ecológico” (Granados, Pérez, 1995).

En diversidad de ecosistemas, México y Brasil son los países más ricos de Latinoamérica y la región del Caribe, seguidos por Colombia, Argentina, Chile y Costa Rica. Sin embargo, si se toma en cuenta tan sólo el número de hábitats o ecorregiones, México es el país más diverso (Dinerstein, 1995).

En la porción terrestre del país pueden encontrarse casi todos los biomas existentes en el mundo, desde las selvas cálido-húmedas, los bosques templados y los bosques mesófilos de montaña, hasta los variados matorrales xerófilos, los pastizales naturales que se desarrollan por arriba de los límites de la vegetación arbórea en las montañas y la vegetación halófila y gipsófila. Se piensa que algunos tipos de vegetación, como los pastizales gipsófilos del altiplano central o los izotales dominados por plantas de los géneros *Dasyllirion*, *Yucca* o *Nolina*, son exclusivos a nuestro país (González Medrano, 2003).

En las aguas nacionales (tanto continentales como costeras y oceánicas) también pueden contarse una gran diversidad de ecosistemas. Dentro de los lagos y ríos y en sus márgenes pueden observarse bosques y selvas de galería, popales, tulares y ciertos tipos de vegetación acuática sumergida. Entre ellos existen ecosistemas únicos en su género tanto por su composición biológica como por su grado de endemismo, como son los casos de los humedales de Cuatrociénegas, en el estado de Coahuila y los lagos de Chapala y la Media Luna en Jalisco y San Luis Potosí, respectivamente.

En lo que se refiere a ecosistemas marinos o con la influencia del agua salada, en las costas del Pacífico, Atlántico y Mar Caribe pueden encontrarse grandes áreas dominadas por manglares, lagunas costeras, estuarios, comunidades de pastos marinos y, de manera muy especial, por arrecifes de coral. Dentro de los arrecifes de coral son notables por su riqueza los del Golfo de México, Banco de Campeche y el Caribe, estos últimos considerados dentro de los más diversos del continente y los cuales forman la segunda barrera arrecifal más grande del mundo, después de la Gran Barrera Australiana.

Es importante mencionar que asociado al valor que tienen los ecosistemas como reservorios de una gran riqueza biológica y como proveedores de muchos de los alimentos y materias primas de los que se ha valido la sociedad para su desarrollo, también brindan una serie de servicios ambientales importantes que, no obstante, permanecen desconocidos o poco valorados por la sociedad. Entre ellos se encuentra, la captación y purificación del agua que tomamos, la conservación y formación del suelo del cual obtenemos muchos de nuestros alimentos, la captación del excesivo carbono que producen las actividades productivas, el control de las inundaciones, la protección de las zonas costeras, entre muchos otros. De ahí que la conservación de muchos de los ecosistemas nacionales (tanto terrestres como marinos y acuáticos continentales) sea prioritaria para asegurar el futuro de las siguientes generaciones. Sin los servicios ambientales que brindan los ecosistemas, el bienestar de la sociedad y el crecimiento nacional estarían seriamente comprometidos.

Además del alto número de especies, la diversidad de México es relevante porque muchas de las especies de importancia agrícola a nivel mundial (maíz, frijol y jitomate) tuvieron su origen en nuestro territorio. De hecho, México es el único de los países megadiversos que se encuentra en lo que se conoce como la “faja génica” que circunda al globo entre los trópicos de Cáncer y Capricornio. Este hecho se refleja en la gran diversidad de especies y variedades de plantas cultivadas.

Partiendo de la idea anterior podemos encontrar que el objetivo principal de la Biodiversidad es mantener el equilibrio ecológico. Esto con base en la estrecha relación que tiene con funcionamiento dinámico de los ecosistemas, como la regulación de ciclos bio-geoquímicos y energéticos de la tierra. Por ejemplo; en todos los ecosistemas se establecen las llamadas cadenas de alimentación, redes de alimentación o redes tróficas, que se definen como niveles de alimentación entre los cuales existen relaciones de

dependencia y determinan flujos de energía y en donde la biota cuenta en los procesos atmosféricos (Retención, descomposición y producción de nutrientes) (Loreau, 2002).

Las cadenas alimenticias no son una competencia en el sentido destructivo, más bien representan el equilibrio entre organismos que comparten la tierra, el aire y el agua de los cuales depende su vida. La estabilidad y la continuidad de una cadena alimenticia dependen de la persistencia del equilibrio ecológico, es decir; de la persistencia de cada componente del ecosistema, en este caso de la diversidad biológica (Granados, Pérez, 1995).

La diversidad biológica también ha dado lugar a la **Biodiversidad Cultural**; en México viven alrededor de 80 pueblos indígenas portadores de las tradiciones orales de los pobladores que crearon la diversidad de las variedades de plantas cultivadas. Nuestro territorio es centro de domesticación de una gran variedad de plantas cultivadas importantes para la alimentación de la población mundial. El principal objetivo de la adquisición de conocimiento, además de la curiosidad es la necesidad, ya que una gran cantidad de plantas, hongos, microorganismos y animales, han sido y son utilizados en México con todo tipo de fines, desde el alimenticio y medicinal, hasta el espiritual y ornamental (CONABIO, 2012). La diversidad cultural contribuye al conocimiento y valoración de la diversidad biológica, ya que integra la biodiversidad y la cultura, un reto importante para lograr una sustentabilidad ambiental.

1.1 Importancia de la biodiversidad para el Hombre.

Resulta difícil concederle un valor a la biodiversidad sin ser subjetivos, sobre todo para quienes la consideran importante *per se*. Pero es substancial el darle un valor a la diversidad de especies de flora y fauna y con esto enfatizar su importancia hacia el ser humano y su sociedad. Para Begon (1999) el valor de la biodiversidad posee tres componentes principales para el hombre que son:

1) Valor económico directo

El **valor económico directo** de los recursos que son consumidos, son los productos obtenidos de los ecosistemas y que generan recursos materiales, productos y bienes. Por ejemplo;

- A) Alimentos.** Todos que se derivan de las plantas, los animales, los hongos y los microorganismos
- B) Combustibles.** Los derivados de los tejidos leñosos y lignificados de las plantas, las excretas de los animales y los gases inflamables producto de la descomposición
- C) Fibras y pieles.** Para vestimento, techos, redes, etc. (plantas: algodón, ixtle, lechuguilla; animales: venado, conejo, gusano de seda)
- D) Plantas compuestos medicinales y herbolaria.** Productos y subproductos de origen natural utilizados en el tratamiento de enfermedades
- E) Recursos genéticos.** Derivados de la flora, fauna, hongos y microorganismos de origen natural, semidomesticados o domesticados, para el mejoramiento de productos alimenticios o farmacéuticos, para uso en la biorremediación, para la producción de compuestos químicos, etc.
- F) Materiales para la construcción.** Madera, hojas, tierra, arcilla, grava, etc.
- G) Recursos ornamentales.** Plantas, animales, hongos y microorganismos, así como sus partes y derivados (flores, hojas, plumas, pieles, conchas, tintes, etc.) (Begon, 1999).

2) Valor económico indirecto

El **valor económico indirecto** lo aportan los recursos sin necesidad de ser consumidos, por ejemplo;

- A) Formación del suelo** (su conservación y fertilidad)
- B) Ciclos biogeoquímicos.** Por los medios geológico, biológico y químico, p.ej. nitrógeno, fósforo, etc.
- C) Ciclo hidrológico.** Desplazamiento y distribución del agua en el espacio y el tiempo, y entre sus fases líquida, gaseosa y sólida
- D) Producción primaria.** Fotosíntesis, quimo síntesis.
- E) Clima.** La cobertura vegetal afecta la temperatura y la humedad relativa de la atmósfera y del suelo, el albedo, la nubosidad y la precipitación. También captura y libera gases de efecto invernadero (GEI)
- F) Agua.** Los ecosistemas influyen en la proporción de la precipitación que se infiltra, transpira, evapora y se desplaza en las cuencas, en sus velocidades y volúmenes (escurrimientos superficiales), y por ende en el caudal de los ríos y la recarga de los acuíferos. Así mismo, los ecosistemas filtran, limpian y descomponen compuestos químicos y detritos, por medio de procesos realizados en el suelo y subsuelo, y actúan como barreras físicas contra el movimiento de contaminantes hacia el suelo y el agua.

G) Calidad del aire. Intercambio de gases, partículas y sustancias químicas entre los ecosistemas y el aire.

H) Erosión, translocación y sedimentación. La flora y la fauna tienen un papel importante en la retención del suelo y en la regulación de las tasas de erosión, la translocación de partículas (por aire y agua) y la deposición de éstas en cuerpos de agua, planicies y bancos de aluvio (terrestres y acuáticos)

I) Riesgos naturales. La presencia y funcionamiento de ciertos ecosistemas en relación con otras facetas del paisaje, ayuda a amortiguar los efectos negativos de los eventos hidrometeorológicos extremos, y periodos prolongados de excesos o déficits de agua (manglares y humedales, dunas costeras, vegetación de galería, bosque mesófilo de montaña, etc.).

J) Polinización, control de plagas y pestes, etc. La presencia en los ecosistemas naturales de especies polinizadoras, de depredadores de plagas y pestes, regula la productividad del ecosistema y de los agroecosistemas (producción agropecuaria)

K) Enfermedades. Presencia, abundancia y movimiento de patógenos y sus vectores (p.ej., malaria, dengue, cólera, virus del Nilo occidental, influenza aviar, etc. (Begon, 1999).

3) Valor Ético

Este último es el más subjetivo y, desafortunadamente, el de menor peso a la hora de argumentar a favor de la conservación de la biodiversidad, ejemplos de valores éticos son:

A) Valor cultural. Diferentes culturas adscriben distintos valores a los ecosistemas y sus componentes

B) Valor espiritual o religioso. La naturaleza como una muestra de un poder divino o superior, o del poder creativo de los procesos naturales

C) Valor estético y de inspiración. Para la creatividad artística, o como símbolo folclórico o de patria.

D) Valor educativo o científico. El estudio de la naturaleza con fines educativos o de investigación.

E) Valor recreativo. Esparcimiento, ecoturismo, etc.

Los valores económicos, tanto el directo como el indirecto, son los que podrían ayudar a influir en la toma de decisiones políticas. La biodiversidad posee un valor económico por el simple hecho de que afecta al funcionamiento de los ecosistemas, y por lo tanto a los servicios que obtenemos de éstos, que son la materia prima del motor económico mundial. Esto lo podemos ver reflejado en la figura 1 donde se enfatiza la interrelación de los servicios de los ecosistemas con otros factores, y nos damos cuenta por un sencillo

razonamiento lineal que afectando los servicios que proveen los ecosistemas, el bienestar humano se ve directamente perjudicado.

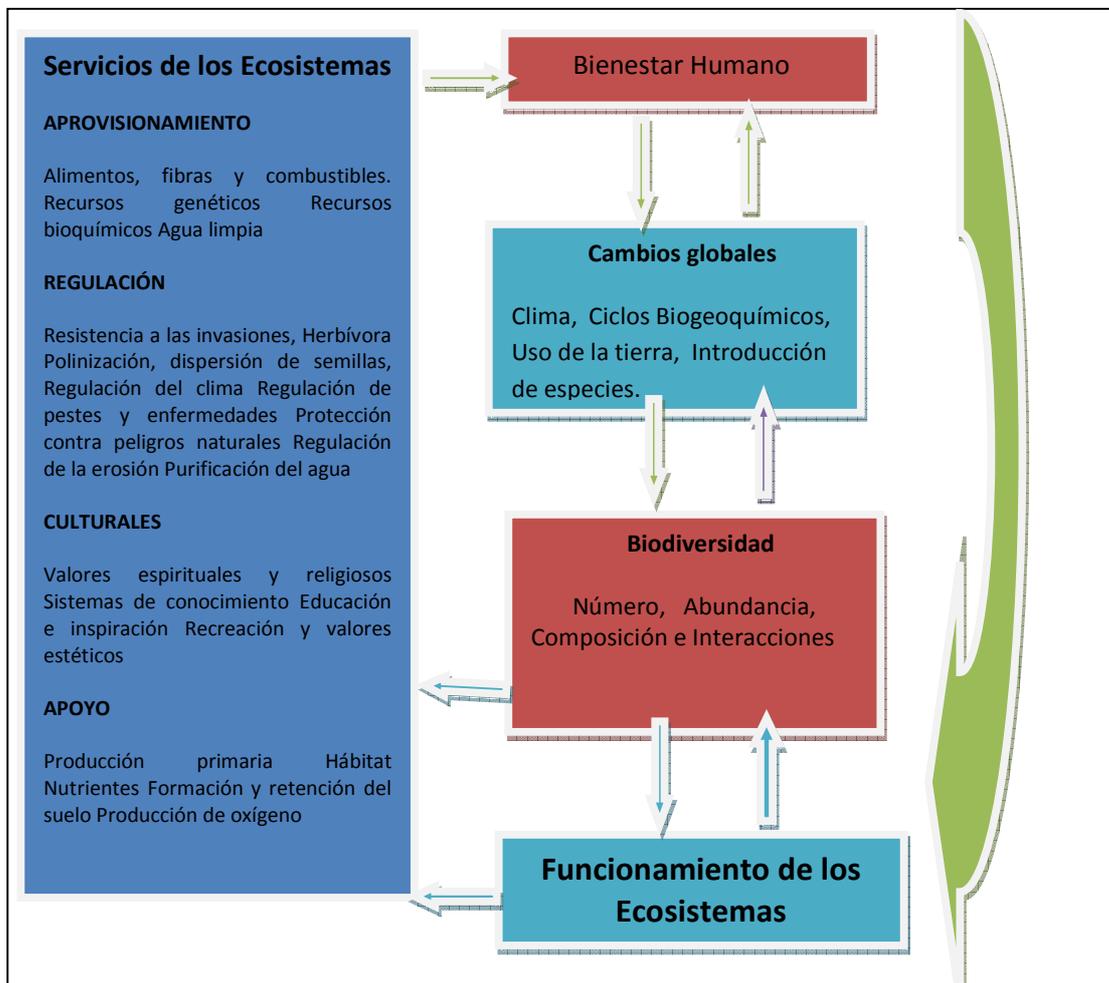


FIGURA 1. Interrelación de los servicios de los ecosistemas con diversos factores que tienen algún impacto en el bienestar humano. Tomado de: **Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis, 2012**

Además, los estudios sobre biodiversidad pueden dar lugar a importantes descubrimientos para el hombre; algunos ejemplos de especies de interés para la medicina humana incluyen a los osos (para el estudio del desarrollo de la osteoporosis, trastornos cardiovasculares, enfermedades renales y diabetes), el tiburón (en la investigación de la osmoregulación y la inmunología), Ofidios; en particular crotalos, (para el desarrollo de analgésicos, fábotrópicos) y lagartos como *Heloderma horridum* para el desarrollo de drogas anti cancerígenas y tratamientos contra la diabetes (COHAB, 2012).

En la actualidad, los cambios en el ambiente y la fragmentación de los territorios producidos por la actividad antrópica modifican considerablemente la dinámica de los procesos que se llevan a cabo en los ecosistemas. Bajo estas condiciones, la biodiversidad funciona como un “amortiguador” en contra de posibles alteraciones. Esto se debe a que especies que resultan redundantes en un determinado momento, pueden pasar a cumplir un rol principal luego de un cambio en el sistema (Loreau, 2001).

En este sentido, Ives y Carpenter (2007) sostienen que un grupo de especies de todo el “pool” que posee un ecosistema es el responsable de mantener la estabilidad ante diferentes perturbaciones, y que dependiendo de la perturbación, serán diferentes especies las que cumplirán funciones clave. Concluyendo así que; “preservar la mayor cantidad de biodiversidad posible es la medida más segura para mantener la estabilidad de los ecosistemas de los cuales obtenemos los servicios esenciales para nuestro desarrollo humano”.

1.2. Los Reptiles y el Hombre.

Los reptiles, por su extraña apariencia de “vertebrados raros”, han despertado en las sociedades humanas una serie de versiones de extrañeza, de curiosidad y, por qué no decirlo, en algunos casos, de morbo. Particularmente en nuestro país, que es el de mayor biodiversidad en esta fauna, el encuentro cotidiano con ellos y el gran desconocimiento sobre su vida y hábitos, despierta desconfianza, por lo que es importante destacar algunos aspectos de estos lacertilios.

En términos generales, quienes no son especialistas comúnmente hacen gran cantidad de preguntas con las que pretenden verificar si su conocimiento sobre estos animales es real, o bien, si requiere ser aclarado para finalmente comprobar, si tal conocimiento es un mito o algo que sucede en realidad. Muchos de los mitos o creencias existentes a este respecto en nuestro país resultan tan fascinantes, y algunas veces parecen tan reales, que sería fácil aceptarlos como verdad a primera instancia, sin embargo, el conocimiento científico que se tiene sobre estos animales impide la validación de esas creencias y permite valorar más su importancia y función en los ecosistemas (Andreu, 2000).

En relación con las lagartijas, existen algunos mitos heredados de la Península Ibérica durante la Colonia, aunque otros se han originado en México. Muchas personas tienen la falsa creencia de que existen varias especies de lagartijas venenosas, las que se

reconocen por sus colores brillantes y raro aspecto. En realidad, de las más de 320 especies de lagartijas registradas para México, solamente existen dos, del tamaño de una iguana, que son venenosas, no sólo de México sino de todo el mundo y son los llamados “monstruos de gila” (*Heloderma suspectum*) en Sonora, y “escorpiones” (*Heloderma horridum*), e inclusive “lagartos enchaquirados” en la región costera tropical del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas, incluyendo las regiones cálidas de la cuenca del Río Balsas (Campbell y Lamar, 1989); efectivamente, son animales muy asustadizos, de movimientos lentos y que sólo muy ocasionalmente producen accidentes por mordedura, aunque el envenenamiento puede ser tratado médicamente y la víctima suele recobrase (Campbell y Lamar, 1989).

A muchas otras lagartijas –llamadas en algunos lugares “chintetes”– (*Sceloporus spinosus*, *Sceloporus torquatus* y otras especies de lagartijas) – de colores intensos o raro aspecto, se les llama también algunas veces “escorpiones” (*Barisia imbricata*) y se dice que son muy venenosas, pero está comprobado que son completamente inofensivas (Freiberg, 1972; Porter, 1972; Pough, 1998).

Existen otras lagartijas en México, cuyas escamas terminan en puntas, dándoles un aspecto espinoso –varias especies del género *Sceloporus* son mencionadas por Freiberg, 1972–, a cuyas espinas se atribuye la capacidad de brincar y estamparse en el pecho de quien las encuentra; sin embargo, las espinas de esas lagartijas cumplen dos funciones muy diferentes: una es que la textura espinosa no parece hacerlas agradables al paladar de sus enemigos potenciales, y la otra que al refugiarse en las fisuras de las rocas en que viven, estas espinas les sirven como anclaje entre las grietas de las rocas aledañas, lo que evitará la eventual extracción de la lagartija por parte de cualquier enemigo.

De manera particular, los “camaleones” o “llora sangre” (*Phrynosoma orbiculare* y otras especies de este género), especie central de este trabajo; se les atribuye el alimentarse o vivir gracias al aire que las rodea. Lo anterior se debe a que, cuando son mantenidas en cautiverio, debido a su fama de mascotas para niños por su docilidad, normalmente se rehúsan a alimentarse y a las pocas semanas de soportar ese cautiverio, mueren por inanición. Para estas lagartijas, en condiciones naturales, su dieta es principalmente a base de hormigas, pero no de cualquier clase, ya que cada especie está adaptada a un tipo especial de hormigas (Sherbrooke, 1981) y por lo tanto, resulta muy difícil el encontrarles un alimento adecuado, lo cual hace de estos animales muy malas mascotas.

A pesar de esto, alrededor del mundo, diversas culturas han basado sus cosmogonías y creencias en reptiles. En India, China y Japón, por ejemplo, creían que una enorme tortuga soportaba en su caparazón montañas y hasta el universo entero. Para los Mayas, Aztecas e Incas las serpientes sirvieron de importantes símbolos mitológicos para basar sus tradiciones (Pough, 1998).

