



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Patrones geográficos de la diversidad del género
Sceloporus (Wiegmann, 1828) (Squamata-
Phrynosomatidae) en México

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

DANIELA GARCÍA BALCÁZAR

DIRECTOR DE TESIS:

DR. DAVID NAHUM ESPINOSA ORGANISTA

ASESOR DE TESIS:

M. EN C. GENARO MONTAÑO ARIAS

Proyecto apoyado por DGAPA-PAPIIT No. RN215914



Ciudad de México, Junio 2017



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
 "ZARAGOZA"
 DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
 PRESENTE.

Comunico a usted que la alumna **GARCÍA BALCÁZAR DANIELA**, con número de cuenta **309188869**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **20 de junio de 2017** a las **09:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE Dr. ANTONIO ALFREDO BUENO HERNÁNDEZ

VOCAL Dr. DAVID NAHUM ESPINOSA ORGANISTA

SECRETARIO M. en C. GENARO MONTAÑO ARIAS

SUPLENTE Dr. MANUEL FERIA ORTIZ

SUPLENTE Dr. ALBERTO MÉNDEZ MÉNDEZ

El título de la tesis que presenta es: **Patrones geográficos de la diversidad del género *Sceloporus* (Wiegmann, 1828) (Squamata-Phrynosomatidae) en México.**

Opción de titulación: Tesis

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
 Ciudad de México, a 17 de mayo de 2017.

RECIBÍ
 OFICINA DE EXÁMENES
 PROFESIONALES Y DE GRADO

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
 DIRECTOR DIRECCIÓN

RECIBÍ
 VO. BO.
 M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
 JEFE DE CARRERA

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a la Universidad Nacional Autónoma de México que me aceptó como universitaria desde mis primeros años de vida y a la Honorable Facultad de Estudios Superiores Zaragoza quien contribuyo significativamente a mi formación como profesionista.

Al proyecto No. RN215914 “Bosques templados húmedos mexicanos: propuesta para su conservación basada en estudios biogeográficos y de variación genética” por el apoyo otorgado.

A agradezco también a mi director de tesis Dr. David Nahúm Espinoza Organista por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su conocimiento, así como también por haberme tenido toda la paciencia para guiarme durante todo el desarrollo de mi tesis.

Al M. en C. Genaro Montaña Arias por sus comentarios, su ayuda, su dedicación y comprensión a lo largo de la elaboración de mi tesis.

A mis sinodales:

Dr. Antonio Alfredo Bueno Hernández quien hizo de mis salidas de campo una experiencia inolvidable y muy formativa.

Dr. Manuel Feria Ortiz por sus sabios consejos y por esas ganas de transmitirme su conocimiento

Dr. Alberto Méndez Méndez su orientación y su paciencia.

,

*“El amor por todas las criaturas vivientes
es el más noble atributo del hombre”*

Charles Darwin

DEDICATORIA

Primero quiero agradecer a mi mamá Linda Balcázar por ser una mujer ejemplar, por todo su esfuerzo para apoyarme en cada momento de mi vida, por enseñarme a no rendirme ante las adversidades y sobre todo a cumplir mis sueños y metas.

Quiero agradecer a mis hermanos Iván y Erick quienes son mi ejemplo a seguir y porque siempre me han brindado sus consejos y sus sabias palabras.

Quiero agradecer a mi abuelito Pepe por su amor incondicional, por su apoyo y siempre estar al pendiente de mí.

Quiero agradecer a mi familia quienes me incentivaron en muchos sentidos a seguir adelante y sin su apoyo esto no hubiera sido posible.

Quiero agradecer a mi novio Alan quien ha sido una motivación en mi vida encaminada al éxito y sacando la mejor versión de mí todos los días. Por ser el ingrediente perfecto para poder alcanzar esta dichosa y muy merecida victoria en mi vida, por creer en mí y sobre todo por su amor incondicional.

Quiero agradecer a Oscar y César con los cuales compartí momentos llenos de alegría, quienes me cuidaron y hasta el día de hoy me han apoyado.

Quiero agradecer a Isaac, Ulises y Guillen quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento y su apoyo, pero sobre todo por ser esa familia que uno escoge.

Quiero agradecer a la Doctora Bertha por su amistad y escucharme cuando necesitaba un consejo.

Quiero agradecer a todos mis maestros que me ayudaron en mi formación académica.

También al Doctor Víctor Chávez por su cariño a lo largo de mi vida y por su apoyo incondicional.

Al Doctor Javier Caballero por sus comentarios, su amistad y su apoyo.

Al diseñador Julio Cesar Montero por su amistad y ayuda en la edición de mi tesis.

Por último, quiero agradecer a mi persona por nunca darme por vencida a pesar de que el camino no fue fácil. Hoy en día veo lo mucho que he crecido en mi formación como estudiante y personal y puedo decir con orgullo “Lo logre”.

“No te rindas, por favor no cedas, aunque el frio queme,

aunque el miedo muerda, aunque el sol se esconda,

y se calle el viento, aún hay fuego en tu alma,

aún hay vida en tus sueños.

Porque la vida es tuya y tuyo también el deseo,

porque cada día es un comienzo nuevo,

porque esta es la hora y el mejor momento.”

Mario Benedetti

INDICE

1. RESUMEN.....	9
2. INTRODUCCIÓN.....	10
3. MARCO TEÓRICO.....	11
3.1 Provincias herpetofaunísticas.....	11
3.2 Escalas de la biodiversidad.....	12
3.3 Descripción del género <i>Sceloporus</i>	13
4. JUSTIFICACIÓN.....	13
5. OBJETIVOS.....	14
5.1 Objetivo general.....	14
5.2 Objetivos particulares.....	14
6. MÉTODO.....	14
6.1 Regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna- Trujillo (1990).....	14
6.2 Obtención de datos.....	15
6.3 Depuración de datos.....	15
6.4 Patrones espaciales de la diversidad alfa y beta.....	15
6.5 Distribución conocida del género <i>Sceloporus</i>	16
7. RESULTADOS.....	17
7.1.Regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna- Trujillo (1990).....	17
7.2. Base de datos.....	24
7.3. Diversidad del género <i>Sceloporus</i> en México.....	25
7.4. Distribución conocida de las especies del género <i>Sceloporus</i>	28
8. ANALISIS DE RESULTADOS.....	48
8.1. Regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990).48	
8.2. Base de datos.....	49
8.3. Diversidad del género <i>Sceloporus</i> en México.....	50
8.4. Distribución conocida de las especies del género <i>Sceloporus</i>	52
9. CONCLUSIONES.....	54
10. BIBLIOGRAFIA	56

INDÍCE DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURAS

Figura 1. Mapa de las provincias herpetofaunísticas de Smith (1941).....	18
Figura 2. Mapa de las provincias herpetofaunísticas de Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990).....	18
Figura 3. Regionalización biogeográfica de México de acuerdo con la distribución de lagartijas del género <i>Sceloporus</i>	19
Figura 4. Subdivisión de la región Circum Golfo de California, según la distribución de especies del género <i>Sceloporus</i>	19
Figura 5. Subdivisión de la región centro de México, según la distribución de especies del género <i>Sceloporus</i>	21
Figura 6. Subdivisión de la región de México sin la península de Yucatán, según la distribución de especies del género <i>Sceloporus</i>	23
Figura 7. Mapa de riqueza del género <i>Sceloporus</i> en México.....	25
Figura 8. Mapa de endemismo del género <i>Sceloporus</i> en México.....	26
Figura 9. Mapa con la diversidad beta del género <i>Sceloporus</i> en México.....	26
Figura 10. Clúster de similitud entre las celdas de área del género <i>Sceloporus</i> ...	27
Figura 11. Mapa de similitud entre las celdas de área del género <i>Sceloporus</i>	27
Figura 12. Filogenia del género <i>Sceloporus</i>	28
Figura 13. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 1.....	31
Figura 14. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 2.....	33
Figura 15. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 3.....	34
Figura 16. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 4.....	35

Figura 17. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 5.....	36
Figura 18. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 6.....	39
Figura 19. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 7.....	40
Figura 20. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 8.....	41
Figura 21. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 9.....	45
Figura 22. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> Clado 10.....	46
Figura 23. Distribución conocida de especies de <i>Sceloporus</i> faltante en la filogenia de Pyron <i>et. al.</i> 2013.....	47

CUADROS

Cuadro 1. Circum Golfo de California: regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990).....	20
Cuadro 2. México transicional: regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990).....	21
Cuadro 3. Península de Yucatán: regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990).....	22
Cuadro 4. Número de registros por clado.....	24
Cuadro 5. Especies faltantes en la filogenia de Pyron <i>et. al.</i> , 2013 incorporadas en este trabajo.....	29

ANEXOS

Anexo 1. Método.....	60
Anexo 2. Especies del género <i>Sceloporus</i> en México.....	61

1. Resumen

México se ha colocado como el segundo país más rico en herpetofauna a nivel mundial, ya que se han descrito aproximadamente 864 especies de reptiles, de las cuales, 417 son lagartijas.

El género *Sceloporus* es el que presenta mayor diversidad de especies en México con el 10.5%. La reducción y pérdida de especies es una consecuencia directa del desarrollo humano, el uso incorrecto de los ecosistemas, la perturbación, contaminación y alteración, provocan pérdidas de especies. De esta manera, la situación se torna cada día más delicada.