En México, gran parte de estos organismos tuvieron papeles importantes, tal es el caso del México precortesiano, donde de los 20 días que integraba cada uno de los 18 meses del año mexicano; tres llevaron nombre de reptiles; *Coatl-serpiente*, *Cuetzepallin-lagartija* y *Cipactli-cocodrilo* (Martín, 1937).

Gran número de reptiles se utilizaron para rituales en todas las regiones del país, principalmente como parte de sacrificios y la ofrenda para el desagravio de las divinidades. Entre los diversos sacrificios que los mexicanos ofrecían a las divinidades, se encontraban lagartijas, serpientes y tortugas, las cuales eran ofrecidas en compañía de algunos otros organismos. Por ejemplo, en la ceremonia dedicada a *Centeotl* dios del maíz, los padres de los niños cazaban culebras y ranas y los lanzaban a las brasas del hogar: una vez que estaban tostados los niños lo comían (Martín, 1937).

Dentro del grupo de animales empleados como medicina para la curación del alma y el cuerpo, se encontraba el cocodrilo. Tanto los Mexicas como los Mayas profesaban una gran veneración por este reptil; en vista de que su gran tamaño, su lomo tapizado de escamas protuberantes y su capacidad de vivir en ambientes acuáticos, son elementos que metafóricamente lo relacionaban con la “Madre Tierra”. En náhuatl, el término para designar al cocodrilo era “*cipactli*”, es decir, “el espinoso”, por lo protuberante de sus escamas dorsales. Para los mayas, al igual que los aztecas, el cocodrilo era uno de los dioses creadores y por tal motivo, era llamado por los mayas *Itzam Cab Ain*, es decir, “madre lagarto, cocodrilo terrestre” (Arellano-Hernández 2001).

Los antiguos mexicanos temían a este animal y decían que atraía a la gente con su aliento para matarlos, por lo cual extremaban sus precauciones al transitar por los lugares donde se sabía que habitaba. Sólo algunos hombres cumplían una penitencia en la que afrontaban a un lagarto monstruoso, que se suponía tenía cuatro cabezas. El pecador que en verdad deseaba ser perdonado y purificar su cuerpo, iba ante el sacerdote, quien le recomendaba fuera a buscar al lagarto fantástico. Se ataba unos calabazos como

flotadores y nadaba río arriba hasta encontrarlo. Al verlo saltaba sobre su lomo, daba así varias vueltas y regresaba río abajo hasta el pueblo a dar cuenta al sacerdote para que lo absolviera (Aguilera ,1985).

Dentro de la cultura Mexica, existía una correspondencia entre los símbolos mágicos y la anatomía humana. En cuanto al símbolo “cipactli”, representante del primer día del mes de 20 días, este se encontraba relacionado con el hígado, probablemente porque durante este día era frecuente la presencia de enfermedades relacionadas con el órgano hepático (Del Campo,1956). Actualmente, en diversas localidades del sureste del país, al cocodrilo, aparte de sus atributos en el ámbito culinario, se le atribuyen propiedades curativas para el tratamiento de enfermedades como el cáncer, reumas, impotencia sexual y asma, entre otras (COMACROM, 1997). De hecho, durante la década de 1880 grandes cantidades de aceite de cocodrilo se emplearon para combatir a los enfermos de tuberculosis en el Nuevo Mundo, específicamente en los Estados Unidos (Alderton, 1997).

El caso de *Phrynosoma* también se ve plasmado en culturas del Norte de México. En Nuevo México con los Zunis y sus leyendas sobre el gran sapo cornudo, en Chihuahua; los Casas Grandes elegían a este reptil como tema central de sus artesanías, lo que mostraba la relación entre la naturaleza y la gente de ese pueblo, considerando al *Phrynosoma* como un ancestro poderoso y respetado (Sherbrooke, 2003).

Aún en el México moderno se siguen realizando rituales en donde los reptiles son participes. En Mineral del Monte, Hidalgo; a las mujeres jóvenes se les frota en las espinas dorsales del Camaleón de montaña (*Phrynosoma orbiculare*), esto para favorecer el tacto en la elaboración de tortillas.

Con ejemplos como estos queda demostrado que; *“La diversidad biológica de México está acompañada de una gran diversidad cultural. Existen relaciones muy cercanas e importantes entre ambas”*.

2. LEYES DE PROTECCION A LA FAUNA

2.1 Internacionales

El tratamiento eficaz de los problemas globales del medio ambiente requiere la intervención no solamente de actores nacionales, sino también de todos los países a través de acuerdos y convenios de cooperación que establezcan compromisos cada vez más diversos y profundos. En materia de vida silvestre, el primer acuerdo internacional suscrito por México data de 1930, y es hasta la década de 1980-1990 en que se intensifica la cooperación en los temas de protección de ecosistemas y especies, intercambio y desarrollo tecnológico y capacitación (INECC, 2007).

A nivel general, en nuestro país existen espacios en espera de aprovechar las oportunidades que ofrece la cooperación internacional para la captación de recursos y transferencia tecnológica a los proyectos prioritarios de conservación, manejo y aprovechamiento de la vida silvestre. En el campo de las relaciones multilaterales han preponderado los programas de cooperación con los Estados Unidos de América y Canadá, dada la vecindad geográfica y la existencia de especies e intereses regionales compartidos. Falta fomentar acuerdos con Centroamérica, América del Sur, Unión Europea y Asia. (INECC, 2007)

Al ser tan importante la biodiversidad, México no se excluye de generar convenios internacionales que garanticen el resguardo de la biodiversidad en colaboración con otros países (Agenda Ecológica Federal, 2008); estos acuerdos son:

-El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. La conservación de la diversidad biológica es interés común de toda la humanidad. El Convenio sobre la Diversidad Biológica cubre dicha diversidad en tres niveles: ecosistemas, especies y recursos genéticos, también cubre la biotecnología, a través del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. De hecho, cubre todos los posibles dominios que están directa o indirectamente relacionados con la diversidad biológica y su papel en el desarrollo, desde la ciencia, la política y la educación en la agricultura, los negocios, la cultura entre otros.

El órgano rector del CDB es la Conferencia de las Partes (COP). Esta autoridad suprema de todos los Gobiernos (o Partes) que han ratificado el tratado se reúne cada dos años para examinar el progreso, fijar prioridades y adoptar planes de trabajo. Finalmente el CDB es considerado a menudo como el principal instrumento internacional para el desarrollo sostenible.

-Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres y Ecosistemas (CITES). Es un acuerdo internacional concertado entre Gobiernos, tiene por finalidad velar por que el comercio internacional de organismos tanto de animales como de plantas silvestres no constituya una amenaza para su sobrevivencia. Considerando que, el comercio de plantas silvestres sobrepasa las fronteras entre los países, su reglamentación requiere la cooperación internacional a fin de proteger ciertas especies de la explotación excesiva. El CITES se concibió en el marco de ese espíritu de cooperación, hoy en día, ofrece diversos grados de protección a más de 30,000 especies de animales y plantas, bien se comercialicen como especímenes vivos o muertos o como partes o derivados.

Los objetivos del CITES son:

- 1) Integrar, revisar y actualizar los listados de las especies de flora y fauna incluidas en los Apéndices del CITES, distribuidas en Centroamérica y República Dominicana, tomando como base los listados elaborados en el 2007 y 2009 por el INBio (listas de flora) e IRBio (listas de fauna).
- 2) Realizar una revisión y edición técnica de los documentos de fauna y flora regionales que incluya: revisión de sistemática, nomenclatura y área de distribución de las especies considerando la bibliografía presentada en los documentos base y los listados CITES y sus bases de datos.
- 3) Elaborar un documento integrado que incluya los listados de fauna y flora silvestres CITES de la Región Centroamericana y República Dominicana en un formato comprensible, amigable y de fácil manejo. (www.cites.org).

Alrededor de unas 5,000 especies de animales y 28,000 especies de plantas están amparadas por la CITES contra la explotación excesiva debido al comercio internacional. Las especies se agrupan en los **APÉNDICES** según el grado de amenaza debido al comercio internacional.

En ocasiones se incluyen grupos enteros (familias o géneros) como los primates, cetáceos, tortugas marinas, felinos, cactus y orquídeas. En otros casos, sólo se incluye una subespecie o una población geográficamente aislada de una especie (población, subespecie o variedad de un país).

Las especies amparadas por el CITES están incluidas en tres Apéndices, según el grado de protección que necesiten: **Apéndice I**, **Apéndice II** y **Apéndice III** (www.cites.org/Apéndices).

Apéndice I: Se incluyen todas las especies en peligro de extinción. El comercio de especímenes de esas especies está prohibido y se autoriza solamente bajo circunstancias excepcionales.

Apéndice II: Se incluyen especies que no necesariamente se encuentran en peligro de extinción, pero su comercio debe controlarse a fin de evitar una utilización incompatible con su supervivencia, también se incluyen especies similares a las que ya están en esta lista.

Apéndice III: En este Apéndice se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio.

Los cambios en el Apéndice III se efectúan de forma diferente que los cambios a los Apéndices I y II, ya que cada Parte puede adoptar enmiendas unilaterales al mismo, de tal forma que la inclusión o exclusión de especies se puede efectuar en cualquier momento, en tanto que las enmiendas a los Apéndices I y II deben de ser adoptadas por la Conferencia de las Partes.

Sólo podrá importarse o exportarse (o reexportarse) un espécimen de una especie incluida en los Apéndices de la CITES si se ha obtenido el documento apropiado que acompañe a los especímenes y sea presentado en las aduanas de un puerto de entrada o salida. Los lineamientos de la CITES están establecidos en el Texto de la Convención (www.cites.org/texto); su cumplimiento es obligado, por lo que también proporciona un marco jurídico general que debe de ser incorporado a leyes nacionales específicas para garantizar su observación, que no deben de ser de menos requisitos de lo que establece la Convención, sin embargo pueden variar de un país a otro, sobre todo cuando las

legislaciones nacionales han adoptado medidas más estrictas, por lo que es aconsejable consultar la legislación adoptada en cada país signatario. (www.cites.org/Apéndices).

- Memorandum de Entendimiento para Establecer el Comité Trilateral Canadá - México - Estados Unidos para la Conservación y Manejo de la Vida Silvestre y Ecosistemas. Regionalmente han existido diversos programas de cooperación para apoyar y promover el adecuado manejo y conservación de la flora y fauna silvestres y su hábitat. Estos esfuerzos evolucionaron de manera poco coordinada, por lo que en 1996 se firmó en Oaxaca un Memorandum de Entendimiento que da origen a este Comité Trilateral, cuyo propósito es mejorar la coordinación, cooperación y desarrollo de asociaciones entre las entidades encargadas de vida silvestre de los tres países en lo que se refiere a proyectos y programas para la conservación y manejo. (INE, 2007).

México se compromete, en el marco de este Memorandum, a desarrollar proyectos de investigación científica, vigilar la aplicación de la ley e instrumentar acciones de protección y uso sustentable de la vida silvestre.

El Comité Trilateral incluye a los siguientes instrumentos:

- Comité Conjunto México-Estados Unidos de América para la Conservación de la Vida Silvestre, creado en 1975 y revisado en 1984. En 1994 se creó el Programa de Cooperación para la Conservación de la Biodiversidad México-Estados Unidos de América, con dos iniciativas: TLC y Especies en riesgo (ES). En esta última quedaron inscritos, a partir de 1995, los proyectos que se derivaban del Comité Conjunto.
- Comité Tripartita México-Canadá-Estados Unidos de América, creado en 1988, este comité funcionaba a través de fondos de la Oficina de Aves Migratorias del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos. A partir de 1990 opera por medio del Consejo para la Conservación de Humedales de Norteamérica (NAWCC), cuyo propósito fundamental es la conservación de los humedales y las aves acuáticas, a través de la participación de agencias públicas, privadas, e instituciones de investigación y enseñanza superior. Actualmente México y Canadá forman parte ex officio del Consejo, pero no contribuyen financieramente con el fondo, por lo que tienen voz, pero no voto.

- El Comité Trilateral brinda una oportunidad para orientar los recursos de la cooperación internacional hacia la instrumentación de proyectos específicos de conservación y producción.

Algunos otros acuerdos de carácter universal para la conservación de la biodiversidad son:

- Convención sobre el Derecho del Mar 1982. (Protege ecosistemas)
- Convenio sobre Reglamentación de la Caza de Ballena, de 1931. (Protege especie)
- Convención Internacional para la Reglamentación de la Caza de la Ballena con Reglamento y Protocolo anexo, reemplaza a la Convención de 1936. (Protege la especie)
- Protocolo a la Convención Internacional para la Reglamentación de la Caza de la Ballena, 1946. (Protege la especie)
- Convención de Ramsar sobre Humedales de Importancia Internacional Especialmente como hábitat de Aves Acuáticas de 1973, modificado en 1982 y 1987. (Protege especies)
- Convención Sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la Humanidad, UNESCO 21 de noviembre de 1972. (Protege ecosistemas)
- Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (Convención de Bonn, 1983.) México no es parte contratante, pero tiene 113 miembros
- Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre Diversidad Biológica, Montreal-Canadá, 2000. (Comercio de genes)
- Estatuto del Centro Internacional de Ingeniería, Genética y Biotecnología. (Depositario: ONU) (Ver reservas y declaraciones formuladas por México, 1983)

2.2 Nacionales.

En el ámbito nacional el derecho regula la conservación de la Biodiversidad debido a que contiene diversos valores a tutelar como, la vida, la salud, los ecosistemas y el equilibrio ecológico. Se expresan a través de los bienes patrimonio de la Nación afectados de utilidad pública (uso, servicio público o el fomento de la riqueza nacional) y en consecuencia sujetos al interés público, como:

- Elementos o recursos naturales: forestales maderables y no maderables, fauna silvestre, suelo y recursos hídricos.
- Servicios ambientales: regulación del clima, absorción de gases de efecto invernadero, mantenimiento de recursos hídricos.

Lo anterior se ve reflejado en la LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE publicada en el DOF (Diario Oficial de la Federación) el 3 de julio de 2000, que establece en el Artículo 3o que para los efectos de esta Ley se entenderá por:

- IX. Conservación: La protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de la vida silvestre, dentro o fuera de sus entornos naturales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales para su permanencia a largo plazo.

2.2.1 Leyes Ambientales en México

- Ley Federal de Protección al Ambiente DOF. 11/02/82, posteriormente reformada en 1984. Se empieza a regular la protección ambiental, a conservar los recursos naturales y su correcta utilización.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente DOF. 28/01/88 con reformas publicadas en el DOF. 13/12/96 Se considera la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente propiciando el desarrollo sustentable.
- Artículo 4.- Derecho de toda persona a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar.
- Artículo 25.- desarrollo integral y sustentable. Cuidado y conservación de los recursos productivos y del medio ambiente.
- Artículo 26.- Sistema de Planeación Democrática. Derecho a la participación social.

- Artículo 27.- Limitaciones y modalidades a la propiedad. Regulación de los elementos de los recursos naturales. Medidas de preservación y restauración del equilibrio ecológico. Medidas para evitar la destrucción de los elementos naturales.
- Artículo 73 XXIX G.-Facultad del Congreso de la Unión para expedir leyes que establezcan la concurrencia del Gobierno Federal, Estados y Municipios en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico.
- Ley General de Vida Silvestre (DOF 3/07/00 con reformas del 2010)
- Reglamento de la Ley General del Equilibrio en Ecológico y la Protección al Ambiente en materia Vida Silvestre (DOF 30/11/06).

2.2.2 Derecho Nacional Federal

- Norma Oficial Mexicana NOM-131-SEMARNAT-1998 que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, relativas a su protección y la conservación de su hábitat.
- Norma Oficial Mexicana NOM-135-SEMARNAT-2004, para la regulación de la captura para investigación, transporte, exhibición, manejo y manutención de mamíferos marinos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-126-SEMARNAT-2000, por la que se establecen las especificaciones para la realización de actividades de colecta científica de material biológico de especies de flora y fauna silvestres y otros recursos biológicos en el territorio nacional.
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, 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. Esta Norma utiliza cuatro categorías de acuerdo a su estado de conservación: Probablemente extinta en el medio silvestre (E), En peligro de extinción (P), Amenazadas (A) y Sujetas a protección especial (Pr). En el siguiente cuadro se muestra un ejemplo de las categorías de riesgo, de algunos organismos de la clase reptilia.

CLASE REPTILIA	RIESGO	ENDEMISMO		RIESGO	ENDEMISMO
ORDEN SQUAMATA			<i>Thamnophis melanogaster</i>	A	END
Familia Anguidae			<i>Thamnophis scalaris</i>	A	END
<i>Barisia imbricata</i>	PR	END	<i>Trimorphodon biscutatus</i>		
<i>Barisia levicollis</i>	PR	END	<i>Trimorphodon tau</i>		END
<i>Barisia rudicollis</i>	PR	END	Familia Elapidae		
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	PR	END	<i>Micrurus fulvius</i>	PR	
Familia Boidae			Familia Gekkonidae		
<i>Boa constrictor</i>	A		<i>Phyllodactylus lanei</i>		END
Familia Colubridae			Familia Iguanidae		
<i>Conopsis biserialis</i>	A	END	<i>Ctenosaura pectinata</i>	A	END
<i>Conopsis lineatus</i>		END	Familia Leptotyphlopidae		
<i>Conopsis natus</i>		END	<i>Leptotyphlops humilis</i>		
<i>Diadophis punctatus</i>			Familia Phrynosomatidae		
<i>Dryomarchon corais</i>			<i>Holbrookia maculata</i>		
<i>Drymobius margaritiferus</i>			<i>Phrynosoma orbiculare</i>	A	END
<i>Geophis dugesi</i>		END	<i>Sceloporus aeneus</i>		END
<i>Geophis petersi</i>	PR	END			
<i>Hypsiglena torquata</i>	PR	END			
<i>Lampropeltis mexicana</i>	A	END			

FIGURA 2. Categorías de Riesgo de Algunas Familias de la Clase Reptilia. Tomado de: Atlas de la Cuenca Lerma-Chapala, 2006.

- Norma Oficial Mexicana NOM-022- SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- Norma Oficial Mexicana NOM-061-ECOL- 1994, que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos ocasionados en la flora y fauna silvestres por el aprovechamiento forestal.
- Norma Oficial Mexicana NOM-012-PESC- 1993, por la que se establecen medidas para la protección de las especies de totoaba y vaquita en aguas de jurisdicción federal del golfo California.
- Programa de Conservación para el Desarrollo Sostenible (PROCOCDES), programa de subsidios mediante el cual se fortalece la participación de las comunidades y ejidos en la definición y solución de sus problemas. Se aplica a nivel nacional en Áreas Naturales Protegidas y en ejidos y comunidades ubicados en los municipios incluidos dentro de las Regiones Prioritarias para la Conservación, atendiendo a propietarios, usuarios y a las sociedades y/o personas morales que éstos constituyan entre sí, de conformidad con las leyes mexicanas.

-Sistema de Unidades de Manejo Ambiental (SUMAS)

- Artículo 18. Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.

- Artículo 39. Los propietarios o legítimos poseedores de los predios o instalaciones en los que se realicen actividades de conservación de Vida Silvestre deberán dar aviso a la Secretaría, la cual procederá a su incorporación al Sistema de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre. Asimismo, cuando además se realicen actividades de aprovechamiento, deberán solicitar el registro de dichos predios o instalaciones como Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre.

Las unidades de manejo para la conservación de vida silvestre, serán el elemento básico para integrar el Sistema Nacional de Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre, y tendrán como objetivo general la conservación de hábitat natural, poblaciones y ejemplares de especies silvestres.

Podrán tener objetivos específicos de restauración, protección, mantenimiento, recuperación, reproducción, repoblación, reintroducción, investigación, rescate, resguardo, rehabilitación, exhibición, recreación, educación ambiental y aprovechamiento sustentable (SEMARNAT, 2007).