Este trabajo tiene como objetivo obtener modelos de distribución espacial con el propósito de conocer sus áreas de distribución y el arreglo que presenta la diversidad del género *Sceloporus*. Se reconocieron los patrones geográficos de la diversidad del género *Sceloporus* (Riqueza de especies, diversidad beta, endemismo) utilizando una base de datos en línea (GBIF). Con los datos obtenidos se hizo una depuración y con la ayuda del programa *Biodiverse* se realizaron mapas de la riqueza de especies y del endemismo para todo México.

Se realizó una comparación de las provincias herpetofaunísticas de Smith (1940) y Casas- Andeu y Reyna- Trujillo (1990), con los mapas obtenidos en el programa *Biodiverse*, observando que, a pesar de los pocos estudios que se tienen de regionalizaciones, se parecen mucho las regionalizaciones propuestas por los autores a las que se obtuvieron en este trabajo.

Finalmente se realizaron mapas en el programa ArcMap 10.1 para ver la distribución de cada una de las especies del género *Sceloporus* con ayuda de la filogenia propuesta por Pyron *et al.*, (2013).

2. Introducción

La biodiversidad es nuestra mayor riqueza, por ello, son necesarias las estrategias de conservación para proteger y preservar la vida y los recursos para las generaciones futuras, por lo que mantenerla en equilibrio ha asegurado la permanencia de la vida a lo largo de los diferentes procesos geológicos que han acontecido en la Tierra. Nuestras actividades han venido poniendo en peligro la biodiversidad, provocando la extinción de numerosas especies a un ritmo muy acelerado, por lo cual es importante realizar estudios para la conservación de los organismos (Gaston & Spicer, 2004).

La expresión geográfica de la gran diversidad biológica de México muestra un mosaico complejo de distribución de especies y ecosistemas. Estas tendencias de distribución espacial de la riqueza de especies y endemismos tienen correspondencia con su heterogeneidad fisiográfica, producto de una compleja historia geológica y climática (Espinosa *et al.*, 2008). La superposición distribucional de los taxones delimita unidades biogeográficas o componentes bióticos integrados espacio-temporalmente, debido a una historia común. (Morrone, 2005) Estos componentes bióticos pueden estar dispuestos jerárquicamente en un sistema de regionalización biogeográfica de reinos, regiones, subregiones, dominios, provincias y distritos (Espinosa-Organista *et al.*, 2001)

Hasta hoy, se han descrito 9,547 especies de reptiles en el mundo, de ellas, 864 han sido registradas en México, por lo que se le considera como el segundo país con mayor diversidad de este grupo después de Australia, a nivel mundial (Flores-Villela & García-Vázquez, 2013). Esta diversidad es el resultado de la compleja topografía, geología y de los diversos climas que se encuentran en todo el territorio. Por ello, la flora y fauna mexicana muestra patrones geográficos correlacionados con el comportamiento del medio físico y de su historia geológica (Sarukhán *et al.*, 2009).

Uno de los indicadores de la diversidad biológica ampliamente estudiado es el número de especies que habitan una región específica (Gastón, 1996). El número de especies de un taxón superior presentes en una localidad se conoce como diversidad alfa (α). Esta definición asume que existe cierta "homogeneidad" en la localidad, de manera que α es la riqueza biológica es la registrada en un determinado lugar (Whittaker, 1960, 1972). La riqueza de especies de un conjunto de localidades (el "pool" de especies a escala regional) es la diversidad gamma (γ), es decir, representa la diversidad global de un conjunto de sitios o comunidades que integran el paisaje (Halffter & Moreno, 2005).

Al igual que muchos otros grupos de organismos, los reptiles están amenazados por diferentes actividades antrópicas. Un estudio reciente (Böhm *et*

al., 2013) encaminado a evaluar el estado de conservación de los reptiles a nivel mundial destacó que dentro de los grupos de tortugas y lagartijas existe la mayor proporción de especies en peligro y críticamente amenazadas: 8.8% de las especies de lagartijas analizadas y 30.4% de las especies de tortugas.

Las lagartijas son cosmopolitas en su distribución; están en todas las masas terrestres menos en Groenlandia, Islandia y Antártida; y están mejor distribuidas en islas que otros Squamata (Porter, 1972). Las lagartijas ocupan varios hábitats: terrestres, enterradoras, arborícolas, semiacuáticas, latebrícolas y trogloditas. La mayoría son diurnas pero hay muchas especies crepusculares y nocturnas (Halliday y Adler, 2002). Muchas especies de lagartijas son insectívoras, o carnívoras (e.g. Varanidae) y hay algunas especies herbívoras o que comen algas marinas (*Amblyrhynchus cristatus*). Las especies de lagartijas van desde unos cuantos milímetros de longitud (*Brookesia micra*) a 150 cm como el dragón de Komodo (Halliday y Adler, 2002).

La familia de lagartijas con mayor riqueza de especies es Phrynosomatidae (15.9% del total de especies en México); mientras que los géneros más diversos son *Sceloporus* (10.5%), *Aspidoscelis* (5.5%) y *Anolis* (4.7%). Squamata es el orden que más contribuye a diversidad de reptiles en México.

3. Marco Teórico.

3.1 Provincias herpetofaunísticas

Smith (1941) fue el autor del primer trabajo que plantea la división del territorio mexicano en provincias, el cual considera que las provincias son algo real y activo, definidas por la distribución de varios grupos ideales de animales. El autor escoge al género *Sceloporus* como un grupo ideal (Álvarez y Lachica, 1974). Las características por las que Smith considera al género *Sceloporus* como grupo ideal para la regionalización es que es un grupo rico tanto en individuos como en especies, se encuentra distribuido a lo largo de todo México, desde el nivel del mar hasta una altura de 3800 m y es quizá el más conspicuo miembro de la fauna de vertebrados del país. Smith (1941) propuso una clasificación de provincias bióticas de México con base en la distribución de especies de lagartijas del género *Sceloporus*, divide a México en 23 provincias bióticas agrupadas en dos regiones. Luego subdivide la región Neártica que abarca México en dos subregiones: de las Montañas Rocosas y Californiana. Incluye 16 provincias: de la Altiplanicie Oaxaqueña, Guerrerense, del Balsas Superior, Austro-central, Austro-occidental, Austro-oriental, Hidalguense, Chihuahuense, Sinaloense, Tamaulipeca, Arizoniana,

Apachiana, Duranguense, de Baja California, del Cabo de Baja California y San Dieguina. Por otra parte la región Neotropical presenta una subregión, a la que llama subregión Mexicana; aquí incluye siete provincias bióticas: de la Altiplanicie Chiapaneca, Tapachulteca, del Petén, Yucateca, Veracruzana, Tehuana y del Balsas Inferior.

Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990), hicieron una clasificación biogeográfica de 15 provincias herpetológicas. El criterio de división de estos autores se basa en la presencia de especies de reptiles y anfibios.

3.2 Escalas de la biodiversidad

Uno de los indicadores de la diversidad biológica ampliamente estudiado es el número de especies que habitan una región específica (Gastón, 1996). El número de especies de un taxón superior presentes en una localidad se conoce como diversidad alfa (α). Esta definición asume que existe cierta "homogeneidad" en la localidad, de manera que α es la riqueza biológica en un determinado lugar o hábitat (Whittaker, 1960, 1972). La riqueza de especies de un conjunto de localidades (el "pool" de especies a escala regional) es la diversidad gamma (γ), es decir, representa la diversidad global de un conjunto de sitios o comunidades que integran el paisaje (Halffter & Moreno, 2005).

El factor por el que la riqueza de especies de una región excede a la riqueza de especies promedio (α) de las localidades en dicha región fue definida por Whittaker (1960) como la diversidad beta (β_w) es decir:

$$\beta_w = \gamma / \alpha$$

Los conceptos de diversidad α , β y γ se han extendido a diferentes escalas y, en la práctica, los términos locales y regionales se usan en sentido relativo, de modo que la diversidad β es la relación entre el número de especies de una región y el promedio de las diversidades α de las localidades que contiene dicha región y es además el indicador que refleja la heterogeneidad ecológica entre las diferentes subunidades de la región.

Debido a la alta diversidad de especies la realización de diversos trabajos de sistemática, ecología, biogeografía ha ocasionado el crecimiento del estudio de reptiles a nivel regional y/o estatal en México (Ramírez-Bautista, 1994; Ramírez-Bautista y Nieto-Montes de Oca, 1997; Uribe-Peña *et al.*, 1999; Ramírez-Bautista y Moreno, 2006). Estos estudios muestran la diversidad, riqueza y patrones de distribución de los reptiles de ambientes tropicales, templados y áridos de México.

Biodiverse es un programa de cómputo desarrollado para analizar diferentes patrones espaciales de una amplia gama de índices de biodiversidad tales como la riqueza de especies, el endemismo (Crisp *et al.*, 2001, Laffan & Crisp, 2003), diversidad genética (Bickford *et al.*, 2004), diversidad filogenética (Faith, 1992), endemismo filogenético (Rosauer *et al.*, 2009), recambio de especies (Whittaker, 1960), así como las correlaciones de estos patrones con el medio ambiente y otras condiciones relacionadas (Bickford & Laffan, 2006, Ferrier *et al.*, 2007).

3.3 Descripción del género *Sceloporus* (Wiegmann, 1828)

El género *Sceloporus* comprende aproximadamente 91 especies (Bell *et al.* 2003) distribuidas en todo el territorio mexicano y parte de Norte y Centro América. Este grupo de lagartijas ha sido objeto de estudios de muy diversa índole y sin embargo, actualmente, aspectos de la sistemática y taxonomía del grupo no han sido resueltos (Wiens *et al.* 2010) y continúa teniendo modificaciones como el resto de la herpetofauna mexicana (Flores-Villela & Canseco-Márquez 2004) incluso por la adición de nuevas especies (p. ej. Canseco-Márquez *et al.* 2007, García-Vázquez *et al.* 2010, Lara-Góngora 2004, Santos-Barrera & Flores-Villela 2011, Smith *et al.* 2005).

El género *Sceloporus* está compuesto por un grupo de lagartijas de tamaño mediano, insectívoras y trepadoras. Estas lagartijas ocupan una gran variedad de hábitats y presentan un ámbito de distribución desde el extremo sur de Canadá hasta el extremo oeste de Panamá, siendo más diversas en Estados Unidos y México (Wiens & Reeder 1997). *Sceloporus* es el más diverso de los nueve géneros que integran la familia Phrynosomatidae, con 101 de las 153 especies contenidas en la familia.

4. Justificación.

Smith (1941) propuso una regionalización basada en la distribución de especies del género *Sceloporus*. Él reconoció así, 23 provincias bióticas; 16 neárticas y siete neotropicales, lo que nos da una idea de la relación septentrional de este grupo. A la fecha, se han descrito nuevas especies en este género y se ha modificado la circunscripción de muchas de ellas. De las 101 especies reconocidas en el género *Sceloporus*, 28 fueron descritas posteriormente al trabajo de Smith (1941). Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) propusieron una regionalización más simplificada, basada en la totalidad de la herpetofauna. Ellos reconocieron sólo 15 provincias sin un arreglo jerárquico. En los últimos años, los análisis filogenéticos,

basados en caracteres morfológicos y moleculares, han producido cambios y modificaciones que afectarían, tanto al reconocimiento de especies como su distribución, por lo tanto, los patrones biogeográficos pudieron haber cambiado.

En este trabajo se determinaron los patrones de la diversidad espacial de las especies del género *Sceloporus* a lo largo de todo México, así como comparar las regionalizaciones de Smith (1941 y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990), a la luz del conocimiento taxonómico actualizado de las especies del género *Sceloporus*, y someter a prueba si la regionalización de Smith (1941) se mantiene o se modifica así como la de Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990).

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

- Analizar los patrones geográficos de la diversidad de las especies de lagartijas del género *Sceloporus* en México

5.2. Objetivos Particulares

- Reconocer patrones de riqueza (beta) y endemismo del género *Sceloporus*.
- Generar patrones de distribución del género *Sceloporus* y compararlos con los patrones de regionalización de la herpetofauna de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990).

6. Método

6.1. Regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990)

Smith (1941) propuso una regionalización basada en la distribución de especies del género *Sceloporus* y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) una regionalización basada en la herpetofauna, generando una serie de mapas representando dichas regionalizaciones, pero con los cambios sufridos con las nuevas aportaciones taxonómicas y filogenéticas que se han hecho desde las publicaciones de dichos trabajos, por lo que es importante saber cuál es el estatus de las regionalizaciones actuales, por lo que se hizo una comparación con los mapas generados en el programa *Biodiverse* y los que los autores generaron en el pasado.

6.2. Obtención de datos.

Los datos del género *Sceloporus* con los que se realizó el trabajo fueron descargados de la base de datos en línea GBIF (Global Biodiversity Information Facilities) (<http://www.gbif.org>), los cuales se descargaron en formato Darwin Core.

6.3. Validación y depuración de datos.

La información taxonómica se validó siguiendo el estándar de la página web de Reptile database (<http://www.reptile-database.org>). La validación geográfica de las localidades se hizo por comparación con el nomenclátor de localidades de México (INEGI) y mediante el seguimiento de rutas en Google Earth vers.7.1.2.2041 (Google Inc., 2013). Así como, de literatura taxonómica especializada, incluyendo revisiones taxonómicas, publicaciones de nuevos especies y consultas a expertos para ponderar la delimitación de la distribución por especie.

La depuración del sesgo de la información se abordó mediante la realización de un perfil bioclimático con el cruce de los puntos por especies y 19 coberturas climáticas en el programa ArcGis 10.1 y su análisis con el programa IBM SPSS Statistics 20. Con ello, se detectaron registros atípicos (son los valores que se salen del intervalo que recorre desde el valor de la mediana, más-menos 1.5 veces el valor de la mediana 2). Se redujo en lo posible la autocorrelación espacial con el programa ArcGis 10.1 y la herramienta SDM (ArcToolbox/SDM Tools/1 Universal Tools/ Spatially Rarefy Occurrence Data for SDMs/ Spatially Rarefy Occurrence Datafor SDMs [to reduce spatialauto correlation]). La autocorrelación espacial se evaluó en intervalos de cada kilómetro y se eliminó. A partir de ello, se obtuvo una base de datos validada y depurada con la cual se realizaron los mapas de distribución conocida y el análisis de los patrones de diversidad espacial.

6.4. Patrones espaciales de la diversidad del género *Sceloporus*.

Los patrones de diversidad alfa, beta y endemismo, Se analizaron mediante el programa *Biodiverse* 0.19 (Laffan et al., 2010). El cual genera un modelo espacial en celdas desplegadas mediante un gradiente de colores. Se utilizó un tamaño de

celda de 0.333 por 0.333 grados de latitud y longitud para determinar los patrones de diversidad. El tamaño de las celdas fue elegido en función de la cantidad de datos y para reducir el efecto de muestreo, como errores de mapeo y áreas no muestreadas (Crisp *et al.*, 2001). Este programa implementa medidas de uso común de diversidad, endemismo y disimilitud (Laffan & Crisp, 2003; Laffan *et al.*, 2010).

La diversidad alfa se calculó como el número de especies y la diversidad beta como la sustitución en la composición taxonómica por medio del coeficiente de Sorensen. El endemismo ponderado se calculó como 1 / número de cuadrículas ocupadas por cada especie (Laffan *et al.*, 2010).

Se generó un clúster que evalúa la disimilitud entre las áreas para mostrar la relación entre estas basadas en especies compartidas. En este análisis se aplicó el índice de similitud de Sorensen, el cual le da doble peso a las especies compartidas. Estas relaciones de área representan la disimilitud en la composición de especies entre las celdas, que puede interpretarse como una medida de la diversidad beta. Los mapas generados se superpusieron sobre una carta de las vertientes hidrográficas de México, y se guardaron en formato JPEG.

6.5 Distribución conocida del género *Sceloporus*

Evidentemente, la distribución real de los organismos está influida por variables geográficas, históricas o por limitantes de dispersión (Pulliam, 2000).

Es frecuente poseer información parcial sobre la presencia de las especies, así como desconocer si la especie está realmente ausente en aquellas localidades en las que no ha sido colectada, ello impide discriminar las “verdaderas ausencias” de las localidades con un insuficiente esfuerzo de colecta.

Se generaron diversos mapas en el programa ArcGis 10.1, con las coordenadas de la base de datos para cada uno de los registros, generando mapas con base al cladograma de Pyron *et al.*, 2013.

Utilizando el programa ArcView 3.2 (ESRI, 2000), se elaboraron mapas de distribución conocida, para cada una de las especies, ayudándonos con las bases de datos que se elaboraron previamente y el arreglo se mostró con base en la filogenia del género propuesta por Pyron *et al.*, 2013.

7. Resultados

7.1. Regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna- Trujillo (1990)

Smith (1941) divide a México en 23 provincias bióticas (Figura 1) Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) hacen una clasificación biogeográfica de 15 provincias herpetológicas (Figura 2).

El análisis de la distribución de las especies del género *Sceloporus* mediante el programa *Biodiverse* generó un mapa donde se divide a México en tres grandes zonas, Circum Golfo de California, México transicional y la península de Yucatán (Figura 3).

Se realizaron subdivisiones a estas tres grandes regiones para hacer las comparaciones de las regionalizaciones de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990). Para cada subdivisión se generó un cuadro para ver si existían similitud en las regiones biogeográficas que propusieron y posteriormente si existía similitud en los elaborados en este trabajo con en el programa *Biodiverse*.

La región del Circum Golfo de California (Figura 4) es dividida tanto por Smith como Casas-Andreu y Reyna-Trujillo en 5 grandes zonas, Peninsular, Cabos, California, Arizona y Sinaloense (Cuadro 1).

Se puede observar claramente la zona Peninsular que abarca Baja califonia y Baja California Sur, la zona Californiana al norte de Baja California con los límites con Estados Unidos y la zona de Arizona con una amplia distribución hasta la zona Sinaloense.