3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS REPTILES

El término reptil se aplica a aquellos organismos que en su desplazamiento se arrastran (reptan). Los reptiles son vertebrados muy diversos incluidos en cuatro grupos: tortugas (orden Testudines), presentan el cuerpo protegido por un caparazón óseo (concha) cubierto de escamas en la que pueden esconder total o parcialmente la cabeza, extremidades y cola; el cráneo es muy robusto, la mandíbula es en forma de pico corneo, sin dientes con los bordes cortantes; cocodrilos (orden Crocodylia), son organismos de gran talla y cuerpo robusto, presentan adaptaciones para la vida acuática como son cabeza alargada y plana, con los ojos y fosetas nasales en posición superior, además de una cola muy fuerte aplanada lateralmente que utilizan como timón (Fontanillas,2000); tuatara (orden Rhynchocephalia), es el grupo menos numeroso en los reptiles, representado por solo dos especies que viven exclusivamente en Nueva Zelanda; son organismos morfológicamente similares a las lagartijas, pero se diferencian de estas por características de anatomía interna, presentan cabeza grande y cola gruesa, alcanzan una longitud hocico-cloaca de hasta 50 cm (Pough, 2001); lagartijas y serpientes (orden Squamata), es el grupo más diverso de reptiles, en general presentan cuerpo alargado, las lagartijas poseen cuatro extremidades, aunque en algunas especies pueden estar reducidas o ausentes; la cola es generalmente larga, y prensil en algunas especies (Fontanillas, 2000); algunas pueden desprender la cola (autotomía caudal) para escapar de sus depredadores y una nueva cola crece para reemplazar la perdida. Las serpientes son de cuerpo cilíndrico y alargado, carecen de extremidades, solo algunas especies presentan vestigios de las extremidades posteriores junto a la cloaca.

3.1 Género *Phrynosoma*.

El género *Phrynosoma* -al cual pertenecen los lagartos cornudos o falsos camaleones como son comúnmente llamados- es el género de reptiles escamosos que se caracterizan por tener el cuerpo aplanado en forma oval con una o dos hileras de espinas rodeando los costados (exceptuando al *Phrynosoma modestum*), una especie de cuernos en la cabeza; los cuales su forma, tamaño y número varía según la especie, una cola de longitud variada y coloraciones que van desde líneas negras y blancas en el dorso, patrones de colores rojizos, negros y amarillos en el abdomen, hasta manchas en la cloaca (Sherbrooke,2003).

La apariencia poco común de los lagartos cornudos es el resultado de los diversos sistemas de adaptaciones; sus colores le sirven de camuflaje, la forma plana del cuerpo y su naturaleza sedimentaria hacen que sean difíciles de ver, además, sus cuernos y escamas espinosas los hacen difíciles de tragar. Su forma aplanada les proporciona una gran superficie plana útil para una rápida termorregulación, capturar las gotas de lluvia, o protegerse de los depredadores. Su cuerpo, de gran capacidad y dependiendo del tipo de paridad, proporciona espacio para el desarrollo de numerosos huevos o embriones. Aun cuando su forma limita su velocidad, afectando su capacidad ante los depredadores, cazar sus presas, escapar o caminar a través de masas densas de hierbas y pastos, es el tamaño de su cuerpo espinoso, su capacidad de camuflaje, y su capacidad paranasal de arrojar sangre lo que les ha permitido subsistir un medio ambiente lleno de depredadores. (Sherbooke, 2003).

La radiación adaptativa y la supervivencia, han llevado a la evolución de las diversas especies de lagartos cornudos; debido a la gran diversidad de formas que existen, con los años, los científicos han designado a diversas poblaciones como subespecies o razas geográficas. Estas subespecies son indicadores de la divergencia evolutiva, se han diferenciado morfológicamente entre sí por la adaptación a las condiciones ecológicas regionales. De tal manera que los taxónomos reconocen la variación en la morfología y describen como subespecies o razas geográficas a los grupos o poblaciones de una especie en donde se produce un cambio principalmente en la forma o características externas dentro de una misma especie o línea de descendencia. (Sherbrooke, 2003).

En la actualidad se reconocen 17 especies del género *Phrynosoma*; *P. blainvillii*, *P. cerroense*, *P. coronatum*, *P. wigginsi*, *P. douglasii*, *P. cornotum*, *P. goodei*, *P. platyrhinus*, *P. taurus*, *P. braconnieri*, *P. ditmarsii*, *P. hernandesii*, *P. orbiculare*, *P. Mcallii*, *P. solare*, *P. modestum*, *P. asio* (Leaché- McGuire, 2006).

De las 17 especies descritas, cinco son endémicas de México. *Phrynosoma braconnieri*; puede encontrarse en cuencas áridas y semiáridas en los estados de Oaxaca y Puebla, *Phrynosoma ditmarsii*; esta especie solo ocurre en cuatro localidades del estado de Sonora y sus hábitats son muy variados; desde bosques siempre verdes hasta bosques caducifolios y matorrales espinosos, *Phrynosoma taurus*; esta especie restringe su distribución a tres estados de México; Guerrero, Oaxaca y Puebla en donde encuentra hábitats estacionalmente tropicales, semiárido y áreas de abundante vegetación,

Phrynosoma asio; se encuentra solo en cuencas semiáridas de suroeste Mexicano, en el lado del Pacífico y su distribución se extiende del sureste de Colima y sur de Jalisco hasta Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas y *Phrynosoma orbiculare*, Esta última, es la de mayor distribución en el territorio mexicano se distribuye desde el norte de la República Mexicana hasta el Estado de México (Sherbrook, 2003).

3.2 *Phrynosoma orbiculare*

Phrynosoma orbiculare (Linnaeus, 1789), cuyo nombre común es Camaleón de Montaña, es una lagartija de tamaño mediano, los adultos presentan una longitud hocico cloaca (LHC) de 78.2 a 89.8 mm. Presentan un color dorsal grisáceo o pardo oscuro, en la región del occipucio un par de manchas negras, y en medio, manchas claras difusas. La región ventral es amarilla, con varios puntos oscuros y escamas suaves y manchas negras en la región pectoral-abdominal. En la región del cráneo presentan dos cuernos occipitales cortos, tres cuernos temporales en cada lado, de los cuales el externo es más pequeño (Figura 1) (Méndez de la Cruz, 2003).



FIGURA. 3. *Phrynosoma orbiculare*

Esta especie se encuentra en elevaciones desde los 1371 hasta 3352 metros, se encuentra en zonas abiertas, entre plantas arbustivas crasas, pastos, yucas y plantas herbáceas (Montanucci, 1987). Su ocurrencia se extiende a lo largo de las planicies y Sierras del centro de México y hacia el norte a lo largo de los corredores de las tierras altas de la Sierra Madre Occidental y Oriental. *P. orbiculare* tiene cinco subespecies

descritas; *P. o. bradti* (Horowitz, 1955) que se distribuye hacia el oeste de Chihuahua, *P. o. durangoensis* (Horowitz, 1955) registrada para el suroeste de Durango, *P. o. orientale* (Horowitz, 1955) en el norte de la Sierra Madre Oriental, *P. o. cortezii* (Duméril y Bocourt, 1870) se distribuye en el sur de Zacatecas, zonas altas de Jalisco, Hidalgo, Puebla y Veracruz, *P. o. orbiculare* (Linneaus, 1789) en el Distrito Federal, Tlaxcala y Estado de México (Horowitz, 1955) (Figura 2).

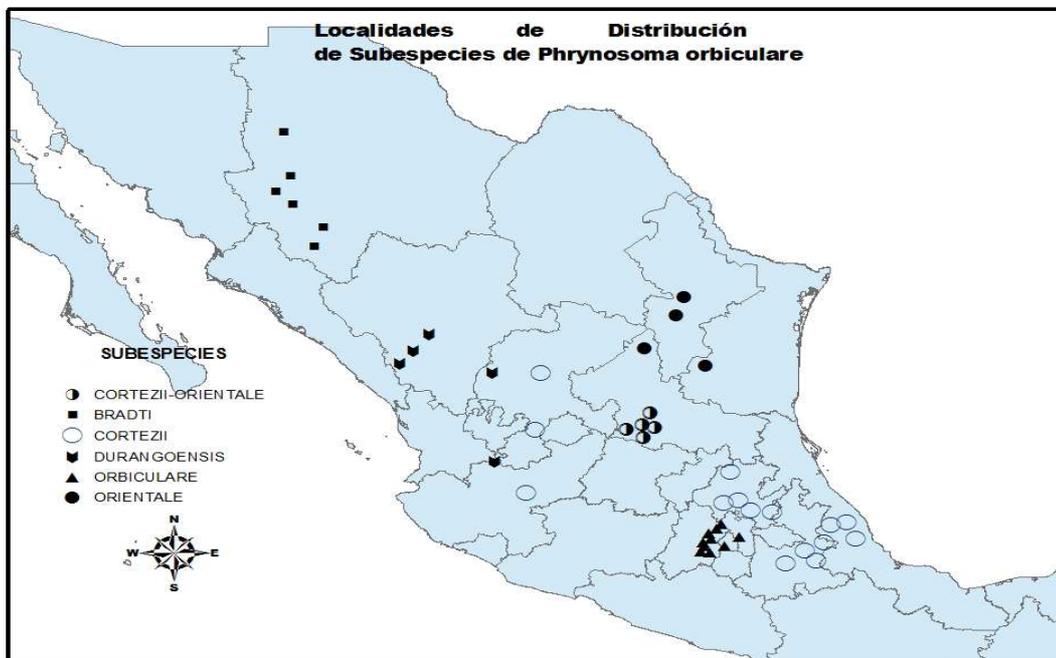


FIGURA 4. Localidades de Distribución de subespecies de *Phrynosoma orbiculare* de acuerdo con registros de Horowitz, 1955.

Horowitz (1955) en un estudio de variación geográfica de *P. orbiculare* describe cinco subespecies y delimita la distribución de las cinco subespecies descritas, sin embargo existen pocos estudios relacionados con esta especie que aborden la distribución de las subespecies y sobre todo los nuevos registros o incluso registros de décadas pasadas que no se ha determinado el estatus taxonómico y por lo tanto no se tiene el conocimiento de la situación actual. El conocimiento de la distribución de las subespecies es de suma importancia ya que si no se tiene conocimiento acerca de la distribución actual, no se podrán establecer programas de manejo adecuados y es importante destacar que de acuerdo a la NOM-059 esta especie se encuentra en categoría de Amenazada (A).

Por lo mencionado anteriormente en el siguiente apartado se describen algunos estudios de caso relacionados con la variación geográfica y su importancia en los estudios de conservación.

4. Variación Geográfica y Estudios de Caso

El cambio que se produce dentro de una línea de descendencia da lugar a organismos más capaces de explorar el medio ambiente en que viven, o de adaptarse a nuevas condiciones, si ese medio cambiara. La razón más importante para la escisión de las líneas de descendencia, es decir de la especiación, es que varíe el medio ambiente. No existen dos lugares idénticos en cuanto a topografía, clima o en cuanto a la serie de organismos que habitan en ellos. Sin embargo, cuando una especie amplía su distribución, sus poblaciones divergen en su morfología y también pueden quedar aisladas genéticamente en respuesta a los diferentes tipos de medio ambiente en que se encuentren, y entonces, por selección natural, se adaptan a las condiciones de su propia zona. Estas diferencias entre las poblaciones que quedaron aisladas se conoce como **variación geográfica** y tal variación da como resultado a grupos o poblaciones de una misma especie denominadas como subespecies o razas geográficas (Ehrlirch, 1981).

Al hablar de variación geográfica nos referiremos tanto a la variación en latitud, longitud, altitud; barreras fisiográficas y al tipo de hábitat. Existen estudios que sugieren que la importancia de factores ambientales y variables climáticas influyen en la variación morfológica entre las subespecies, y hay implicaciones para la comprensión de cómo la distribución geográfica de especies se ve limitada por la variación ambiental (Knouft, 2004).

Debido a que las subespecies de *Phrynosoma orbiculare*, tienen una amplia distribución a lo largo del territorio Mexicano, es posible realizar un estudio de variación geográfica ya que nos permite analizar de qué manera diversos factores ambientales, tanto actuales, como históricos han actuado en su distribución. El conocimiento de la variación geográfica es muy importante, ya que permite conocer que ambientes tienen una mayor relación en la distribución de las especies y así poder dar prioridad en su conservación y restauración a fin de garantizar la supervivencia de las especies.

4.1 Estudios de Caso

Acerca de la variación geográfica, existen diversos estudios en diversos grupos. Por ejemplo; en un trabajo realizado con Impala que pertenece al género *Aepyceros* y se compone de una sola especie *Aepyceros melampus*, se examinaron las características morfológicas de ejemplares de diferentes localidades, con el objetivo de evaluar si las diferencias en la morfología son producto de la variación geográfica entre ejemplares de impalas.

Se analizaron un total de 153 ejemplares del Museo de Historia Natural en Londres y Colecciones del Museo Powell en Kent, UK, de los organismos se evaluaron varios caracteres morfológicos y de coloración para determinar la relación de la variación en la morfología con los patrones de distribución. Además con los análisis que se realizaron se pudo estimar la procedencia de algunos ejemplares de origen desconocido, así como detectar tendencias geográficas en los impalas machos. Con los resultados obtenidos los autores validaron cuatro subespecies así como su centro de dispersión, así como una contribución a la comprensión de la variación geográfica natural de Impala, lo que permite diseñar programas y planes de manejo en especial los que requieren de mayor prioridad de acuerdo a distribución y centro de dispersión (Bastos-Silveira, 2006).

Montanucci (2004), realizó un estudio sobre la variación Geográfica de *Phrynosoma coronatum* a través de un análisis estadístico multivariado basado en 24 caracteres morfológicos y de color para 634 especímenes, en este trabajo el autor define cuatro grupos distintos dentro de *Phrynosoma coronatum*. Estos grupos parecen tener distribuciones alopátricas, es decir que se encuentran aislados mediante barreras geográficas, también la evidencia morfológica sugiere que existe una zona de contacto entre dos grupos donde ocurre la hibridación. Los cuatro grupos se distinguen por caracteres distintos de color y caracteres morfológicos. Otro resultado importante de este estudio es el reconocimiento de cuatro subespecies que habían sido descritas como

especies distintas: *P. blainvillii*, *P. cerroense*, *P. coronatum*, *P. wigginsi*, Con este trabajo se sustenta la hipótesis de que los cuatro grupos encontrados son especies distintas.

En un estudio más, que se realizó con una serpiente *Rhinocheilus lecontei* la cual tiene una amplia distribución en el oeste de Estados Unidos y el norte de México. Para esta especie se han descrito cuatro subespecies *R. lecontei antonii* en el norte de México, *R. lecontei etheridgei* restringida a la Isla Cerralvo en el Mar de Cortés, *R. lecontei lecontei* en la parte noroeste de su distribución y *R. lecontei tessellatus* en la región noreste. El género ha sido objeto de varias evaluaciones taxonómicas, la última provocó el ascenso de una subespecie a condición de especie, una decisión basada en el concepto de especie evolutiva (Grismer, 1999).

En este estudio al igual que en los que se describieron, se midieron características morfológicas, conteo de escamas, así como análisis del patrón de coloración para poner a prueba la hipótesis de que las cuatro subespecies descritas son morfológicamente distintas. También se investigaron las posibles asociaciones entre la morfología (escamación o patrón de color) y las variables ambientales (clima, vegetación, suelos), y así estimar la naturaleza de la relación entre las variaciones geográficas como los patrones del clima, el hábitat y la distribución geográfica con la morfología. En este estudio Manier (2004) examinó 266 especímenes que representan toda la distribución geográfica de *R. lecontei*, así como, representan los cuatro subespecies.

Los tipos de vegetación fueron matorral desértico, matorral semidesértico, vegetación esclerófila, matorral semidesértico y bosques, pastizales, bosque aciculada frío y los bosques boreales. Los resultados de este estudio mostraron la diferenciación de las subespecies a partir de los patrones de color en *R. l. lecontei* y *R. l. tessellatus* y *R. l. antonii*, sin embargo, no se encontró evidencia suficiente en cuanto a la variación en la morfología y el ambiente para cambiar las subespecies a la categoría de especie. El autor solo sugiere, mantener a *R. l. etheridgei* como una subespecie que puede ser elevada a especie, debido a que su distribución es en la isla y del resto de las poblaciones es en el continente.

Los resultados e importancia de los estudios sobre la variación geográficas de las especies no solo es el de reconocer los patrones de distribución, sino también es la identidad de los agentes selectivos y las clases de presiones ambientales que causan dicha variación -selección natural- y así gestionar apropiadamente todos los factores

abioticos y bióticos involucrados. Enfatizando la dimensión espacial o geográfica en los estudios sobre la biodiversidad, nos permitirá una mejor comprensión de la distribución geográfica, lo cual es un prerequisite dentro de los programas de recuperación y protección de las especies silvestres. (Ehrlirch, 1981).

Es importante destacar que en los estudios que se describieron en los apartados anteriores, no se incluyen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para analizar los patrones de distribución de las especies, así como los diferentes factores que determinan dicha distribución, Por tal motivo en el apartado siguiente se describirá la importancia de esta herramienta.

5. Importancia de los Estudios Respaldados con Sistemas de Información Geográfica

“Los estudios para la conservación de la biodiversidad poseen un componente espacial muy marcad. Para la conservación de especies, comunidades y ecosistemas es imprescindible el conocimiento de su localización y distribución en el territorio. Esto hace de los SIG, cuya principal característica es su capacidad de manejar información espacial, un instrumento cada vez más relevante para la toma de decisiones en esta materia.”

Un SIG consiste generalmente en un programa de computadora diseñado para organizar, integrar, almacenar y analizar datos para crear mapas de información sobre las características de un área geográfica en particular o un paisaje (Clark, Mathieu y Seddon, 2008). Con la incorporación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) dentro de los estudios sobre la distribución de las especies se permite caracterizar una amplia gama de atributos ambientales en donde las especies ocurren y se desarrollan y con esto analizar los datos para examinar si existe un patrón dentro de la distribución geográfica de las especies.

Entre los diversos usos que tienen los SIG son: resolver problemas prácticos que van desde la visualización de información geográfica, pasando por el cálculo del movimiento de la tierra, hasta evaluar su impacto en una región susceptible a sismos. Los sistemas de información geográfica que se centran en el estudio del medio ambiente y los recursos naturales, se pueden definir como aplicaciones implementadas por instituciones

dedicadas a temas medioambientales facilitando una ayuda fundamental en trabajos tales como:

- A) Explotación forestal
- B) Control de plagas
- C) Estimación de la biomasa residual
- D) Restauración de los sistemas forestales
- E) Extinción de Incendios
- F) Concentración de Contaminantes
- G) Estudios de Especies
- H) Impacto Ambiental de Obras

Los SIG poseen un alto potencial para apoyar los estudios de conservación de la diversidad biológica, puesto que para mantener de especies, comunidades y ecosistemas, es imprescindible el conocimiento de su distribución en el espacio. Entre las aplicaciones de los SIG en los estudios de conservación están; el análisis de localización de especies nativas y su relación con las variables ambientales, la migración de especies de fauna, la complementación de bases de datos ya existentes, así como diversos aspectos del diseño de áreas silvestres protegidas.

De la cualidad del SIG de manejar información geográfica surge su potencial para apoyar los estudios de conservación de la diversidad biológica. Esto debido a que para la conservación de las especies, comunidades y ecosistemas, es imprescindible el conocimiento de su localización y distribución en el espacio. Un SIG permite realizar análisis espaciales complejos, como el área máxima ocupada por una especie en distintas escalas temporales, el porcentaje de esta área superpuesto con la distribución de otra especie, el porcentaje del área ocupado por cada tipo de suelo; así como análisis de dependencia entre variables, como el número total de individuos o especies monitoreados en un determinado intervalo altitudinal o unidad de vegetación, y los diferentes tipos de hábitat ocupados por una especie. Permite además formular modelos, usando la base de datos digital para simular los efectos de un proceso dado, en un tiempo determinado, con diferentes escenarios.

Es así como los SIG pueden ayudar a identificar carencias en los sistemas de áreas protegidas, o modelar cómo las diferentes opciones de desarrollo o de manejo pueden afectar áreas sensibles. Sucede que además de permitir un complejo análisis, proporcionan un resultado cartográfico atractivo y comprensible en todo ámbito, ayudando a salvar la brecha entre el ámbito científico y el de la toma de decisiones.