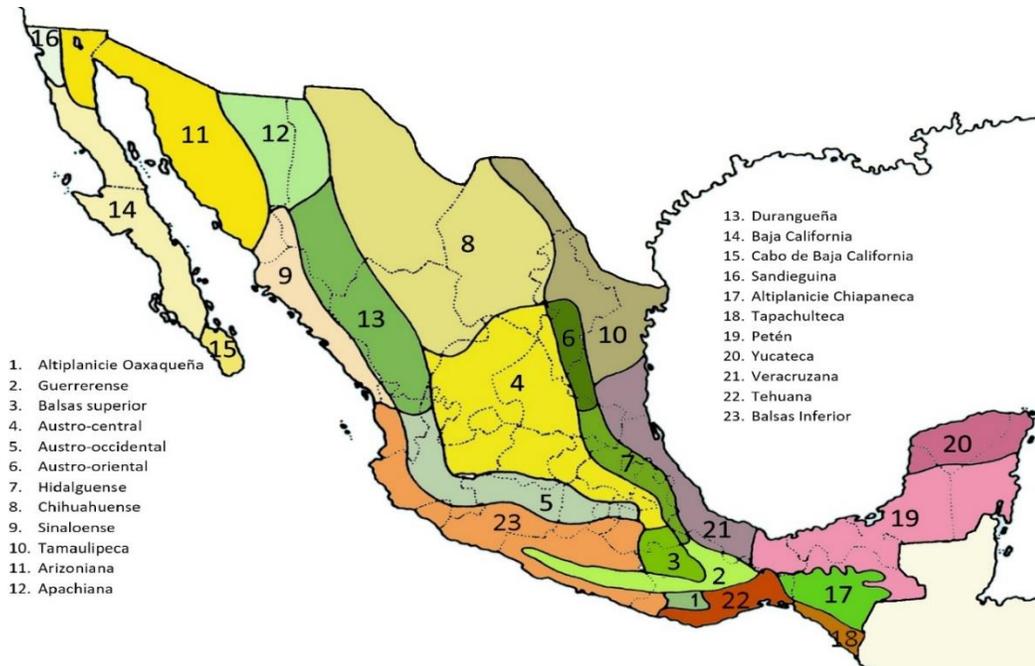


Figura 1. Provincias bióticas de México con base en la distribución de especies de lagartijas del género *Sceloporus* Smith (1941)



Figura 2. Provincias herpetofaunísticas Casas-Andreu y Reyna- Trujillo (1990)

Cuadro 1. Circum Golfo de California regionalización Smith (1941) Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990)			
Región	Smith (1941)	Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990)	En este trabajo
Peninsular	X	X	X
Cabos	X	X	
California	X	X	X
Arizona	X	X	X
Sinaloense	X	X	

Posteriormente se siguió con la zona de México transicional, Smith propone 16 regiones; Desierto Chihuahuense, Apanchina, Austro-central, Austro.occidental, Austro-oriental, Durangueña, Tamaulipeca, Hidalguense, Balsas Inferior, Altiplanicie Oaxaqueña, Tapalchuteca, Guerrerense, Tehuana, Altiplanicie Chiapaneca, Balsas superior y Veracruzana. Casas-Andreu y Reyna-Trujillo proponen solo 9 regiones; Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Eje Neovolcánico, Desierto Chihuahuense, Durangueña, Tamaulipeca, Altiplanicie Chiapaneca y Veracruzana (Cuadro 2).

En la figura 5 se puede observar que tres regiones se parecen mucho a la propuesta por Smith; al centro del país la región Austro-central, al norte la región del Desierto Chihuahuense y la región del Balsas inferior al suroeste del país en el Océano Pacífico.

Not a coloured group: -104.25;29.25

Node length: 11.025 based on values from 27 Oct 2017

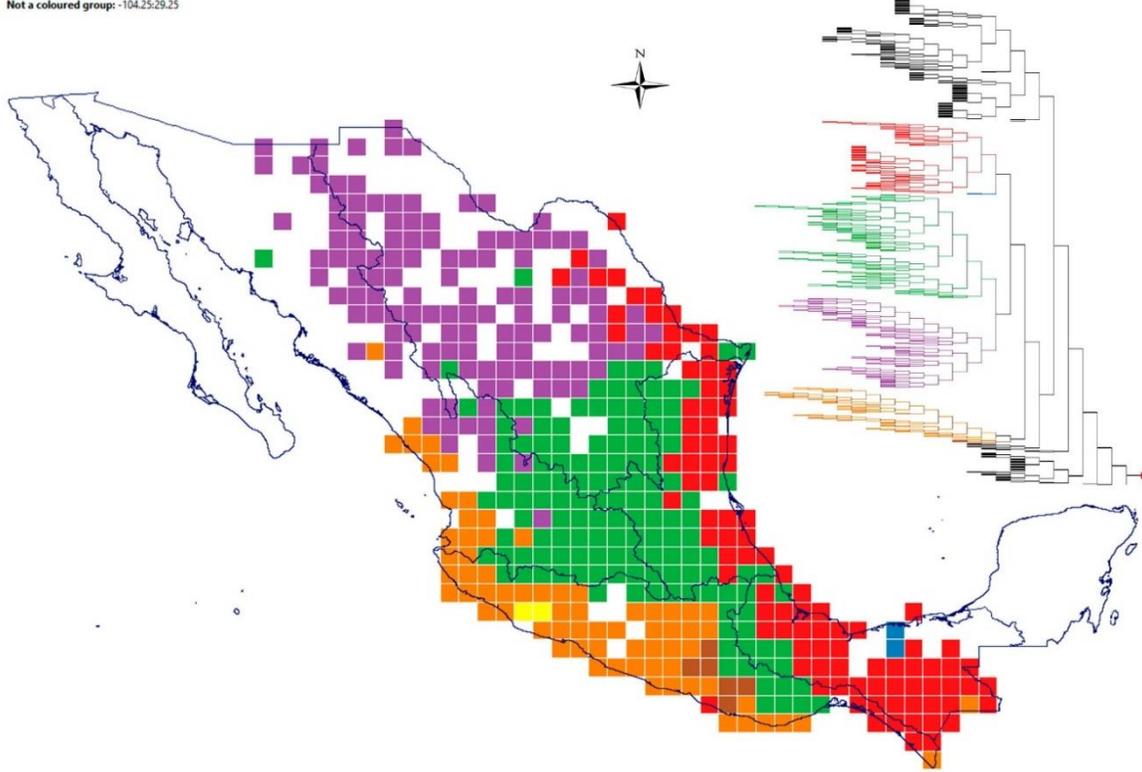


Figura 5. Subdivisión de la región según la distribución de especies del género *Sceloporus*

Cuadro 2. México transicional regionalización Smith (1941) Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990)			
Región	Smith (1941)	Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990)	En este trabajo
Sierra Madre Occidental		X	
Sierra Madre Oriental		X	
Sierra Madre del Sur		X	
Eje Neovolcánico		X	
Desierto Chihuahuense	X	X	X
Apanchina	X		

Austro-central	X		X
Austro-occidental	X		
Austro-oriental	X		
Duranguense	X	X	
Tamaulipeca	X	X	
Hidalguense	X		
Balsas Inferior	X		X
Altiplanicie Oaxaqueña	X		
Tapalchuteca	X		
Guerrerense	X		
Tehuana	X		
Altiplanicie Chiapaneca	X	X	
Balsas superior	X		
Veracruzana	X	X	

La última zona de comparación fue la península de Yucatán, la cual los autores concordaban en hacer solo dos regionalizaciones, Peten y Yucatán (Cuadro 3).

Al generar el mapa que se presenta en la figura 6, se observa que se cumplen dichas regionalizaciones, la región de Yucatán ubicada en la zona costera del estado de Yucatán, la región de Peten en los estados Campeche y sur de Quintana Roo.

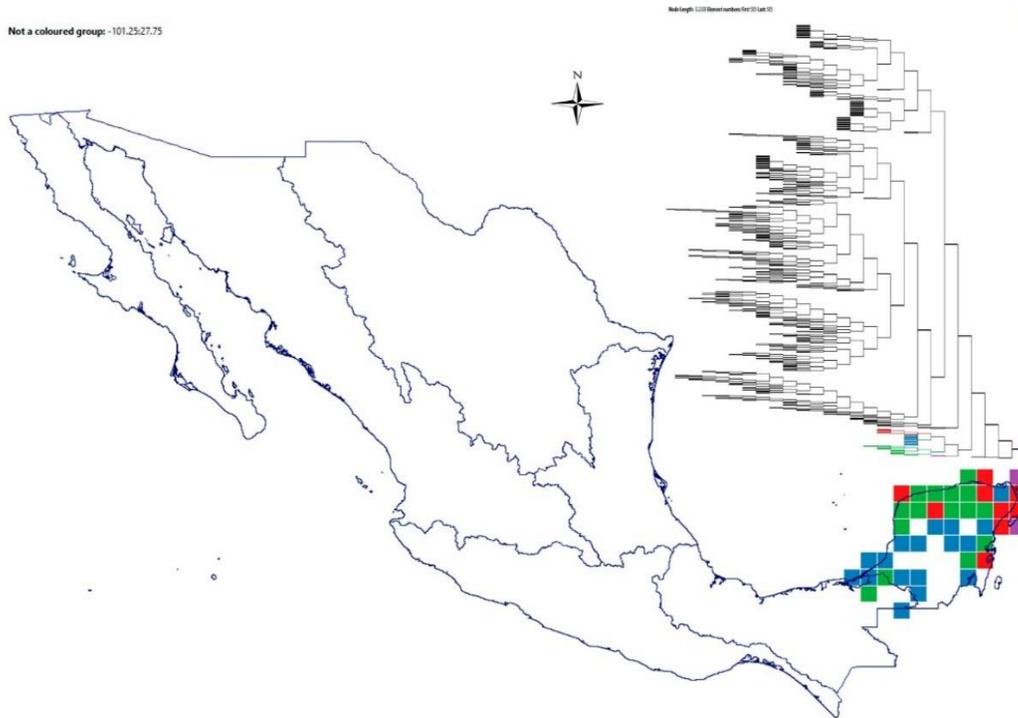


Figura 6. Subdivisión de la región de la península de Yucatán según la distribución de especies del género *Sceloporus*