5.1 Estudios de Caso en el uso de Sistemas de Información Geográfica

Complementación de Bases de Datos

Una aplicación importante de los SIG en conservación es la complementación de bases de datos ya existentes. Es el caso del análisis del Herbario de la Universidad de Hawai, realizado por McGranaghan y Wester" El SIG se utilizó para seleccionar y cartografiar la localización de los ejemplares con base en la especie, el género o la fecha de colecta. La expresión cartográfica de la base de datos hace posible visualizar las áreas de distribución y concentración de determinada especie o grupo de especies. Realizando los análisis adecuados es posible discriminar entre las áreas que no contienen la especie y las que no poseen colecta, de tal manera que se puede obtener una estimación lo más exacta posible de las áreas de distribución. De esta forma también es posible programar las futuras colectas.

Por su parte, Bojórquez (1995), realizan una experiencia en el marco de un estudio de impacto ambiental en dos regiones de México. A partir de una base de datos de especies animales, relacionan asociaciones faunísticas a determinadas condiciones ambientales, para poder predecir por medio de la extrapolación, la distribución de estas asociaciones. Las frecuencias esperadas según el modelo, no difieren significativamente de las controladas en el terreno, lo que validaría el método de predicción de estas distribuciones, permitiendo identificar y cartografiar las áreas de concentración de especies. Esto es muy importante, ya que usualmente las bases de datos y colecciones de especies presentan carencias y no cubren todo el territorio.

La base de datos que propuso el World Wildlife se estructuró con el propósito específico de proteger la biodiversidad. El proyecto incluyó información de diversas fuentes para

producir seis clasificaciones primarias de cada una de las regiones de China. Estas clasificaciones consisten en:

- Un mapa de especies y su valor genético, basado en la riqueza de especies, niveles de endemismo y estado de conservación, especies de importancia económica y medicinal, y refugios pleistocénicos.
- Un mapa de estado del hábitat, basado en la rareza, la tasa de pérdida de biodiversidad, y el grado de protección de los diferentes tipos de vegetación, así como de los hábitats acuáticos y costeros.
- Un mapa de las áreas de protección existentes y potenciales, jerarquizadas con relación en su importancia para la conservación, así como una cartografía jerarquizada de sitios de alto valor escénico.
- Un mapa de drenaje, basado en la intensidad de precipitaciones, exposición de laderas, tipo de suelo, y riesgos naturales.
- Un mapa de presión humana sobre el ambiente, basado en la proyección de la expansión de las diversas actividades económicas.

Estas capas de información son superpuestas mediante el SIG para generar dos mapas temáticos intermedios. El primero consiste en una integración de los tres primeros mapas mencionados, representando la fragilidad del «pool» genético. El segundo integra la información de los dos últimos mapas señalados anteriormente, representando la fragilidad del ambiente físico.

Estos dos mapas temáticos intermedios son finalmente combinados para obtener una clasificación ambiental total que indique las áreas en que el desarrollo de actividades debe ser restringido y dónde deben ser permitidas con ciertas regulaciones.

Diseño de sistemas de áreas silvestres protegidas y manejo de fauna

Otras aplicaciones a una escala regional se han desarrollado en el diseño de áreas protegidas, siendo una de las técnicas más difundidas la superposición de áreas de distribución de especies con los límites de las áreas protegidas existentes. A esto se suele incorporar la variable «propiedad de la tierra», sobre la forma de establecer la factibilidad

operativa de incorporar las áreas con mayor riqueza de especies al sistema de áreas protegidas.

En relación al manejo de fauna silvestre, los SIG pueden ser utilizados para orientar estrategias de conservación por medio del análisis de factores tales como disponibilidad de alimentos, protección frente a depredadores, potencialidad de áreas para nidificación y reproducción.

Una experiencia ilustrativa se ha llevado a cabo en California, dentro de un Programa para restablecer la población del cóndor de California (*Gymnogyps californianus*), que se encuentra en peligro de extinción'.

La meta del Programa fue liberar individuos dentro del intervalo de distribución histórica, a partir de ejemplares criados en cautiverio. Por lo tanto, este intervalo de distribución de la especie es un componente esencial en el problema. El Programa utilizó un SIG que combina datos de observación del cóndor (lugares de anidamiento, alimento, reproducción, áreas de vuelo), con datos ambientales de dirección del viento y topografía, cobertura y uso del suelo (esta última variable en relación a límites urbanos, límites administrativos, áreas forestales, áreas de recreación y de caza, y áreas de preservación de la fauna).

Integrando todos estos datos al análisis se pretende obtener los lugares más idóneos para liberar los individuos criados en cautiverio. Según Star y Estes (1990), un SIG que permite compilar, analizar y relacionar datos tan cuantiosos y variados, es la única herramienta que se puede utilizar para modelar el hábitat potencial del cóndor y de otras especies con problemas de conservación.

A estos estudios se ha incorporado el uso de la telemetría. Es el caso del Servicio de Pesca y Vida Silvestre de Estados Unidos, que monitorea las migraciones de diversas especies de mamíferos en Alaska, como el caribú, alces y venados, los osos polares y varias especies de aves. Por medio de collares con un transmisor instalado en algunas hembras de caribú, por ejemplo, se controlan los movimientos de las manadas. De esta manera se ha logrado establecer que algunos caribúes migran más de 2.000 km en un año, pero que no utilizan las mismas rutas o lugares de protección todos los años. Esta tecnología ha permitido el seguimiento exacto de los animales en sus largos tramos, incluso sobrepasando límites internacionales. La información recopilada puede ser

utilizada tanto para los estudios de fauna como para determinar los impactos potenciales de proyectos de infraestructura, como oleoductos y caminos. Otro ejemplo lo constituye el estudio del hábitat del lobo gris (*Canis lupus lycaon*), especie en peligro de extinción que se está recuperando, llevado a cabo por Mladenoff et al., en los estados de los Grandes Lagos, en EE.UU.

A partir de los datos de monitoreo ingresados al SIG se construyó un modelo de regresión múltiple para estimar la cantidad y distribución espacial del hábitat favorable para la especie, a una escala regional. Se analizaron los desplazamientos de las manadas de lobos y su relación con ciertas variables: densidad de población humana, carreteras, cobertura vegetal y tenencia de la tierra. Los resultados obtenidos indican que las áreas de hábitat favorable son más amplias que lo estimado. Sin embargo, la población de lobos crece muy lentamente debido a la fragmentación del hábitat.

El estudio permite modelar las zonas de expansión de la población de lobos bajo diversas condiciones, diferenciando zonas de paso y zonas de establecimiento. De esta forma es posible planificar la ocupación de la tierra, orientando el proceso de expansión de la especie hacia la dirección menos conflictiva.

El análisis por hábitat geoespacial es una clave importante para comprender el estado de una especie en estado silvestre a través del monitoreo de la distribución de la población y así medir el progreso de las actividades de conservación, ya que el tener una visión amplia del estado de conservación del hábitat principalmente de las especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo es importante para prevenir su extinción mediante la recuperación de sus poblaciones.

La utilidad de los SIG dentro del manejo de vida silvestre radica en que permite identificar y analizar los procesos de distribución de la fauna silvestre, sus movimientos y patrones de uso del hábitat, los cuales pueden proporcionar información valiosa para el desarrollo de la gestión estrategias de conservación (Clark, 2008).

Manejo de vida silvestre

Un ejemplo de los Sistemas de Información Geográfica en manejo de vida silvestre es un estudio de caso con los pingüinos de ojos amarillos, realizado por Ryan D. Clark, Mathieu Renaud y Philip J. Seddon en 2008. Esta especie de pingüino (*Megadyptes antipodas*) es endémica de Nueva Zelanda, la cual se reproduce en hábitat costeros como la Isla

Stewart, Isla Bacalao, las islas Auckland y Campbell (Marchant y Higgins, 1995). La importancia de la conservación de la población de estos pingüinos está estrechamente relacionada con la industria del turismo de Nueva Zelanda, aunado a esto, su estado de amenaza de acuerdo a la IUCN (**International Union for Conservation of Nature**) ha incrementado la atención a su conservación (Wright, 1998).

Es por eso que el objetivo de ese estudio fue construir un SIG de datos sobre de pingüinos de ojos amarillos que ayudara en el desarrollo de estrategias para la conservación de la especie.

El análisis de los mapas generados mostró resultados importantes, por ejemplo, la elevación media de sitios de anidación en la sección media de la Bahía, entre 1982 y 1996 fue de 35 m y 43 m respectivamente, y la pendiente media fue de 27° y 31°, respectivamente, lo que sugieren que los pingüinos de ojos amarillos tienden a anidar muy por encima del nivel del mar o en pendientes pronunciadas. Además, el aumento de la densidad de nidos se ha observado en parches de hábitat que contienen una mayor densidad de la vegetación (matorral denso) que en otras clases de hábitat.

Con la construcción del SIG de los pingüinos se ha podido llevar a cabo el seguimiento de los movimientos de los adultos reproductores, sitios de anidación de diferentes lugares de anidación o entre años, tendencias geográficas en el nido de éxito. Análisis como éstos podrían ayudar a determinar el origen de los brotes de enfermedades, la depredación o efectos de la perturbación humana, y utilizar esta información para diseñar una estrategia de control de depredadores y para la restauración del hábitat de pingüinos de ojos amarillos o gestión del turismo.

6. JUSTIFICACIÓN

Parte de la biodiversidad de México está compuesta por diversas especies de reptiles, muchas de ellas endémicas y en peligro de extinción, en gran medida por el deterioro de sus ecosistemas, estas especies de lacertilios tienen gran importancia tanto cultural como ecológica. La especie *Phrynosoma orbiculare* forma parte de la riqueza cultural y natural de México y su distribución abarca varios estados de la República Mexicana, encontrando diversos ecosistemas.

Es recurrente el hecho de no investigar la distribución de especies sin importancia comercial hasta el momento en que las poblaciones son claramente afectadas. Debido a esto el presente trabajo pretende analizar como varían geográficamente las especies de *Phrynosoma orbiculare*, exponiendo así los factores ambientales que pueden explicar dicha variación. Por esta razón se propone utilizar un sistema de información Geográfica, basados en la combinación de datos geográficos y análisis para determinar dicha distribución en *Phrynosoma orbiculare*, permitiendo conocer los factores ambientales más relevantes en su distribución de manera tal que no se ha reportado antes.

7. HIPÓTESIS

Las subespecies en *Phrynosoma orbiculare*, tienen una amplia distribución en el territorio Mexicano. Si es posible realizar un estudio de variación geográfica que muestre como las condiciones ambientales actúan en su distribución entonces esperamos obtener información que permite conocer que ambientes tienen una mayor relación en la distribución de las especies pudiendo así priorizar su conservación y restauración a fin de garantizar la supervivencia de las especies.

8. OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar mediante sistemas de información geográfica los factores que determinan la distribución de las subespecies de *Phrynosoma orbiculare*.

Objetivos Particulares.

Realizar una revisión de colecciones zoológicas Nacionales y Extranjeras, para identificar toda la distribución de *Phrynosoma orbiculare*.

- Establecer mediante SIG la distribución espacial de todas las poblaciones reportadas de *Phrynosoma orbiculare*
- Determinar los factores ambientales y la distribución de las subespecies de *Phrynosoma orbiculare* para establecer las bases de una propuesta de manejo ambiental.

9. MATERIAL Y MÉTODO

9.1 Colecciones de Organismos Analizados

Se analizaron los datos de 153 organismos del género *Phrynosoma*, provenientes de Colecciones de 5 Instituciones diferentes, de los cuales 9 pertenecen a la Universidad de Arizona, 60 al Museo Americano de Historia Natural, 26 al Museo Field de Chicago, 31 a la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles de la UNAM y 34 organismos del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

Estos organismos fueron registrados en Estados Unidos y México; en su mayoría son provenientes de 17 estados: Veracruz, Chihuahua, Distrito Federal, Estado de México, Nuevo León, Tlaxcala, Morelos, Coahuila, Hidalgo, Durango, San Luís Potosí, Puebla, Jalisco y Guerrero, todos ellos con diversas localidades y municipios de origen.

9.2 Colecciones Analizadas

Las cinco colecciones utilizadas para esta investigación fueron estudiadas a fin de analizar y discriminar cada uno de los datos contenidos en las colecciones, descartando así 103 organismos, de los cuales quince organismos cuyos datos comprendían otro tipo de especie de diferente a *Phrynosoma orbiculare*, como; *hernadesii*, *douglasi* y *modestum* fueron descartados, cuarenta y nueve organismos fueron descartados por presentar su ubicación geográfica dentro de los Estados Unidos, veinticuatro organismos se descartaron por no contener datos con respecto a su municipio de origen o recolección y quince organismos se descartaron por no contener información suficiente con respecto a especie. Quedando así 153 organismos que cumplen con los datos geográficos y de especie necesarios para el presente trabajo.

9.3 Construcción de la Base de Datos

Para la construcción de la base de datos que se utilizó en el presente trabajo se considera al municipio de recolección de los 153 organismos como uno de los campos indispensables para generar con la mayor exactitud posible el mapa primario sobre la distribución en México de la especie *Phrynosoma orbiculare*, así como de sus cinco subespecies pertenecientes; *P. orbiculare orbiculare*, *P. orbiculare cortezii*, *P. orbiculare bradti*, *P. orbiculare durangoensis* y *P. orbiculare orientale*.

La base de datos final registra 17 estados del Territorio mexicano con presencia de organismos pertenecientes a subespecies de *Phrynosoma orbiculare*; 65 organismos para *P. orbiculare orbiculare*, 42 organismos para *P. orbiculare cortezii*, 16 organismos para *P. orbiculare bradti*, 13 organismos para *P. orbiculare durangoensis*, 16 organismos para *P. orbiculare orientale* y un organismo para un integrado de *P. orbiculare orbiculare* - *P. orbiculare orientale*. La Base de datos cuenta, además, con datos sobre la colección al cual pertenece cada organismo.

9.4 Material Cartográfico Digital

A través del Geoportal de la CONABIO, se obtuvo material cartográfico digital del territorio mexicano en formato shape (shp) sobre las Provincias Fisiográficas, Áreas Naturales protegidas, corrientes de agua, cuerpos de agua, curvas de nivel, estados, localidades, municipios, unidades climáticas y vegetación. Los shapes se utilizaron para representar en un mapa digital los factores bióticos y abióticos de los ambientes en que se ubican cada uno de los organismos de la base de datos.

9.5 Mapa de Distribución de *Phrynosoma orbiculare*

A partir de la base de datos sobre la distribución geográfica de las subespecies *Phrynosoma orbiculare* en México, obtenida de cinco colecciones, se creó un mapa base utilizando el software de SIG ArcGIS versión 9.3, en donde 17 estados fueron encontrados con presencia de especímenes; Durango, Hidalgo, Chihuahua, Guerrero, Estado de México, Distrito Federal, Nuevo León, Morelos, Jalisco, Puebla, Veracruz, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí y Tlaxcala. Los estados fueron representados y colocados en el mapa en forma de capas digitales (layers) a partir del municipio de recolección que los organismos muestran en los datos de las colecciones. En cada uno de estos municipios se colocó un símbolo dependiendo de la subespecie de *Phrynosoma orbiculare*, pudiendo así mostrar su distribución en el México. Sobre este mapa se colocó la cartografía digital proporcionada por CONABIO, para mostrar la actividad de las barreras fisiográficas en la distribución geográfica de la especie estudiada.

9.6 Análisis de los Factores Ambientales

Partiendo de la base de datos inicial y con la ayuda de las herramientas del software Arc Gis versión 9.3, se elaboró un Modelo de Elevación, para cada uno de los 17 estados, a partir de sus curvas de nivel y se delimitó cada municipio con presencia *Phrynosoma orbiculare*. Esto a fin de generar mapas en donde se puedan contrastar la incidencia de los factores ambientales y con la especie a estudiar. Generando así 17 mapas en donde se observan las condiciones geográficas de cada municipio de recolección y las distintas barreras fisiográficas que pueden estar relacionadas con la distribución en *P. orbiculare*.

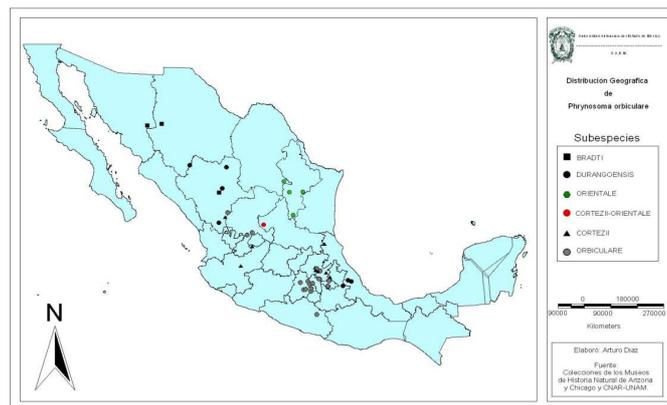
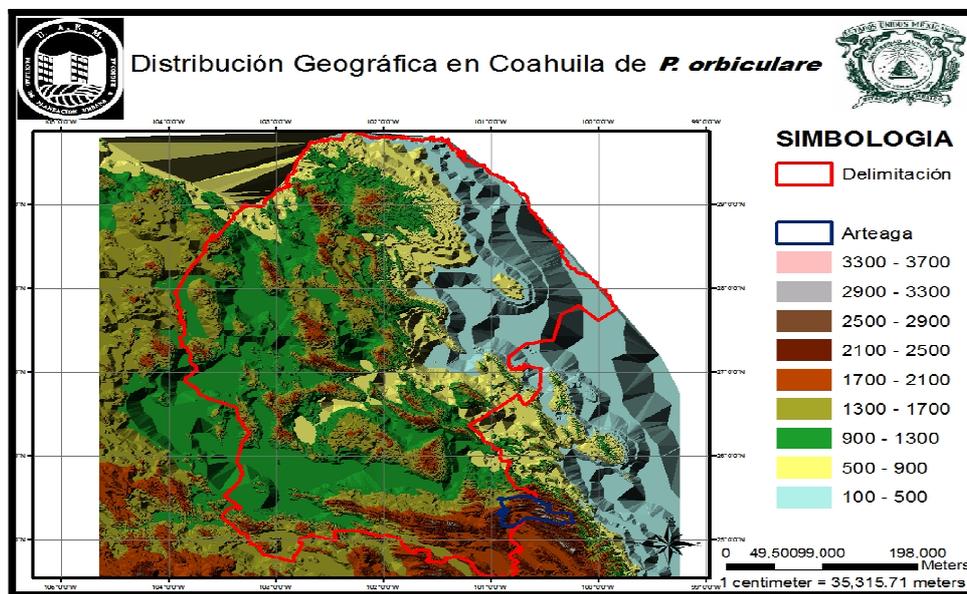


FIGURA. 5 Distribución de subespecies *Phrynosoma orbiculare* de acuerdo a las Colecciones analizadas

10. RESULTADOS

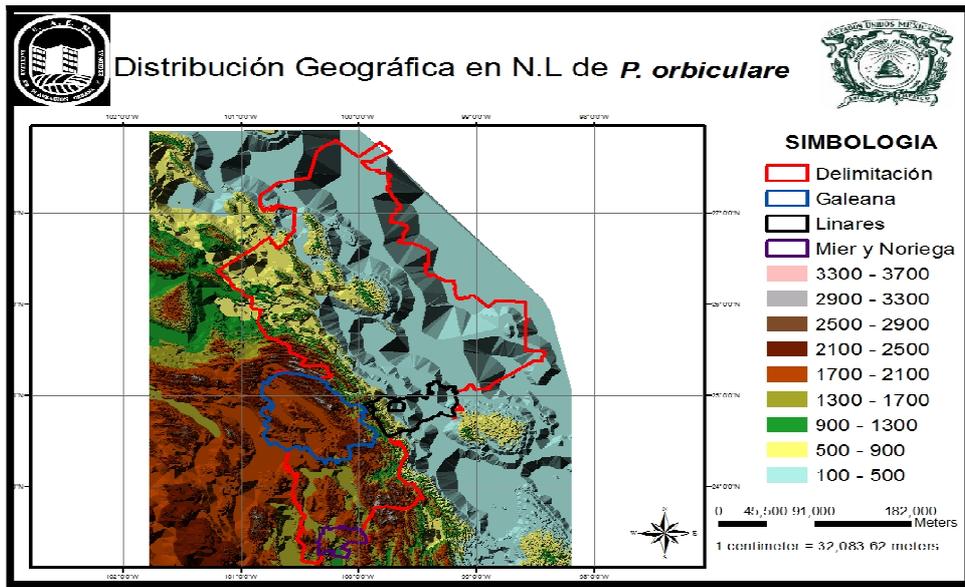
Se analizaron 151 ejemplares de *P. orbiculare* de distintas colecciones con las que se elaboraron 17 mapas en donde se observa la distribución geográfica de esta especie. Todos ellos se distribuyen en puntos específicos de cinco barreras fisiográficas; Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Meseta Central y el Eje Neovolcánico Transversal. De acuerdo a los datos que se analizaron de las colecciones en la Sierra madre Oriental se distribuyen dos subespecies, *P.o.orientale* y *P.o.cortezii*.

En el municipio de Arteaga, Coahuila (Mapa1) se encontró la, presencia de *P.o. orientale*, este municipio se encuentra en una altitud de 1700 a 3300 msnm, En el municipio; Valle de Hidalgo, Jalisco (Mapa 2) se registra *P.o. orientale*, cuya altitud va de 1466 a 2377 msnm. Nuevo León (Mapa 3) y Zacatecas (Mapa 4) también registran *P.o. orientale*; en Nuevo León en tres municipios; Galeana, Linares y Mier y Noriega, municipios con un intervalo altitudinal de 100 a 3300 msnm y en Zacatecas en dos municipios; Genaro Codina y Villa Nueva, con una altitud de 1766 a 2133 msnm. Dentro de la Sierra Madre Oriental se encontró otra subespecie, *P. o. cortezii*, que encuentra en tres municipios del estado de Hidalgo; (Mapa 5), Hidalgo, Tulancingo y Actopan; estos tres municipios se encuentran en un intervalo altitudinal que va 1366 a los 3055 msnm.



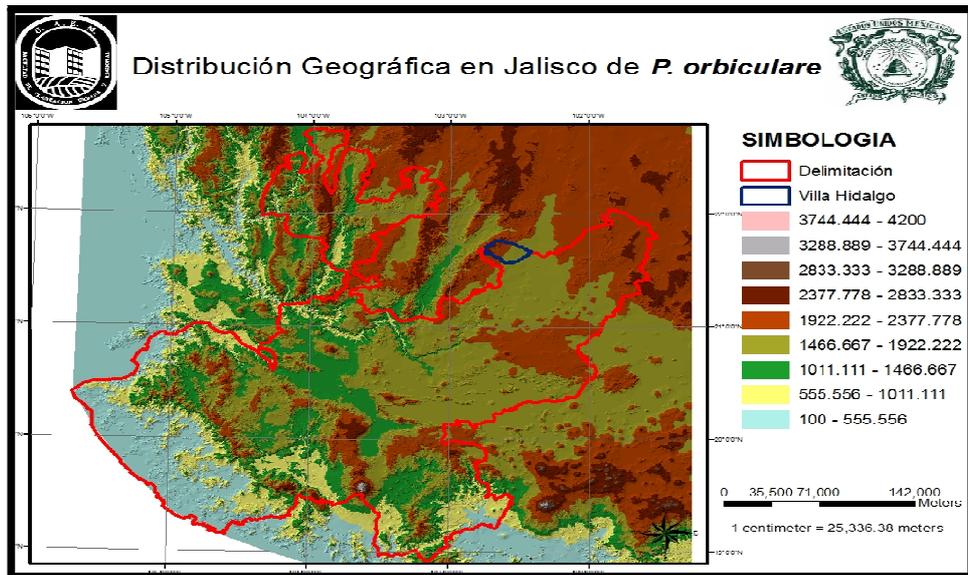
Mapa 1

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Coahuila contenidos en la base de datos



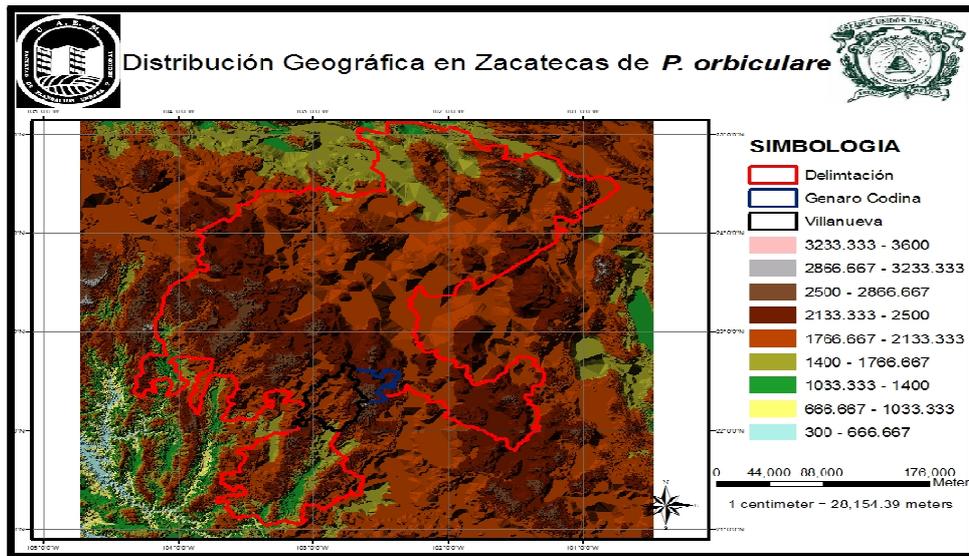
Mapa 2

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Nuevo León contenidos en la base de datos



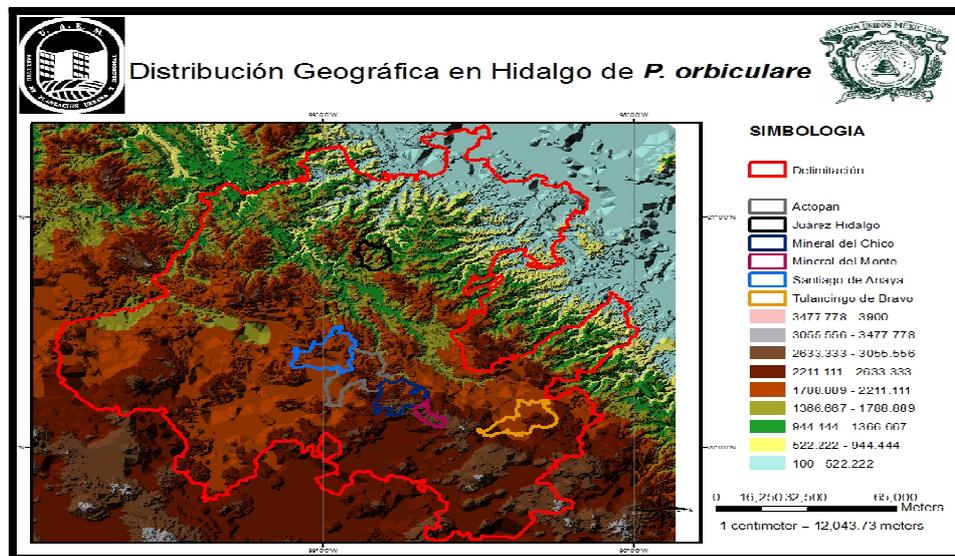
Mapa 3

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Jalisco contenidos en la base de datos



Mapa 4

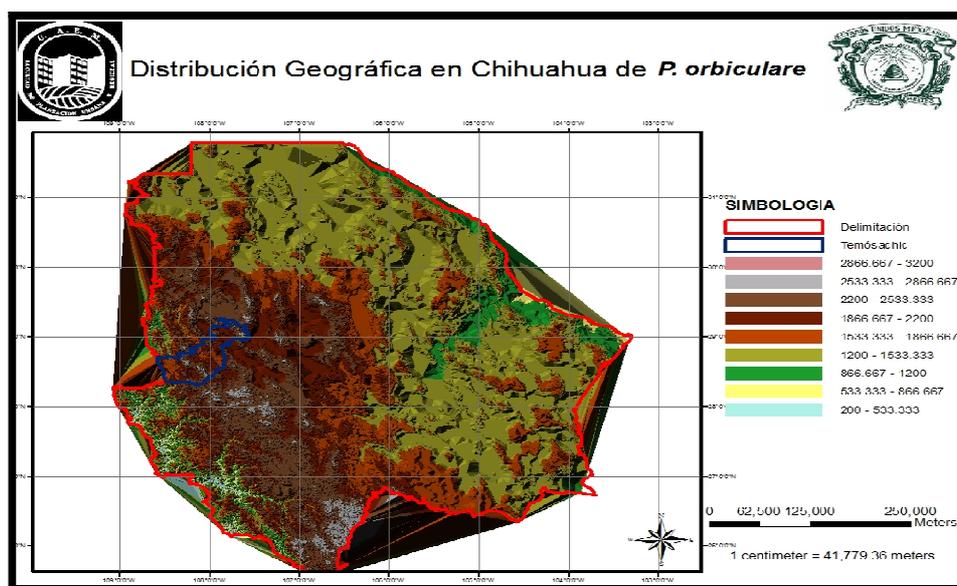
Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Zacatecas contenidos en la base de datos



Mapa 5

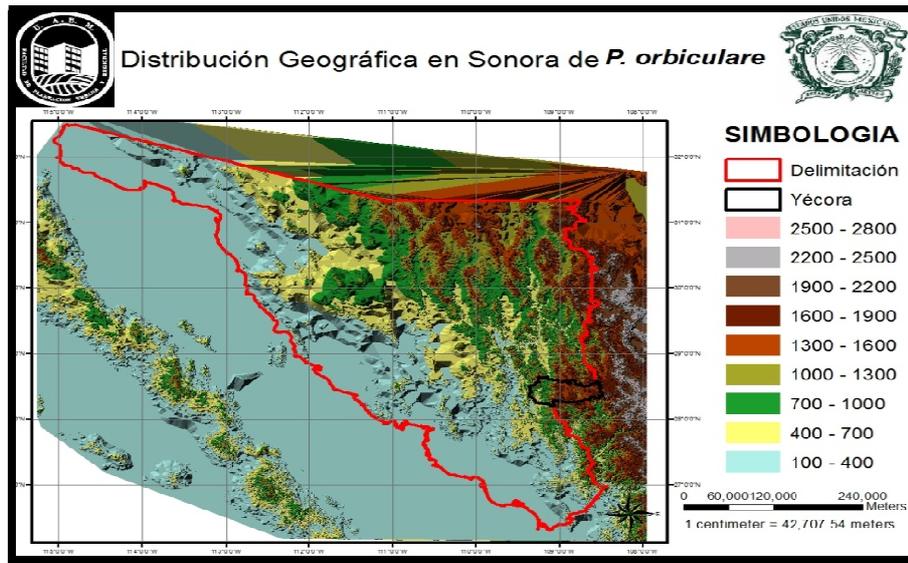
Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Hidalgo contenidos en la base de datos

En la Sierra madre Occidental se registró *P. orbiculare* en tres estados; Chihuahua (Mapa 6), Sonora (Mapa 7), y Durango (Mapa 8). Estos dos últimos estados comparten la presencia de la subespecie *P.o. bradti*, esta subespecie se registra en solo un municipio para cada uno de los estados. En Chihuahua; Temostachi, con una latitud de 1533 a 2866 msnm y Sonora; Yecora con una altitud de 400 a 2200 msnm. Durango fue el único estado que se registró en la Sierra Madre Occidental en donde se encontró *P.o. durangoensis* en cuatro de sus municipios; Mapimi, El Mezquital, San Juan del Rio y Súchil, municipios que se encuentran en un rango de 1166 a 3300 msnm.



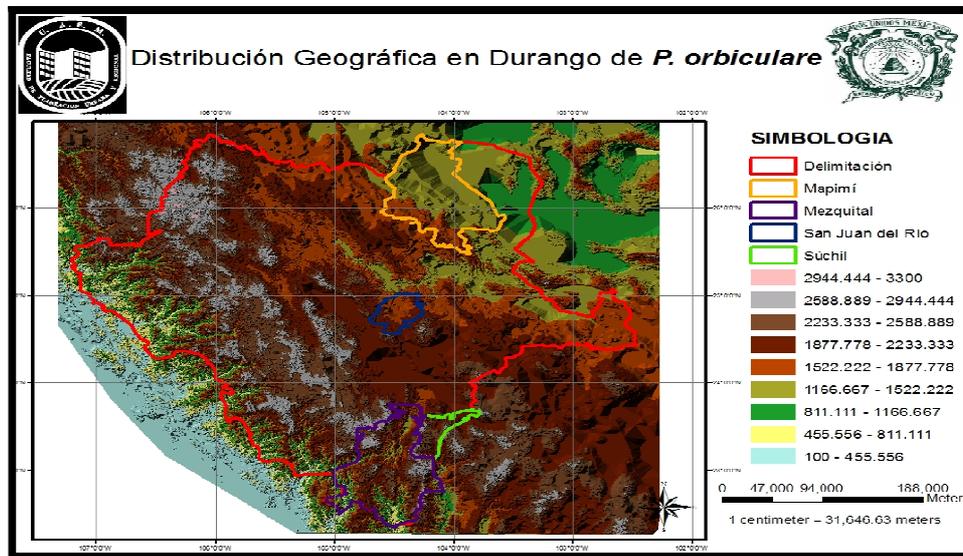
Mapa 6

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Chihuahua contenidos en la base de datos



Mapa 7.

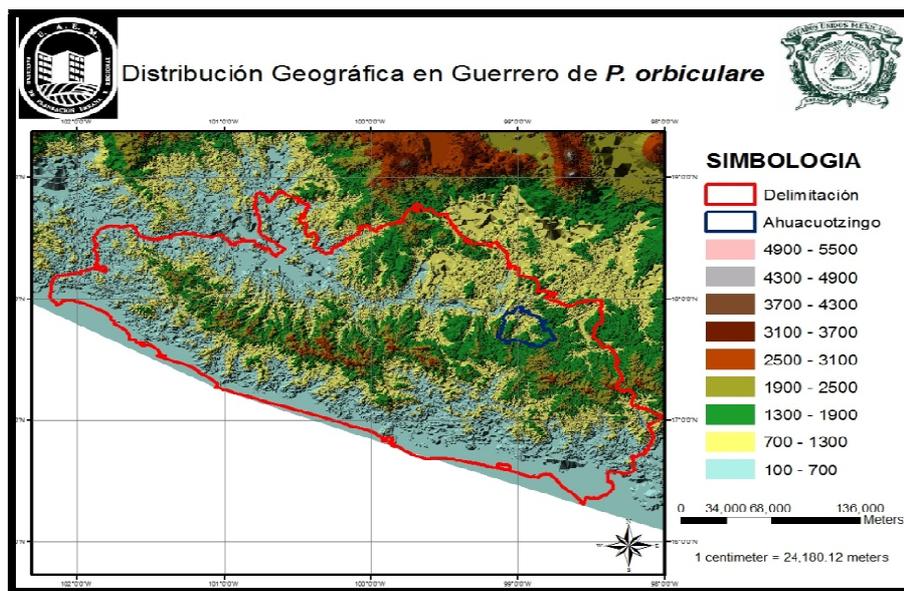
Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Sonora contenidos en la base de datos



Mapa 8.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Durango contenidos en la base de datos

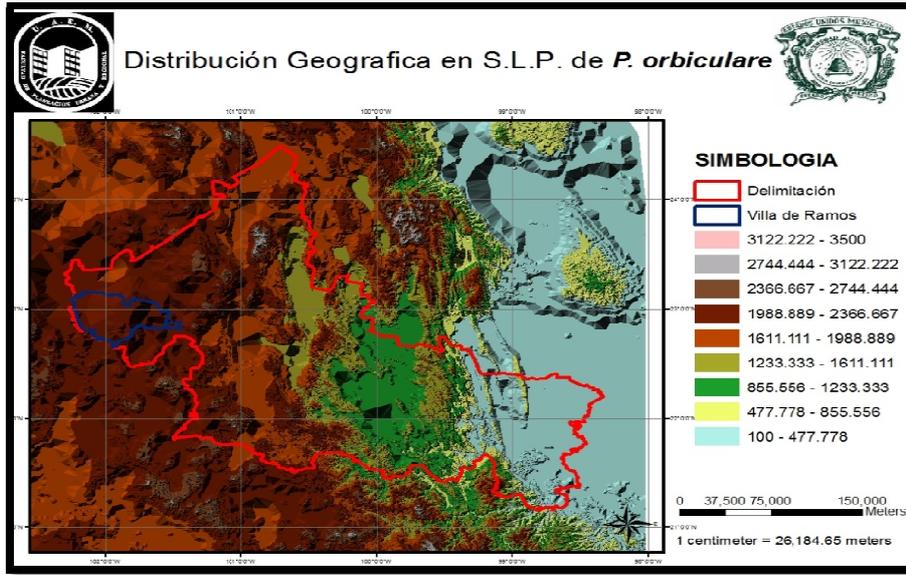
En la Sierra Madre del Sur se registró un único estado con presencia de *P.o. orbiculare*, Guerrero (Mapa 9), en el municipio de Ahuacotzingo, con un intervalo altitudinal de 700 a 1900 msnm.



Mapa 9.

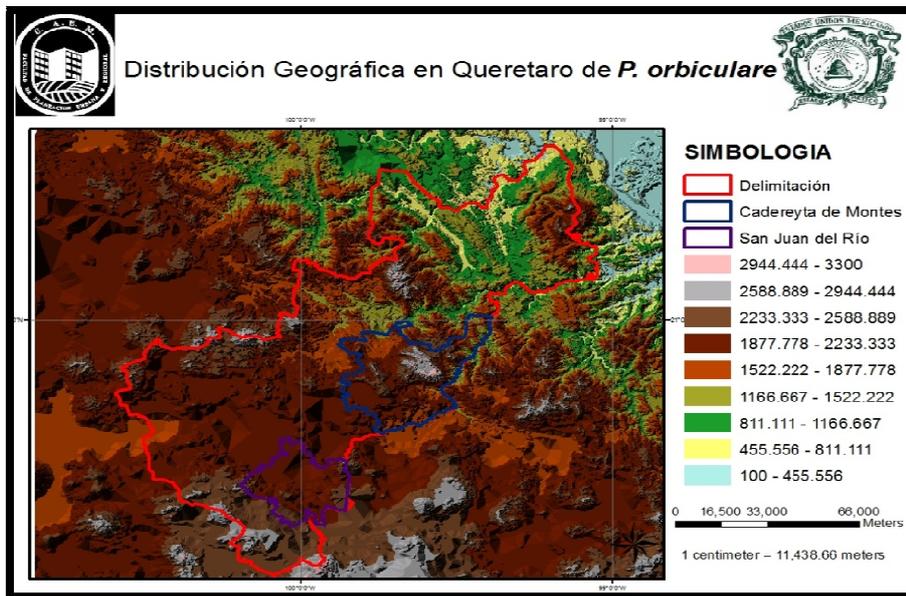
Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Guerrero contenidos en la base de datos

En la Meseta del Centro encontramos dos subespecies; *P. o. orientale* en Villa de Ramos, San Luis Potosí (Mapa 10), cuyas elevaciones están en el intervalo de los 1988 a los 2360 msnm y *P. o. boucardi* en Cadereyta de Montes y San Juan del Río, Querétaro (Mapa 11), en donde el intervalo altitudinal se encuentra entre los 1166 a los 3300 msnm.