Cuadro 3. Península de Yucatán California regionalización Smith (1941) Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990)			
Región	Smith (1941)	Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990)	En este trabajo
Peten	X	X	X
Yucatán	X	X	X

7.2. Base de datos

Se obtuvieron 224,962 registros en la base de datos en GBIF. Estos registros se depuraron, geográficamente y taxonómicamente para generar una nueva base de datos. Se eliminaron los registros tomando en cuenta los nombres científicos validados con la Reptile Database y su sinonimia, quitando la redundancia en cuanto a las coordenadas y la autocorrelación espacial. La base de datos final contiene 10, 716 registros y un total de 97 especies.

Se elaboraron 10 mapas de distribución conocida para las 97 especies usando la filogenia de Pyron *et al.*, (2013) (Figura 12) como criterio para agruparlas por clados. Esta filogenia cuenta con 10 clados, nueve expresados dentro del cladograma, uno más con las especies que están dentro del cladograma pero que por ser plesiomórficas no se pudieron colocar dentro de un clado. Además, se consideraron especies que no están incluidas en la filogenia Pyron *et al.*, (2013). Pero que conforman el resto de las especies que están en México (Cuadro 5).

El número de registros para cada especie no fue equivalente, ya que hubo más registros para *Sceloporus grammicus* con 973, seguido de *Sceloporus torquatus* con 591 y la menor cantidad de registros fue para *Sceloporus caeruleus* con 3 registros.

Filogenia	Número de Especies	Registro obtenidos	Registros final
Clado 1	7	6,247	1,531
Clado 2	6	2,498	714
Clado 3	3	705	216
Clado 4	4	761	403
Clado 5	2	354	42
Clado 6	6	2,671	951
Clado 7	10	6,648	1,521
Clado 8	13	5,926	2,263
Clado 9	19	5,073	2,296

Clado 10	2	629	190
Spp faltantes en la filogenia de Pyron	26	897	589
TOTAL	97	32,409	10, 716

7.3. Diversidad del género *Sceloporus* en México

Con la base de datos depurada y con el programa *Biodiverse* (Laffan *et al.*, 2010) se obtuvieron mapas donde se representa con un patrón de colores que indica la variación geográfica de la riqueza de especies (Figura 7), el endemismo (Figura 8) y la escala de cambio de la diversidad beta (Figura 9)

El fenograma (Figura 10) muestra la disimilitud entre especies agrupando aquellas que presentan una similitud en la constitución taxonómica de las especies de *Sceloporus*, los grupos de celdas similares se nombraron por su ubicación espacial (Figura 11).

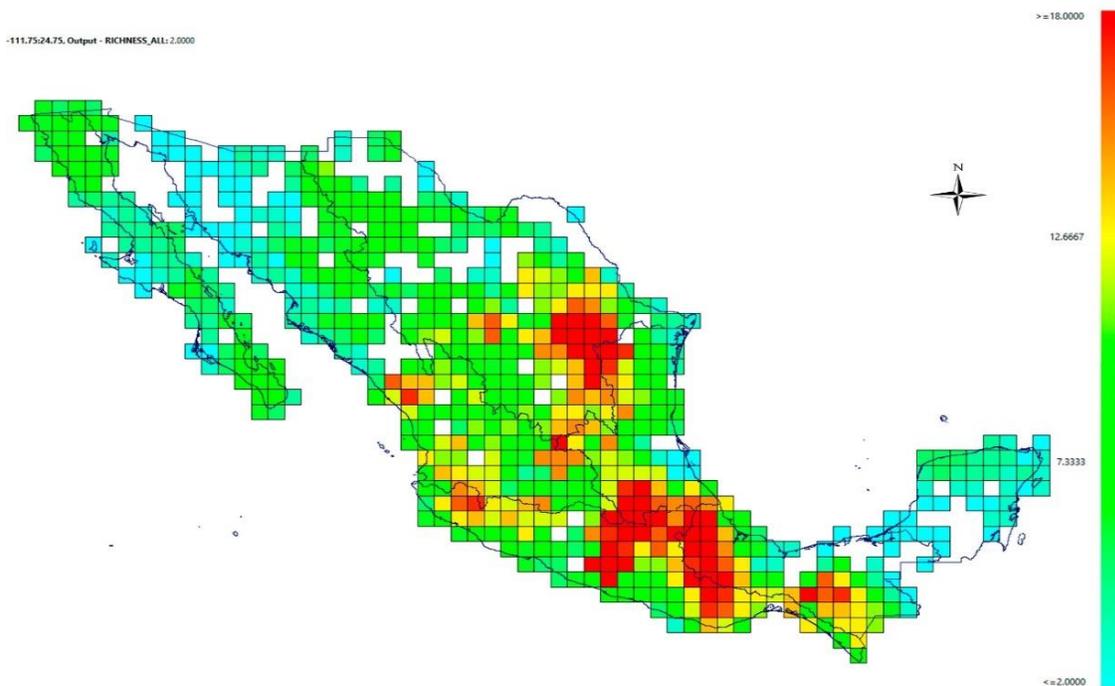


Figura 7. Variación geográfica de la riqueza de especies del género *Sceloporus* en México. Las escalas de colores de las celdas indican una diferenciación desde 2 especies (celda azul) hasta más de 18 especies (celda roja).

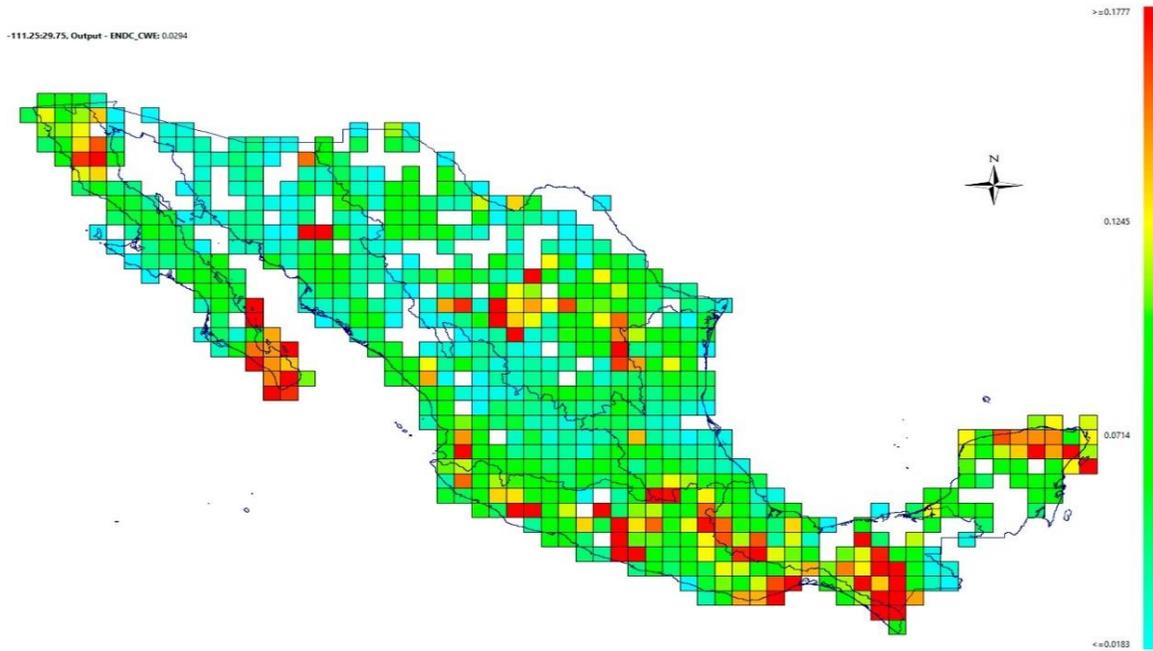


Figura 8. Endemismo del género *Sceloporus* en México.

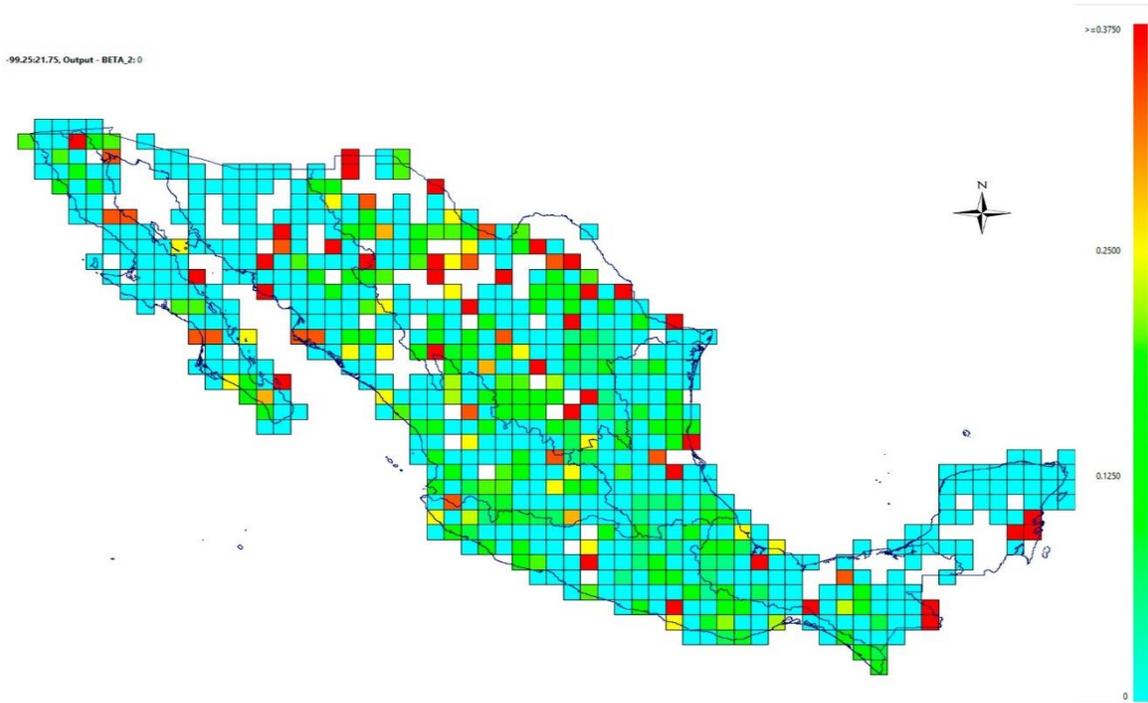


Figura 9. Diversidad beta del género *Sceloporus* en México. Las celdas rojas muestran los cambios de las especies que son diferentes.

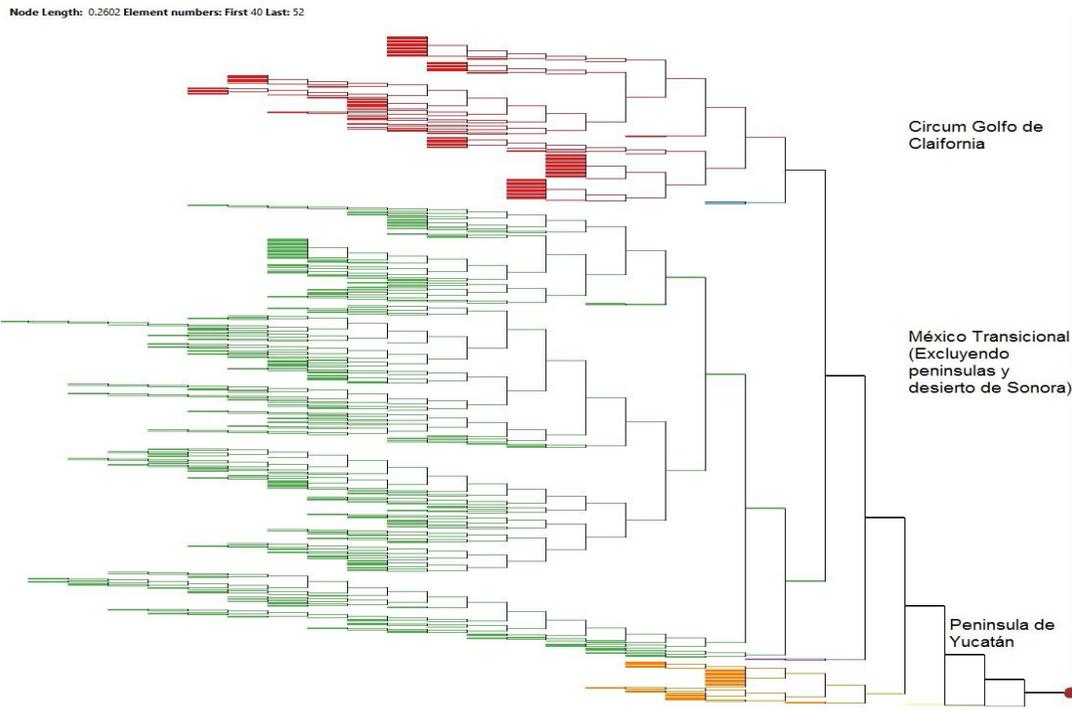


Figura 10. Fenograma construido con el coeficiente de similitud de Sorensen, entre celdas de 0.5 x 0.5 grados.

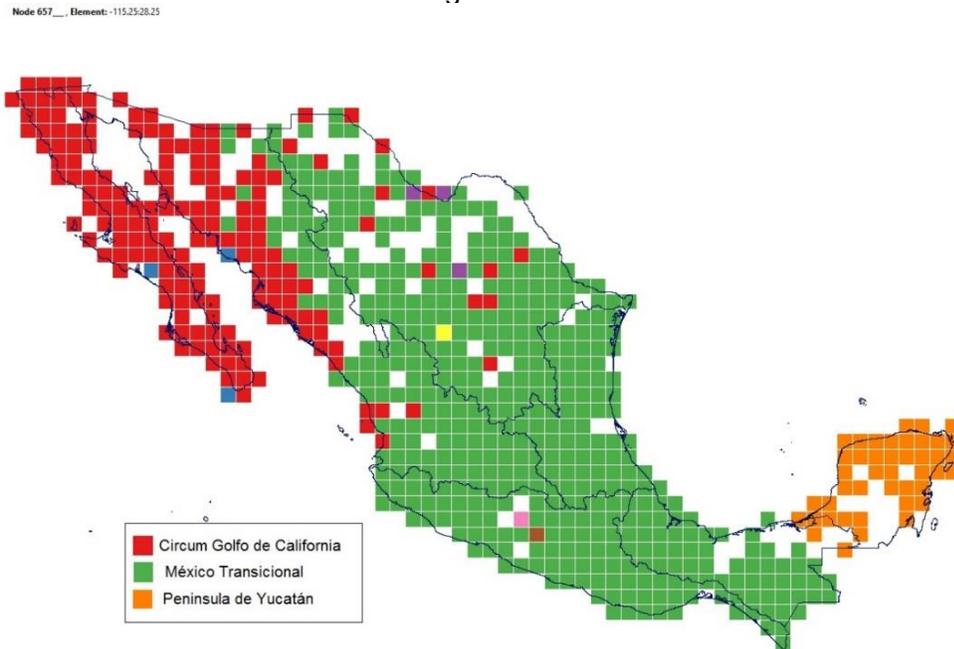


Figura 11. Grupos de similitud entre las celdas de área del género *Sceloporus*, según el fenograma de la figura 4.

7.4 Distribución conocida de las especies del género *Sceloporus*

México cuenta con 97 especies del género *Sceloporus* validas en Reptile Database. En este trabajo se reportan los mapas de distribución conocida de cada especie del género *Sceloporus*. El arreglo de las especies se representó considerando la filogenia propuesta para la familia Phrynosomatidae de Pyron *et al.*, 2013 (Figura 13). La filogenia de *Sceloporus* solo integra 73 especies. Sin embargo, se consideraron 26 especies que no están presentes en la filogenia. En total se presenta la distribución conocida de 97 especies del género (Cuadro 5).