Mapa 10.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Querétaro contenidos en la base de datos

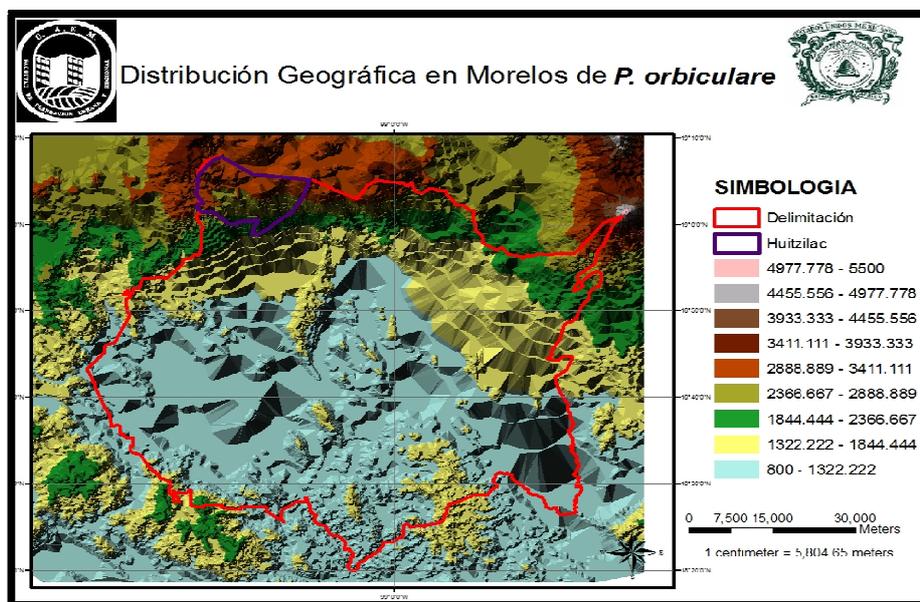


Mapa 11.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Querétaro contenidos en la base de datos

Por último, el Eje Neo Volcánico Transversal es la Barrera Biogeográfica que contiene más estados con presencia de *P. orbiculare* y sus subespecies, en particular; *P.o. orbiculare* y *P.o. cortezii*. Siendo un total de ocho estados con registro de estas subespecies. En cinco estos estados se distribuye la subespecie *P. o. orbiculare*; Querétaro, Morelos, Tlaxcala, Distrito Federal y Estado de México. Y tres estados con presencia de *P.o. Cortezii*; Puebla, Veracruz e Hidalgo.

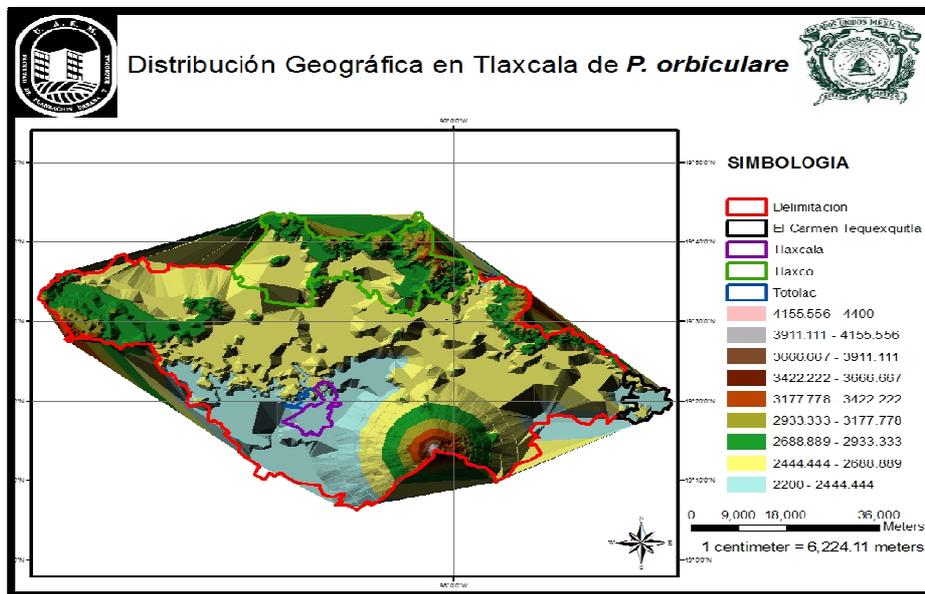
En Querétaro (Mapa 11), hay registro de *P. o. orbiculare* en San Juan del Rio En Huitzzilac, Morelos (Mapa 12) se registra *P.o. orbiculare* a una altitud de entre 1844 y 4455 msnm.



Mapa 12.

Figura 16. Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Morelos contenidos en la base de

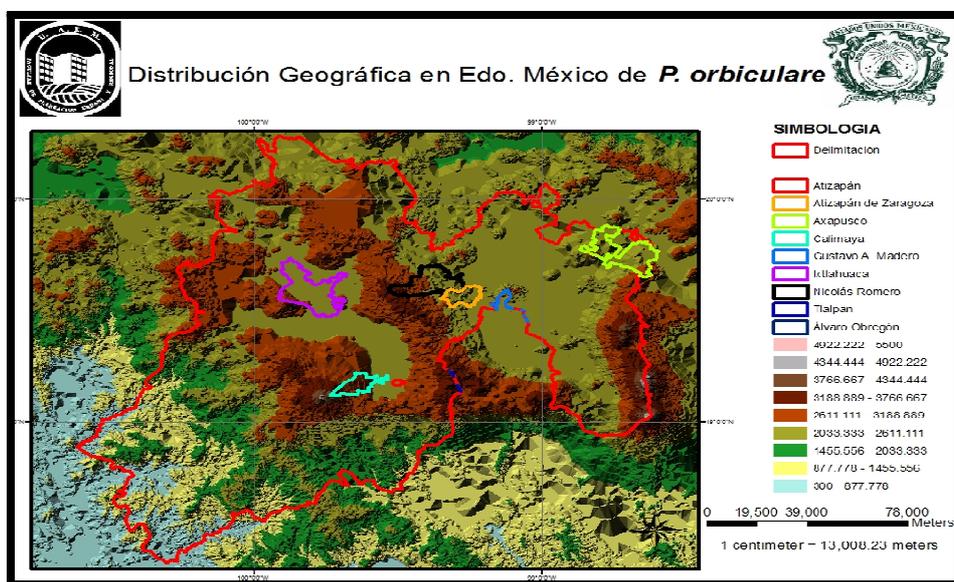
En Tlaxcala (Mapa 13) se registra *P. o. orbiculare* en cuatro de sus municipios; El Carmen, Tlaxcala; Tlaxco y Totolac, municipios que se ubican a una altitud que va de los 2200 a los 2688 msnm.



Mapa 13.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Tlaxcala contenidos en la base de datos

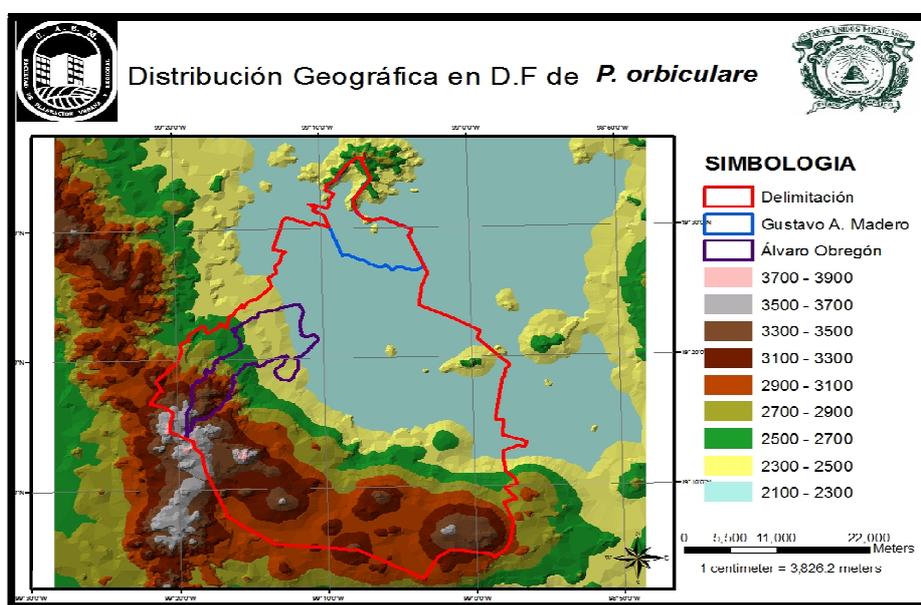
El Estado de México sobresale del resto de los estados de la colección debido a su alta incidencia de registros de la subespecie *P.o. orbiculare* en ocho de sus municipios que interactúan con el Eje neovolcánico Transversal. Municipios como: Atizapán, Atizapán de Zaragoza, Calimaya, Gustavo A. Madero, Ixtlahuaca, Nicolás Romero, Tlalpan y Álvaro Obregón, registran un gradiente altitudinal de entre 2033 y 4344 msnm como lo muestra en mapa 14.



Mapa 14.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios del Estado de México contenidos en la base de datos

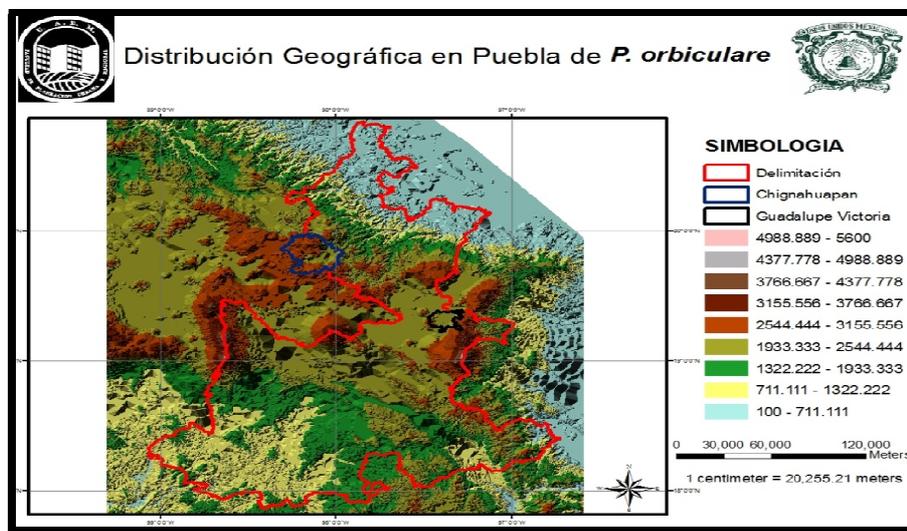
De igual manera el Distrito Federal (Mapa 15) registra *P.o. orbiculare* dentro del Eje Neo volcánico en dos de sus Municipios; Álvaro Obregón y Gustavo A. Madero, municipios que se observan están entre un rango altitudinal de entre 2300 y 3700 msnm.



Mapa 15.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios del Distrito Federal contenidos en la base de datos

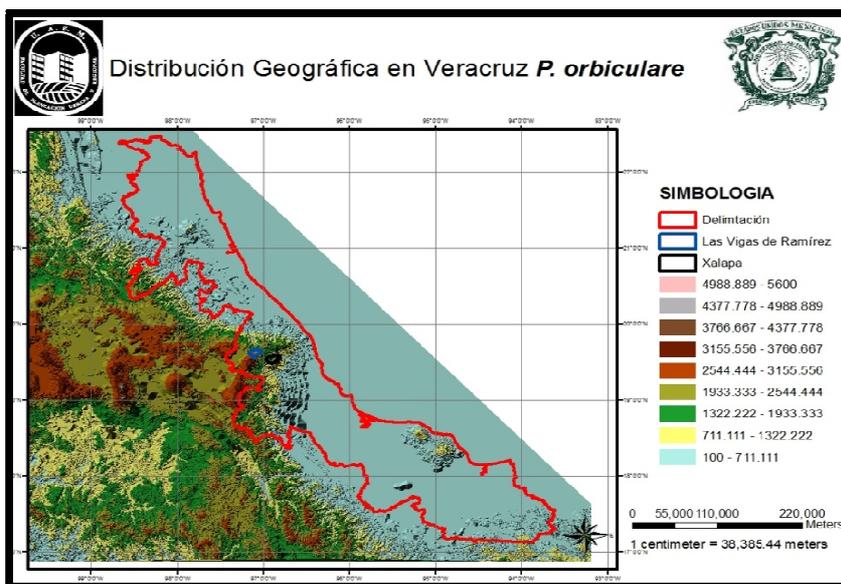
Por otro lado, como ya se mencionó hay registro de *P. o. cortezii* en tres estados que se localizan dentro del Eje Neovolcánico Transversal. Puebla (Mapa 16) con dos municipios: Chiagnahuapan y Guadalupe Victoria con altitudes que van de los 1933 a los 3155 msnm.



Mapa 16.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Puebla contenidos en la base de datos

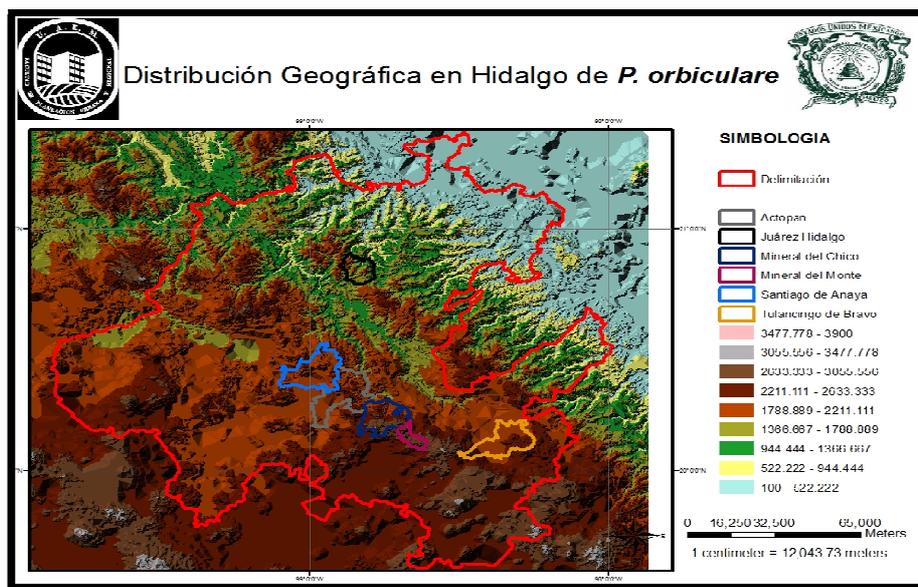
Sobre los 100 msnm se localizan los municipios de Las Vigas y Xalapa en el estado de Veracruz, en donde encontramos la subespecie *P.o. cortezii*, estos municipios llegan hasta una altitud de 3766 msnm como se puede observar en el mapa 16.



Mapa 16.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Veracruz contenidos en la base de datos

En el estado de Hidalgo (Mapa 17) se encontró registro de *P. o. cortezii* en los municipios de Actopan, Santiago de Anaya, Mineral del Chico y Mineral del Monte. Los Juarez de Hidalgo y Tulancingo, aunque aislados, registran la misma subespecie; *P.o. cortezii*.



Mapa 17.

Distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de Hidalgo contenidos en la base de datos

A continuación se muestra un cuadro comparativo con las subespecies de *P. orbiculare*, donde se mencionan los estados donde se tiene registro de las poblaciones; los caracteres morfológicos que se ha reportado son propios de cada subespecie; las principales barreras geográficas en las cuales se encuentran distribuidas, así como el tipo de clima y el intervalo altitudinal.

Cuadro 1. Síntesis de Resultados del Análisis de los Mapas generados a partir de la Base Datos para la Distribución de Geográfica de las Subespecies de *P. orbiculare* en la República Mexicana.

Subespecie	Caracteres Morfológicos	Distribución	Clima	Intervalo Altitudinal	Barrera Fisiográfica
<i>P.o.orientale</i>	Presenta una cabeza significativamente más amplia que <i>P. o. durangoensis</i>	Coahuila Nuevo León Zacatecas Jalisco San Luis Potosí	C(w) – Templado	1466-3300 msnm	SMOr MC
<i>P.o.cortezii</i>	Presenta un ancho de cabeza ligeramente más amplio que <i>P. o. bradtii</i> . El carácter significativo es el número de escamas laterales que son entre 24 y 32	Hidalgo Puebla Veracruz	C(w) – Templado	100- 3766 msnm	SMOr ENVT
<i>P.o.durangoensis</i>	Presenta una cabeza estrecha y un hocico afilado, en relación a <i>P. o. orientale</i> .	Durango	C(w) – Templado	1166 – 3300 msnm	SMOc
<i>P.o.bradtii</i>	Al igual que <i>durangoensis</i> su cabeza es estrecha.	Chihuahua Sonora	C(w) – Templado	400 – 2866 msnm	SMOc
<i>P.o.orbiculare</i>	No muestra diferencias significativas en cuanto al tamaño y forma del cráneo en relación al resto de las subespecies. El número de escamas laterales que presenta es entre 19 y 28.	Tlaxcala Guerrero Querétaro Morelos Edo, México D.F	C(w) – Templado	700 – 4455 msnm	SMS ENVT

(SMOc = Sierra Madre Occidental; SMOr = Sierra Madre Oriental; MC = Meseta Central; ENVT = Eje Neo Volcánico Transversal; SMS = Sierra Madre del Sur).

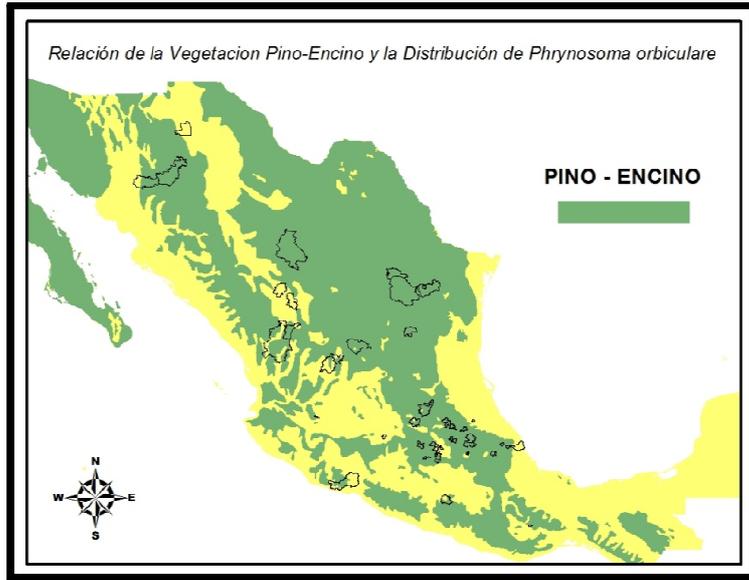
11. Discusión

A partir de una base de datos que se elaboró con diferentes colecciones tanto nacionales como internacionales y con ayuda del Software ArcGIS se logró cartografiar la distribución geográfica de las subespecies de *Phrynosoma orbiculare* en diversas localidades de 17 estados de la República Mexicana, para así establecer tanto los factores bióticos como abióticos que están relacionados con la distribución de esta especie a lo largo del país. Los mapas que se elaboraron muestran que la distribución de las cinco subespecies; *orientale*, *bradtii*, *cortezzi*, *durangoensis* y *orbiculare*, se encuentra en diferentes sitios específicos de las siguientes barreras fisiográficas; Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Meseta Central y el Eje Neo Volcánico Transversal.

Es importante destacar que los registros para la Sierra Madre del Sur en el municipio en Ahuacuotzingo, Guerrero, (Mapa 13) y la Meseta Central en Villa de Ramos, San Luis Potosí, (Mapa 14) que se encuentra en dos lugares de donde no se tenía registro y por su distribución podría ser la Subespecie *P. o. orbiculare* pero resulta importante la confirmar la presencia de estas poblaciones en los sitios mencionados (Ver Anexo 1).