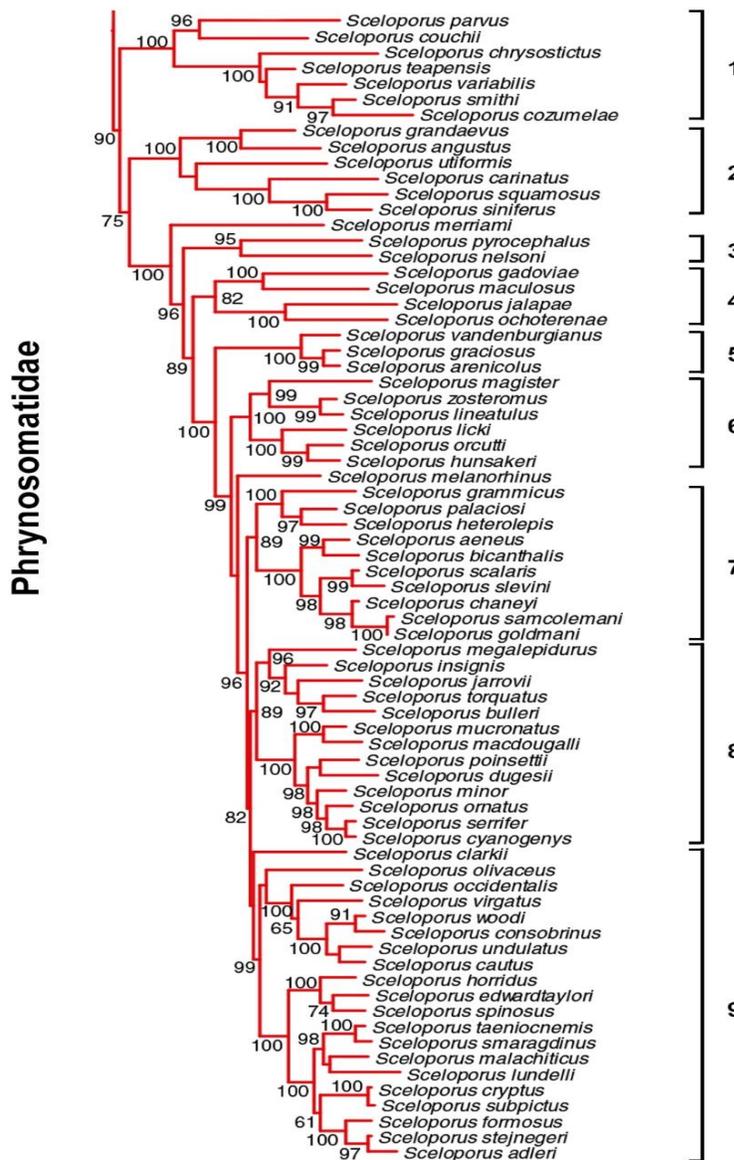


Figura 12. Cladograma del género *Sceloporus*

Cuadro 5. Especies faltantes en la filogenia de Pyron <i>et al.</i> 2013.
<i>Sceloporus acanthinus</i>
<i>Sceloporus albiventris</i>
<i>Sceloporus anahuacus</i>
<i>Sceloporus asper</i>
<i>Sceloporus aureolus</i>
<i>Sceloporus bimaculosus</i>
<i>Sceloporus caeruleus</i>
<i>Sceloporus cowlesi</i>
<i>Sceloporus cupreus</i>
<i>Sceloporus cyanostictus</i>
<i>Sceloporus edbelli</i>
<i>Sceloporus exsul</i>
<i>Sceloporus internasalis</i>
<i>Sceloporus lemosespinali</i>
<i>Sceloporus lineolateralis</i>
<i>Sceloporus marmotus</i>
<i>Sceloporus microlepidotus</i>
<i>Sceloporus oberon</i>
<i>Sceloporus olloporus</i>
<i>Sceloporus omiltemanus</i>
<i>Sceloporus prezygus</i>
<i>Sceloporus salvani</i>
<i>Sceloporus shannonorum</i>
<i>Sceloporus sugillatus</i>
<i>Sceloporus tanneri</i>
<i>Sceloporus uniformis</i>

Mapas de distribución conocida

Se elaboraron 11 mapas de distribución conocida. Estos mapas agruparon a las especies de *Sceloporus* por clados según la filogenia propuesta por Pyron *et al.*, 2013.

El Clado 1 está conformado por siete especies, las cuales están ubicadas a lo largo de del Golfo de México (Figura 13).

Sceloporus cozumelae, situado en la zona costera de Yucatán, en Isla Mujeres y Cozumel en Quintana Roo, *Sceloporus chrysostictus* se encuentra distribuida en toda la península de Yucatán, en el estado de Campeche ubicado a lo largo de la zona costera con mayor número de registros en Isla del Carmen, Chenkán, Champoton, Hopelchén y Lerma hasta zonas como Paliza y Candelaria, en Yucatán en zona costera, Puerto Progreso, Rio Lagartos, Uxmal y Chichen Itza, y en Quintana Roo desde Cancún, Playa del Carmen, Coba y Tulum.

Sceloporus variabilis cuenta con una amplia distribución empezando desde Tapachula, Veracruz, Chiapas y el noroeste de Oaxaca.

Sceloporus couchii en Nuevo León, con una restringida distribución en Santa Catarina, San Nicolás de los Garza, y al oeste en Ciudad Sabinas Hidalgo. Otra especie con una distribución restringida es *Sceloporus smithi* con una distribución solo al noroeste de Oaxaca en Tehuantepec.

Sceloporus parvus con una distribución al norte de Nuevo León, al este de Sabinas Hidalgo, sur de San Luis Potosí, al este de la Sierra Oriental en Coahuila y en Querétaro.

Sceloporus teapensis en Veracruz, el noroeste de Oaxaca, Tabasco y un punto en el suroeste de Chiapas en la región del Soconusco.



Figura 13. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* del Clado 1 (ver figura 12)

El clado 2 (Figura 14), cuenta con 6 especies. *Sceloporus angustus* en Baja California Sur en Isla Carmen, así como *Sceloporus grandeaevus* en Cabo San Lucas, Isla Espíritu, Isla Cerralvo y en Santa Rita.

En Chiapas *Sceloporus carinatus* distribuido en todo el estado y *Sceloporus squamosus* desde Tuxtla Gutiérrez y San Cristóbal de las Casas hasta el sur de Chiapas en Tapachula.

Sceloporus siniferus en el Pacífico al este de Guerrero, en Oaxaca en Puerto Escondido, Puerto Ángel, Huatulco y el Istmo de Tehuantepec, en Chiapas desde Cintalapa, Arriaga, Malpaso hasta Tapachula.

Sceloporus utiformis en la zona costera de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y unos puntos en la zona costera de Guerrero.

El clado 3 (Figura 15) *Sceloporus nelsoni* situado oeste de Sonora en los Mochis, Culiacán, Mazatlán y todo lo largo de la zona costera, Nayarit, al Suroeste de Chihuahua y noroeste de Jalisco.

Sceloporus pyrocephalus al suroeste de Jalisco y Guerrero, en Colima Playa de Oro y Manzanillo, y en zona costera de Michoacán.

El clado 4 (Figura 16), conformado por 4 especies; *Sceloporus maculosus*, entre los estados de Zacatecas en Juan Aldama y Atotonilco, Durango en San Juan de Guadalupe y Coahuila en Pueblo Nuevo Y Mezquital.

Sceloporus jalapae en Veracruz en Tuxpan, Oaxaca en la región del Papaloapan y la Sierra Sur, Puebla en Tehuacán, Atlixco y Cholula y en Tlaxcala.

Sceloporus ochoteranae en el estado de Guerrero en Mazatlán y Chilpancingo, *Sceloporus gadoviae* en Michoacán, Guerrero Tlaxcala y Puebla.

El clado 5 (Figura 17) solo con dos especies *Sceloporus vandenbutgianus* en San Ignacio Baja California Sur y al oeste de Baja California Norte en Tijuana, Ensenada, Colonet, San Carlos, al este en Playa Grande en el Golfo de California,

Sceloporus graciosus en Baja California, en Mexicali, San Pedro Mártir, al Oeste en Guayaquil y en Baja California Sur en Comundú.



Figura 14 Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 2 (ver figura 12)

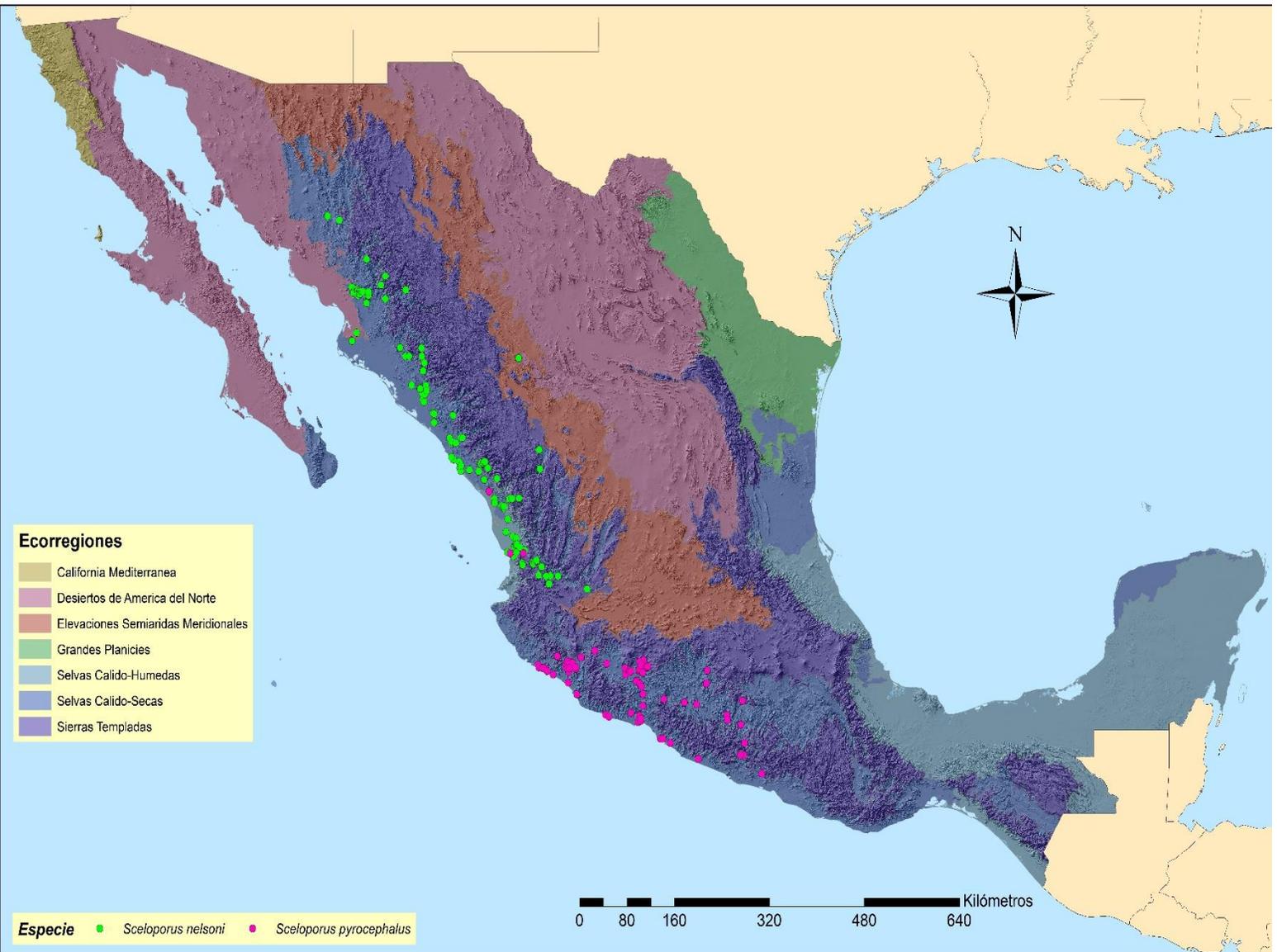


Figura 15. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 3 (ver figura 12)