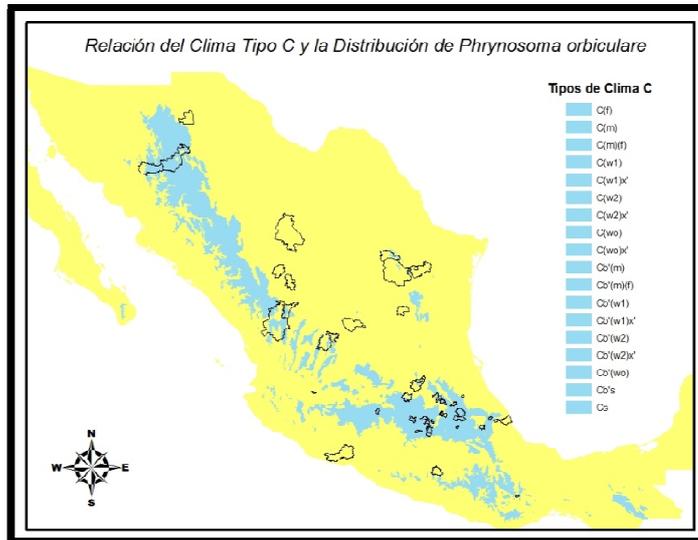
Así también, los mapas muestran que en promedio la elevación de los municipios fluctúa entre los 100 msnm y los 4455 msnm, Montanucci, (1987) reporta que *P. orbiculare* se distribuye en un intervalo altitudinal desde los 1371 hasta 3352 metros, por lo que, a pesar de que no se contó con las coordenadas precisas de ubicación de los ejemplares, los datos que se obtuvieron están dentro del intervalo reportado. Así mismo y relacionado con los intervalos altitudinales, el tipo de clima que es otra variable que determina la distribución de las especies (Mapa 19), es templado y el tipo de vegetación asociada a este clima es el pino-encino (Mapa 18).

Moreno-Barajas, (2012) reporta que *P. orbiculare* se encuentra asociada principalmente a bosques de pino-encino, lo cual está relacionado con la distribución histórico-geológica de la especie, ya que debido a las diversas glaciaciones que se presentaron durante el cuaternario las poblaciones de *P. orbiculare* quedaron aisladas en estos ambientes (Cuadro 1).



Mapa 18.

Relación de la Vegetación y la distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de recolección comprendidos en las colecciones analizadas.



Mapa 19.

Relación del Clima C y sus tipos y la distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de recolección comprendidos en las colecciones analizadas.

La particular distribución de las subespecies y su relación con los aspectos mencionados de clima y vegetación, obedece a la compleja historia geológica y evolutiva de este taxón, por ejemplo; la formación desde hace 30 Ma de tres de los cuatro complejos montañosos en México (SMO, SMO_r y ENT) (Bryson, 2011), el surgimiento de la meseta central acompañada de la subsecuente aridez de la zona al final del Plioceno, así como la fragmentación post-glacial de los bosques de pino-encino (McCormack, 2008).

Como se mencionó en el apartado anterior La distribución de los seres vivos no es aleatoria ya que las posibilidades de sobrevivencia de cada especie dependen de su adaptación a las circunstancias de cada región por determinados elementos del clima, como la incidencia de luz solar, temperatura y humedad, que resultan determinantes a escala regional, y de manera local algunos aspectos relacionados con la evolución y funcionamiento interno de los ecosistemas que son responsables de la presencia o ausencia de ciertas especies en ecosistemas particulares. De tal manera que el papel que ha desempeñado el ser humano al alterar conscientemente la cubierta vegetal para adaptarla a sus necesidades, y así, modifica cada vez más las áreas de distribución de numerosos taxones, lo cual ocasiona la disminución de las poblaciones hasta llevarlas a la extinción. (García-Cordon, 2009).

Para las diversas especies y en particular para los reptiles la adaptación resulta importante para su supervivencia, algunas de ellas se adaptan mejor que otras a la “antropización de su medio” y logran sobrevivir. Por ejemplo, la especie *Sceloporus subniger* se ha adaptado a vivir en los jardines de los municipios de Toluca, otras no tienen la misma tolerancia al cambio de su medio. Tal como lo descubrió en 1945 el herpetólogo Hobart Smith, (científico que más ha contribuido al conocimiento de los anfibios y reptiles de México), quien describió la especie *Anolis taylori* que habitaba al suroeste del puerto de Acapulco (Smith y Spieler, 1945) y que se distingue por tener una de las áreas de distribución más restringidas entre los reptiles y anfibios de México.

En la época en que fue descubierta esta lagartija, Acapulco contaba con muy pocos habitantes y estaba rodeado de exuberantes selvas y manglares. Ahora, sin embargo, ese puerto es una extensa metrópoli de más de un millón de habitantes, donde las selvas han sido casi completamente destruidas y la fauna exterminada. A finales de 1990 se llevó a cabo un extenso trabajo de campo para inventariar los vertebrados de los remanentes de selva de Acapulco. Se encontraron poblaciones pequeñas de *A. taylori* en el Parque

Nacional El Veladero y entre los lotes baldíos de dos fraccionamientos cercanos a Puerto Marqués. Sin embargo, su conservación a largo plazo es incierta, a pesar de ser una especie catalogada como rara en la lista oficial de especies en peligro de México NOM-059, ya que no existe ninguna seguridad de que algunos de los remanentes de selva en los que habita, incluyendo los del parque nacional, sobrevivan al crecimiento urbano de Acapulco (Ceballos. 2004).

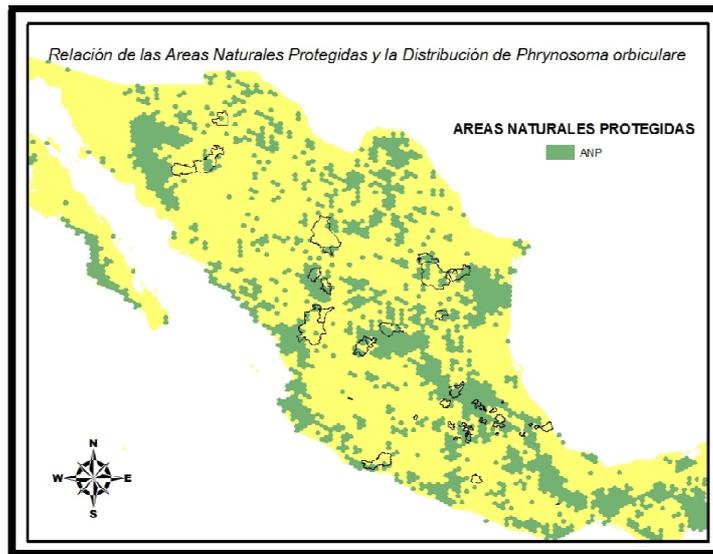
La difícil situación en la que se encuentra *A. taylori* es similar a la de cientos de otras especies de fauna y flora de México amenazadas por la extinción y la especie *P. orbiculare*, no es ajena a esto, debido a que esta especie como lo menciona, Moreno-Barajas (2012), tiene una larga historia relacionada con la vegetación de pino-encino lo que dificultaría su adaptación a otras condiciones diferentes a este ecosistema.

Existen diversos criterios para seleccionar las especies prioritarias para la conservación, de acuerdo a la clasificación de Ceballos, 2009 se considera como especies prioritarias a las que ya se encuentran catalogadas en peligro de extinción, posteriormente a las endémicas de distribución restringida y enseguida a las endémicas de amplia distribución. De acuerdo a esta clasificación, *P. orbiculare* es una especie catalogada de acuerdo a la NOM-059 como vulnerable y es endémica de distribución amplia. Aunado a lo anterior, se ha documentado que al menos dos subespecies *P. o. orientale* y *P. o. durangoensis*, debido al aislamiento que sufrieron debido al surgimiento de la meseta central, han sufrido un evento de especiación alopátrica, por lo que deben ser consideradas como especies diferentes a *P. orbiculare* (Bryson, 2011 y Moreno, 2012).

Hasta el momento se carece de algún programa de manejo y conservación para esta especie, a pesar de que es una especie prioritaria para la conservación, y es importante destacar que tampoco se cuenta con la cartografía de su distribución. En este sentido, la cartografía elaborada para este trabajo es útil como una base de información para generar hipótesis sobre las distribuciones particulares de la especie y las subespecies, así como para generar posibles modelos estadísticos que ayuden en la predicción de la distribución con la ayuda de métodos, como son el BIOCLIM, que toma en cuenta las condiciones bióticas y abióticas de las localidades donde ha sido recolectada una especie y modelar un nicho ecológico (Peaterson, 1999).

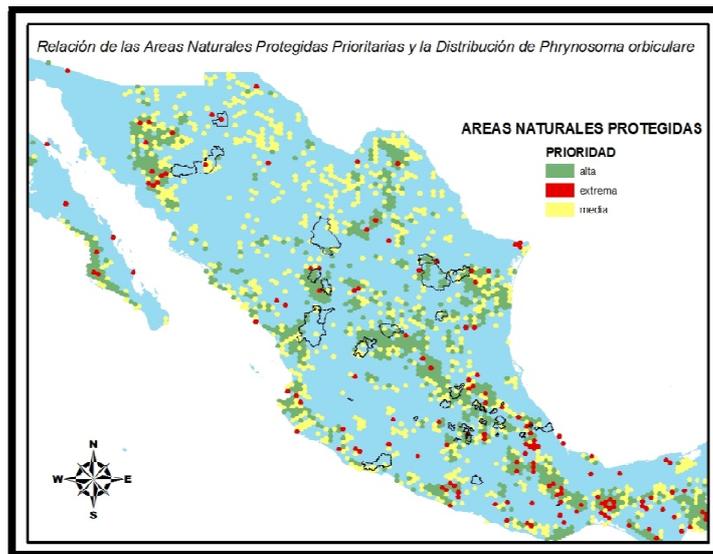
Por el contrario, los SIG también pueden ser útiles cuando se requieren optimizar recursos y tiempo en la efectividad de la protección y manejo de las especies, por ejemplo; con respecto a la toma de decisiones de qué zonas deben ser protegidas suelen ser subjetivas, en vez de tomarse con base en criterios biológicos. Lombard (1995) demuestra, a partir de índices de diversidad y endemismos, calculados por medio de los mapas de distribución de las especies de serpientes de Sudáfrica, que el 72-78% de la superficie donde habitan estas serpientes ya tenía algún tipo de protección. Con estos datos queda claro, que el esfuerzo suplementario que se necesita para completar la protección de una o varias especies no es tan grande como se tenía reportado. Dado que no todas las poblaciones presentan el mismo grado de vulnerabilidad, también es posible evaluar el grado de protección e identificar las áreas de mayor riesgo de extinción. Se pueden evaluar los efectos de las perturbaciones humanas, mapear y predecir la distribución de las distintas especies utilizadas como bioindicadores, estimar sus abundancias, y evaluar la protección de sus hábitats, identificando también nuevas zonas de reserva. Dado que el impacto humano es el que más perturba a los ecosistemas entonces la diversidad aumenta con la distancia a ciudades y carreteras (Smith, 1997).

Otra utilidad de los mapas realizados a través de la base de datos es visualizar las áreas de distribución y concentración de la especie *P. orbiculare* y generar distintos análisis; desde programar posibles colectas, a fin comprobar la ocurrencia de esa especie en cada localidad y con ello actualizar y complementar la base de datos con otros factores ambientales que permitan diversos análisis, hasta generar Superposiciones; por ejemplo dibujar zonas donde coincida la distribución de *Phrynosoma orbiculare* y las áreas naturales protegidas o las áreas protegidas prioritarias a la protección (Mapa 20 y 21). Aquí se podría mencionar algo más de los mapas, por ejemplo aproximadamente cuantos municipios se encuentran en ANP con prioridad alta de protección. El objetivo final de estas funciones es obtener un mayor conocimiento que el que proporcionan los datos y mapas de partida. Los SIG son, por lo tanto herramientas de simulación que permiten responder a la pregunta: ¿Qué pasaría si...?.



Mapa 20.

Relación de las Áreas Naturales Protegidas y la distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de recolección comprendidos en las colecciones analizadas.



Mapa 21.

Relación de las Áreas Naturales Protegidas en base a su prioridad y la distribución de *Phrynosoma orbiculare* en los municipios de recolección comprendidos en las colecciones analizadas.

Otra de las aplicaciones donde la utilización de Sistemas de Información Geográfica resulta más eficaz es el cálculo de distribuciones potenciales tanto de flora como de fauna. Los mapas de distribuciones potenciales se obtienen a partir de combinar factores

que relacionan especies y hábitats (variables ambientales) con datos de información remota de distribución de paisajes o unidades ecológicas. El objetivo final es producir modelos con una gran capacidad predictiva del hábitat potencial de cada especie, un ejemplo de ello es un estudio que se realizó en Portugal por J.C Brito, con el objetivo de conocer la posible distribución del lagarto verdinegro, *Lacerta schreiberi*, (la cual es una especie que se creía era de distribución limitada), basados en Mapas procedentes de Atlas Ambientales de 1983 y variables ambientales que se obtuvieron de otros trabajos en donde no se utilizaron SIG. Brito y colaboradores calculan la probabilidad de que la especie se encuentre o no en una cuadrícula dada, en función de las Variables ambientales existentes en la misma. El resultado es un mapa de puntos cuyos valores es la probabilidad de presencia de la especie estudiada y se compara con las citas obtenidas en el campo, resultando que el 75% de las cuadrículas con presencia son clasificadas correctamente, al igual que el 94% de las ausencias; en total, el 82% de las cuadrículas son clasificadas de forma correcta y demuestra así que las variables climáticas que mejor explican la distribución de las especies son la precipitación, la temperatura y la cobertura vegetal. Rivas-Martínez (1987).

Las ventajas que generan este tipo de estudios son:

- 1) Permite descubrir nuevas poblaciones que habían pasado inadvertidas anteriormente.
- 2) Agilizan y facilitan los estudios biogeográficos.
- 3) Se evalúa el nivel de conservación de una especie de forma eficaz (Brito, 1999). Como se explica en un estudio, que a partir de un modelo predictivo se consigue seleccionar áreas necesarias de conservación, identificar las áreas de mayor riesgo para la especie, evaluar el grado de protección en el que se encuentra y definir una estrategia de conservación (Sá-Sousa, 2000).

Parte importante del presente trabajo radica en el potencial que tienen los sistemas de información geográfica para el manejo y conservación de esta y otras especies, debido a que los mapas, se pueden entender como una forma de visualizar las áreas más importantes para la protección de *Phrynosoma orbiculare* y con ello poder jerarquizar las áreas de acuerdo al endemismo de las subespecies. Así mismo esta herramienta permite identificar y analizar procesos de distribución y patrones de hábitat importantes para el desarrollo de estrategias de conservación como la creación de nuevas ANP, un Manejo Forestal sustentable o la generación de unidades de manejo ambiental que tengan como objetivo garantizar la conservación de biodiversidad relacionada con la especie, formar

corredores biológicos y fomentar actividades de restauración basados en las preferencias del hábitat y la altitud de la especie.

Con respecto a la toma de decisiones la generación de políticas de conservación sustentadas con SIG permite identificar posibles carencias en los sistemas de áreas protegidas, ya que con los datos geográficos es posible generar todo tipo de análisis espacial, desde análisis sobre el área ocupada por una especie sobre un tipo de hábitat en particular, hasta proyectar en un mapa la presión humana que existe en las áreas prioritarias a la conservación, lo que resulta en una toma de decisión acertada respecto a los límites geográficos del área de conservación.

Un ejemplo de lo anterior es la recolonización de áreas por parte de especies económicamente problemáticas, que estuvieron ausentes de las mismas durante muchos años y que pueden producir enfrentamientos con agricultores y ganaderos, siendo necesario el establecimiento de un plan de manejo a nivel nacional. Estos planes ganan en calidad si son implementados mediante SIG. En un trabajo Corsi, (1999) calcula la distribución potencial del lobo (*Canis lupus*) a partir de diversas variables ambientales; existencia de tierras de cultivo, bosques, pastizales, eriales y de zonas urbanas; elevación, densidad humana, de carreteras y vertederos, densidad de ovejas, número de especies de ungulados e índices de diversidad y de dominancia, comparando aquellas zonas donde siempre estuvo presente y zonas donde nunca lo ha estado (buscan hábitats totalmente inadecuados para el lobo). Las propuestas fundamentales que se plantean son: (1) plantear una base para futuros estudios espaciales y de hábitats más profundos, (2) identificar la fragmentación en el hábitat del lobo, y (3) reconocer aquellas áreas que son más probables para una recolonización por parte del lobo. Por primera vez, se tienen conocimientos para predecir cómo afectan las decisiones de manejo en la ecología de las especies. Estas predicciones a mediano y largo plazo se cimientan sobre datos y resultados cada vez más consistentes.

Algunas dependencias medioambientales utilizan los sistemas de información geográfica como una herramienta fundamental para llevar a cabo sus objetivos. SEMARNAT, por ejemplo, a través de los SIG ha construido el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN), que genera bases de datos estadísticos, cartográficos y documentales que recopilan, organizan y difunden la información acerca del ambiente y los recursos naturales del país, así también integran información relativa a

los inventarios de recursos naturales, al monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo, al ordenamiento ecológico del territorio y a los registros, programas y acciones encaminados a la preservación del equilibrio ecológico y la protección al ambiente. Este sistema contiene mapas sobre las características ambientales del país en temas como vegetación, uso del suelo, cuerpos de agua, clima, programas ambientales y sociales, entre otros.

Por otro lado, la CONABIO ha generado el Sistema de Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), que es un conjunto de datos sobre la flora y fauna de México que reúne colecciones, inventarios, bases de datos, recolectas biológicas y cartografía, con la cual se generan diversos productos que guían la toma de decisiones relacionados con la conservación y uso de las especies, tales como el monitoreo de incendios forestales a través de la percepción remota e imágenes satelitales o el sistema de monitoreo de ecosistemas que, de manera cartográfica, muestra las posibles amenazas a éstos. En este mismo contexto, los trabajos respaldados con sistemas de información geográfica son importantes en materia nacional sobre la biodiversidad, por ejemplo; La Estrategia nacional sobre biodiversidad de México tiene como propósito el cumplimiento de los objetivos del CDB (Convenio sobre Diversidad Biológica) mediante un proceso continuo de participación y realización por parte de todos los sectores de la sociedad mexicana.

Y en particular; La Protección y Conservación así como el Conocimiento y el Manejo de la Información pueden ser respaldados con la ayuda de Sistemas de Información Geográfica en cada uno de los objetivos que se muestran el siguiente cuadro (Cuadro 2).

Cuadro 2. Líneas Estratégicas de La Estrategia nacional sobre biodiversidad de México que pueden ser respaldadas con la ayuda de SIG.

PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN	VALORACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	CONOCIMIENTO Y MANEJO DE LA INFORMACIÓN	DIVERSIFICACIÓN DEL USO
I.1. Conservación <i>in situ</i> . I.2. Rescate de elementos de la diversidad biológica I.3. Bioseguridad. I.4. Especies exóticas y traslocación. I.5. Prevención y control de actos ilícitos. I.6. Seguimiento. I.7. Atención a emergencias.	2.1. Importancia en la cultura nacional. 2.2. Aportaciones de la biodiversidad. 2.3. Actualización institucional.	3.1. Investigación y estudios. 3.2. Inventario y colecciones. 3.3. Rescate y sistematización de conocimientos. 3.4. Intercambio de información. 3.5. Difusión. 3.6. Educación ambiental. 3.7. Capacitación y Formación académica.	4.1. Uso actual. 4.2. Diversificación productiva. 4.3. Criterios e indicadores. 4.4. Comercialización y mercados.

Finalmente es importante mencionar que, debido a que en ciencias ambientales el objetivo es entender las relaciones que mantienen al ser humano y a la naturaleza unida; ello implica encontrar elementos importantes que generen propuestas sostenibles para mitigar los impactos que tiene el ser humano en la historia y ciclo de vida de las especies. De tal manera, que es prioritario comprender como se distribuyen geográficamente las poblaciones de las especies naturales. Es por lo anterior que los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta que nos permite establecer la distribución espacial de las poblaciones y de manera prioritaria las que se encuentran en algún estado de protección, principalmente a causa de la destrucción del hábitat, el cultivo excesivo, la contaminación y la introducción inadecuada de plantas y animales foráneos. De esta manera con la información que proporcionan los SIG, se pueden realizar propuestas más sólidas para el manejo y conservación de las especies, es importante destacar que el éxito en el rescate de las poblaciones se encuentra en que se involucre a la sociedad y un ejemplo claro de ello, se encuentra en que los casos de éxito en el manejo y conservación de especies prioritarias dentro de las Áreas Naturales Protegidas, son aquellos donde las comunidades se han involucrado en el proceso. Es por lo anterior que la integración de información biótica y abiótica relacionada con la distribución espacial de las especies es la base del manejo adecuado de la biodiversidad en general.

12. Conclusiones

-Con el análisis mediante un Sistema de Información Geográfica sobre las cinco subespecies de *Phrynosoma orbiculare* se encontró que existen factores ambientales relacionados con su distribución geográfica.

-Los factores ambientales relacionados con la distribución geográfica de las subespecies de *P. orbiculare* son dos de tipos; factores abióticos, relacionado con el clima de tipo templado y la altitud en un intervalo de 100 a 4455 metros, así como, la vegetación que es Pino-Encino.

P. o. orientale se distribuye en la Sierra Madre Oriental y *P. o. durangoensis* se distribuye en la Sierra Madre Occidental, ambas subespecies se encuentran aisladas por la meseta central.

P. o. cortezii y *P. o. orbiculare* se distribuyen a lo largo del eje neovolcánico transversal.

- A pesar de que las subespecies analizadas se distribuyen en sitios que comparten factores ambientales, se encuentran aisladas por barreras fisiográficas. Por ello es importante el establecimiento de programas o estrategias de manejo para cada una de ellas y no uno solo para la especie *P. orbiculare*.

-Con la revisión de las colecciones zoológicas de las subespecies se encontró que hay nuevos municipios en donde se reporta la presencia de alguna de las subespecies de *Phrynosoma orbiculare*; Villa de Ramos en San Luis Potosí y Ahuacotzingo, Guerrero.

13. Bibliografía

Aguilera, C. (1985). *Flora y fauna mexicana*. España: Everest.

Agenda Ecológica Federal (2008). *Compendio de leyes, reglamentos y otras disposiciones conexas sobre la materia*. México: Ediciones Fiscales ISEF.

Casas, Andreu, Z. Uribe Peña, A. Ramírez Bautista (2000). *Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal*, México: UNAM.

Alderton, D. (1997). *Crocodiles and alligators of the world*. London: Blandford.

Arellano Hernández, A. (2001). “Llegó el caimán: los dragones en el mundo maya”, en Y. González-Torres (ed.). *Animales y plantas en la cosmovisión mesoamericana*. México: Plaza y Valdés Editores.

Avise, J.C. (2000). *Phylogeography: The History and Formation of Species*. EE. UU.: Harvard University Press.

Bastos Silveira. C. y A.M. Lister (2006). “A morphometric assessment of geographical variation and subspecies in impala”. *Journal of Zoology*.

Begon M., J.L. Harper y C.R. Townsend (1999). *Ecología: Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Barcelona: Ediciones Omega.

Bojórquez Tapia, L.A., I. Azuara, E. Ezcurra y O. Flores Villela (1995). “Identifying Conservation Priorities in México through Geographic Information Systems and Modelling”. *Ecological Applications* vol. 5.

Brito, J.C., R. Godinho, C. Luís, O.S. Paulo y E. G. Crespo (1999). “Management strategies for conservation of the lizard *Lacerta schreiberi* in Portugal”. *Biological Conservation*.

Brown, J.H. y A.K. Lee (1969). “Bergmann’s rule and climatic adaptation in woodrats”. *Evolution*.

Bryson, R.W., U.O. García-Vázquez y B.R. Riddle (2011). “Diversification in the Mexican hornedlizard *Phrynosoma orbiculare* across a dynamic landscape”. *Molecular Phylogenetics and Evolution*.

Campbell, J. A. y W.W. Lamar (1989). *The Venomous Reptiles of Latin America*. Comstock Publishing Associates. Londres: Cornell University Press / Ithaca.

Campbell, J.A. y W.W. Lamar (2004). *The Venomous Snakes of the Western Hemisphere*. Londres: Cornell University Press / Ithaca.

Casas, A. G. y C. J. McCoy (1979). *Anfibios y reptiles de México*. México: Limusa.

Ceballos, G. (1999). *Áreas prioritarias para la conservación de los mamíferos de México*. Biodiversitas.

Ceballos, G., H. Gómez de Silva y C. Arizmendi (2002). *Áreas prioritarias para la conservación de las aves de México*. Biodiversitas.

Ceballos, G. y J. Pacheco (2004). *La conservación de los reptiles y anfibios de México*. CONABIO. Biodiversitas

Clark, R.D. (2008). “The spatial ecology of yellow-eyed penguin nest site selection at breeding areas with different habitat types on the South Island of New Zealand”. Unpublished MSc thesis, Dunedin, New Zealand: University of Otago.

Co-operation on Health and Biodiversity (2012), *the importance of biodiversity to human health*.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2013), *Base de Datos*, <http://www.conabio.gob.mx/> (consulta: agosto de 2012).

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2012), *Áreas Naturales Protegidas y desarrollo social en México*.

Corsi, F., E. Duprè, y L. Boitani (1999). “A large-scale model of Wolf distribution in Italy for conservation Planning”. *Conservation Biology*.

Del Campo y Sánchez, R. (1956). “La anatomía entre los mexica”. *Rev Soc Mex Hist Natural*, vol. XVII.

Dinerstein, E., D.M. Olson, D.J. Graham, A.L. Webster *et al.* (1995). *A Conservation Assessment of the Terrestrial Ecoregions of Latin America and the Caribbean*. Washington, DC: World Bank.

DMEER (Digital Map of European Ecological Regions Project) (2000), *The Digital Map of European Ecological Regions*. Paris: European Union.

Duméril, A.M.C. y G. Bocourt (1870). “Erpétologie Générale ou Histoire Naturelle Complete des Reptiles”, *Libr. Encyclopédique Roret*, vol. 4. París.

Ehrlich P.R., A.H. Ehrlich (1981), “Extinción (1)”, *Biblioteca Salvat Científica*.

Fontanillas, P.J.C., C. García, A., S. I. De Gaspar (2000). *Los reptiles: Biología, comportamiento y Patología*. México: Mundi Prensa.

Freiberg, Marcos (1970). *El mundo de los ofidios*. Buenos Aires: Editorial Albatros.

García Codron, Juan Carlos (2009). *Biogeografía: Los factores de distribución de los seres vivos*. Universidad de Cantabria

Graham, C.H. (2004). “Integrating phylogenetics and environmental niche models to explore speciation mechanisms in dendrobatid frogs”. *Evolution Int. J. Org. Evolution*.

González Medrano, F. (2003). *Las comunidades vegetales de México. Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México*. México: INE-Semarnat.

Granados Sánchez, Diódoro y Lourdes Pérez Castañeda (1995). *Destrucción del Planeta y educación ambiental*. México: Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco.

Grismer, L.L (1999). *Amphibians and Reptiles of Baja California*. Berkeley, EE. UU.: University of California Press.

Hernández Xolocotzi, E. (1998). “Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal”, en: *Diversidad Biológica de México*, T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). México: Instituto de Biología, Universidad Autónoma de México.

Horowitz, S.B. (1955). *An arrangement of the subspecies of the horned toad, Phrynosoma orbiculare (Iguanidae)*.

INECC (2007). “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”, en *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010. México

Ives A. y S. Carpenter (2007). “Stability and diversity of ecosystems”. *Science*.

James, F.C. (1970). “Geographic size variation in birds and its relationship to climate”. *Ecology*.

Kozak, K.H. y J.J. Wiens (2006). “Does niche conservatism promote speciation? A case study in North American salamanders”. *Evolution nt. J. Org. Evolution*.

Kozak, K.H., Wiens, J.J. y Graham H.C. (2008). “Integrating GIS-based Environmental Data into Evolutionary biology”. *Trends in Ecology and Evolution* vol. XXX, núm. X.

Knouft, J.H. (2004). “Latitudinal variation in the shape of the species body size distribution: an analysis using freshwater fishes”. *Oecologia*.

Knouft, J.H. (2009). “Assessing concurrent patterns of environmental niche and morphological evolution among species of horned lizards (*Phrynosoma*)”. *J. Evol. Biol.* 22.

Leaché, A.D., J.A. McGuire (2006). “Phylogenetic relationships of horned lizards (*Phrynosoma*) based on nuclear and mitochondrial data: evidence for a misleading mitochondrial gene tree”. *Mol. Phylogen.*

Lombard, A.T., A.O. Nicholls y P.V. August (1995). “Where should nature reserves be located in South Africa? A snake’s perspective”. *Conservation Biology*, 9: 363-372.

Loreau M y P. Inchausti (2002). *Biodiversity and ecosystem functioning the emergence of a synthetic ecological framework*.

Loreau M., S. Naeem, P. Inchausti, *et al.* (2001). “Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges”. *Science*.

Manier, M. (2004). “Geographic variation in the long-nosed snake, *Rhinocheilus lencotei* (Colubridae): beyond the subspecies debate”. *Biological Journal of the Linnean Society*.

Martín Sánchez, R. (1937). *Los batracios y reptiles según los códigos y relatos de los antiguos mexicanos Anales del Instituto de Biología 1937*, Tomo VII.

Marchant, S., P.J. Higgins (1990). *Handbook of Australian, New Zealand and Antarctic birds*. Melbourne, Australia: Oxford University Press.

Mittermeier R.A., N. Myers, C.G. Mittermeier, P.R. Gill (1988). *Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. México: CEMEX S.A.

McCormack, J.E., A.T. Peterson, E. Bonaccorso, T.B. Smith (2008). "Speciation in the 688 highlands of Mexico: genetic and phenotypic divergence in the Mexican jay 689 (*Aphelocoma ultramarina*)". *Mol. Ecol.*

Méndez de la Cruz, F.R., R.W. Murphy (2008). "Deep biogeographical history and cytonuclear discordance in the black-tailed brush lizard (*Urosaurus nigricaudus*) of Baja California". *Biol. J. Linnaean Soc.* 94, 89-104.

Méndez de la Cruz, F., O. Hernández Gallegos y F. Rodríguez Romero (2003). *Phrynosoma orbiculare. Elaboración de fichas de 5 especies de lacertilios: PROY-NOM-059 ECOL-2000*. México: Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W033.

Montanucci, R. (1979). "Notes on systematic of Horned Lizards allied to *Phrynosoma orbiculare* (Lacertilia: Iguanidae)". *Herpetologica*.

Montanucci, R.R. (1987). "A phylogenetic study of the horned lizards, genus *Phrynosoma*, based on skeletal and external morphology". *Contrib. Sci.*

Montanucci, R. (2004). "Geographic variation in *Phrynosoma coronatum* (Lacertilia Phrynosomatidae): Further evidence for a peninsular archipelago". *Herpetologica*, 60: 117-139.

Moreno Barajas, Ruth (2012), *Morfología geométrica en el Complejo *Phrynosoma orbiculare*; evolución y adaptación*. México. UAEM.

Peterson, A.T., J. Soberón y V. Sánchez-Cordero (1999). "Conservatism of ecological niches in evolutionary time". *Science*.

Porter, K.R. (1972). *Herpetology*. Philadelphia, London, Toronto: W.B. Saunders Company.

Ramamoorthy, T., R. Bye, A. Lot, J. Fa (1998). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford University Press, Oxford.

Rissler, L.J. y J.J. Apodaca (s/a). *Adding more ecology into species delimitation: ecological niche models and phylogeography help define cryptic species in the black salamander (*Aneides flavipunctatus*)*.

Rivas Martínez, S. (1987). *Memoria del mapa de vegetación de series de vegetación de España*. ICONA. Serie Técnica.

Ryan D. Clark, Renaud Mathieu y Philip J. Seddon (2008). *Geographic Information Systems in wildlife management. A case study using yellow-eyed penguin nest site data*

Sá-Sousa, P. (2000). “A predictive distribution model for the iberian wall lizard (*Podarcis hispanica*) Portugal”. *Herpetological Journal*, 10: 1-11.

Star, J. y J. E. Estes (1990). *Geographic Information Systems: An Introduction*, EE. UU.: University of California.

Semarnap (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) (1999). *Proyecto para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de los Crocodylia en México (COMACROM)*. México: Instituto Nacional de Ecología.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2007). *Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio*. México.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2000). *Estrategia Nacional sobre biodiversidad de México*. México.

Smith, A.P., N. Horning y D. Moore (1997). “Regional biodiversity planning and Lemur conservation with GIS in western Madagascar”. *Conservation Biology*.

Smith, H.M. y R.A. Spieler (1945). *A new anole from Mexico*. *Copeia*

Sherbrooke, W.C. (2003). *Introduction to Horned Lizards of North America*. University of California Press, CA.

Sherbrooke, W.C. (1981). *Horned Lizards. Unique Reptiles of Western North America*. Southwest Park and Monuments Association, Arizona.

UICN (2003). *IUCN Red List of Threatened species*. Gland.

UICN, (2009). “Protected Areas”, <http://www.iucn.org/> (consulta: septiembre de 2012).

UICN, (2013). *Red List of Threatened Species*, <http://www.iucn.org/> (consulta: octubre de 2013).

Wiens, J.J. (2004). “Speciation and ecology revisited: phylogenetic niche conservatism and the origin of species”. *Evolution Int. J. Org.*

Wright, M. (1998). *Ecotourism on Otago Peninsula: preliminary studies of yellow-eyed penguin (*Megadyptes antipodes*) and Hooker’s sea lion (*Phocarctos hookeri*)*. Science for Conservation. Department of Conservation, Wellington, New Zealand.

Colecciones analizadas

Colección Universidad de Arizona; Department of Ecology and Evolutionary Biology.
University Of Arizona Museum Of Natural History Amphibian and Reptile Collection :
<http://eebweb.arizona.edu/collections/herp/amphibian.htm>

Colección Museo Americano de Historia Natural, American Museum of Natural History:
<http://www.amnh.org/>

Colección Museo Field de Chicago: <http://www.fieldmuseum.org/>

Colección Nacional de Anfibios y Reptiles de la UNAM:
<http://www.ibiologia.unam.mx/cnar/datos.html>

Colección Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM:
<http://biologia.fciencias.unam.mx/BSAMZFC/BSAMZFC.htm>

14. Anexos

ANEXO 1

Base de Datos Utilizada para este Trabajo creada a través de cinco colecciones en donde se analizaron los datos de 160 organismos del género *Phrynosoma*, provenientes de Colecciones de 5 Instituciones diferentes, de los cuales 9 pertenecen a la Universidad de Arizona, 60 al Museo Americano de Historia Natural, 26 al Museo Field de Chicago, 31 a la Colección Nacional de Anfibios y Reptiles de la UNAM y 34 organismos del Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Estos organismos fueron registrados en Norte América utilizadas para esta investigación fueron estudiadas a fin de analizar y discriminar cada uno de los datos contenidos en las colecciones, descartando así 103 organismos, de los cuales quince organismos cuyos datos comprendían otro tipo de especie de diferente a *Phrynosoma orbiculare*, como; *hernadesii*, *douglasi* y *modestum* fueron descartados, cuarenta y nueve organismos fueron descartados por presentar su ubicación geográfica dentro de Norte América, veinticuatro organismos se descartaron por no contener datos con respecto a su municipio de origen o recolección y quince organismos se descartaron por no contener información suficiente con respecto a especie. Quedando así 160 organismos que cumplen con los datos geográficos y de especie necesarios para el presente trabajo.

Especie	Subespecie	País	Estado	Municipio	Colección
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	México	Hidalgo	Actópan	AMNH
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	AMNH
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	AMNH
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	AMNH
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	AMNH
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	AMNH
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	AMNH
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare orbiculare</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare orbiculare</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	Museo de Chicago
orbiculare	<i>Phrynosoma orbiculare cortezii</i>	Mexico	Hidalgo	Actópan	Museo de Chicago

orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	Mexico	Hidalgo	Actópan	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Guerrero	Ahuacuotzingo	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Distrito Federal	Alvaro Obregon	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Coahuila	Arteaga	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Mexico	Atizapan	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Atizapan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Atizapan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Mexico	Axapusco	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Querétaro	Cadereyta de Montes	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Querétaro	Cadereyta de Montes	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Querétaro	Cadereyta de Montes	CNAR-UNAM

orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Mexico	Calimaya	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Mexico	Calimaya	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Mexico	Calimaya	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Mexico	Calimaya	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Calimaya	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Calimaya	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Calimaya	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Calimaya	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Calimaya	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Calimaya	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	México	Calimaya	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	Mexico	Tlaxcala	Carmen Tequexquitla	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias

					de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	Mexico	Puebla	Chignahuapan	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	Mexico	Durango	El Salto	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	Mexico	Nuevo Leon	Galeana	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	Mexico	Nuevo Leon	Galeana	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	Mexico	Nuevo Leon	Galeana	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	Mexico	Nuevo León	Galeana	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Nuevo León	Galeana	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Nuevo León	Galeana	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Nuevo León	Galeana	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Nuevo León	Galeana	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Nuevo León	Galeana	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Nuevo León	Galeana	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Zacatecas	Genaro de Codina	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Zacatecas	Genaro de Codina	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Zacatecas	Genaro de Codina	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare	México	Puebla	Guadalupe	CNAR-UNAM

				Victoria	
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Distrito Federal	Gustavo A. Madero	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Distrito Federal	Gustavo A. Madero	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Distrito Federal	Gustavo A. Madero	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Distrito Federal	Gustavo A. Madero	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Distrito Federal	Gustavo A. Madero	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Distrito Federal	Gustavo A. Madero	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	México	Gustavo A. Madero	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezi	México	Hidalgo	Hidalgo	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	México	Huitzilac	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	México	Huitzilac	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Morelos	Huitzilac	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Morelos	Huitzilac	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Morelos	Huitzilac	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Morelos	Huitzilac	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	México	Ixtlahuaca	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Veracruz	Las Vigas	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Las Vigas	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Las Vigas	Museo de Chicago

orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Las Vigas	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Nuevo León	Linares	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	Mapimi	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	Mapimi	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Durango	Mapimi	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Durango	Mapimi	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Durango	Mapimi	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Durango	Mapimi	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	Mezquital	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Nuevo León	Mier y Noriega	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Nuevo León	Mier y Noriega	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Hidalgo	Mineral del Chico	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Hidalgo	Mineral del Chico	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	México	Naucalpan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	México	Nicolás Romero	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	México	Nicolás Romero	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Querétaro	San Joaquín	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Querétaro	San Joaquín	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	San Juan del Rio	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	San Juan del Rio	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	San Juan del Rio	AMNH

orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	San Juan del Rio	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	San Juan del Rio	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare durangoensis	México	Durango	San Juan del Rio	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Hidalgo	Santiago De Anaya	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Durango	Súchil	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare bradti	México	Chihuahua	Temósachi	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare bradti	México	Chihuahua	Temósachi	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare bradti	México	Chihuahua	Temósachi	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare bradti	México	Chihuahua	Temósachi	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare bradti	México	Chihuahua	Temósachi	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare bradti	México	Chihuahua	Temósachi	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare bradti	México	Chihuahua	Temósachi	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	México	Tlalpan	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Tlaxcala	Tlaxcala	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Tlaxcala	Tlaxco	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Tlaxcala	Tlaxco	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Tlaxcala	Totolac	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Hidalgo	Tulancingo de Bravo	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Hidalgo	Tulancingo de Bravo	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Hidalgo	Tulancingo de Bravo	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Hidalgo	Tulancingo de Bravo	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Hidalgo	Tulancingo de	Museo de Zoología de la Facultad de Ciencias

				Bravo	de la UNAM.
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	San Luis Potosí	Villa de Ramos	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	San Luis Potosí	Villa de Ramos	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Jalisco	Villa Hidalgo	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Jalisco	Villa Hidalgo	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Jalisco	Villa Hidalgo	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Zacatecas	Villanueva	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Zacatecas	Villanueva	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orientale	México	Zacatecas	Villanueva	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Veracruz	Xalapa	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Veracruz	Xalapa	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Xalapa	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Xalapa	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Xalapa	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Xalapa	Museo de Chicago
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Xalapa	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare cortezii	México	Veracruz	Xalapa	CNAR-UNAM
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Sonora	Yécora	U.Arizona
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Sonora	Yécora	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Sonora	Yécora	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Sonora	Yécora	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Sonora	Yécora	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Sonora	Yécora	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Sonora	Yécora	AMNH
orbiculare	Phrynosoma orbiculare orbiculare	México	Sonora	Yécora	AMNH