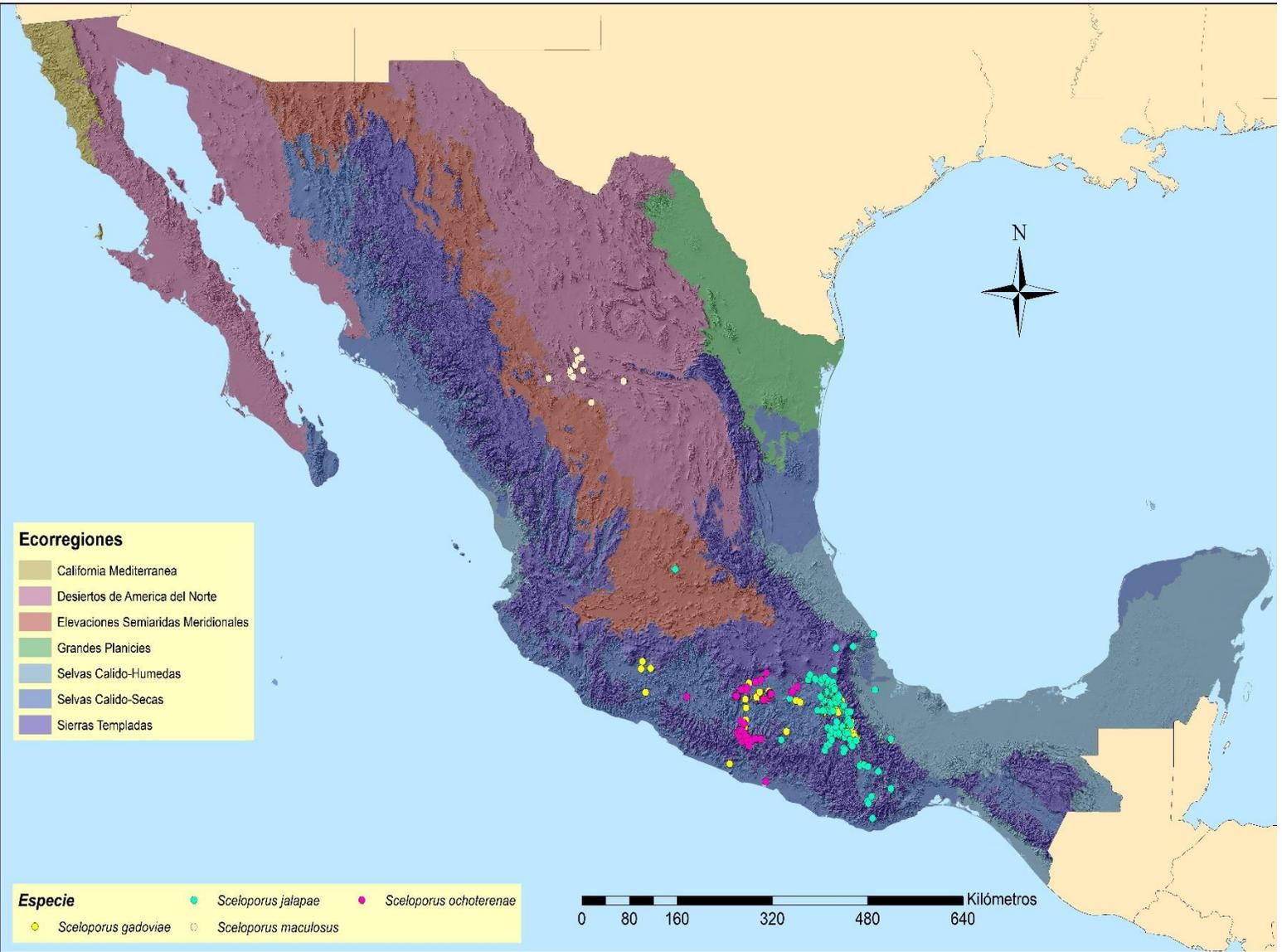


Figura 16. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 4 (ver figura 12)

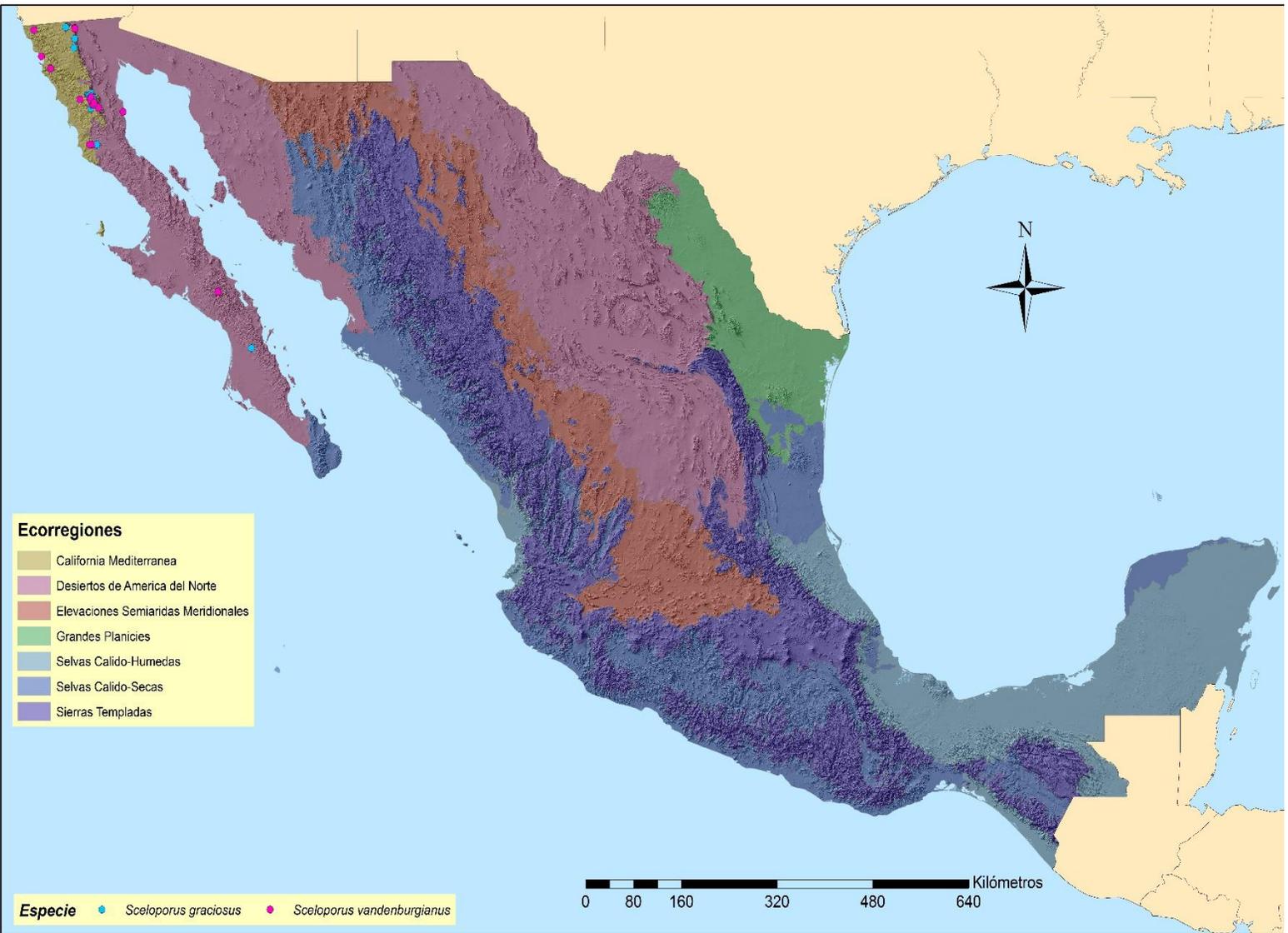


Figura 17. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 5 (ver figura 12)

Clado 6 (Figura 18) cuenta con 6 especies *Sceloporus magister* es una especie de amplia distribución, se encuentra distribuida en Baja California, Baja California Sur, zonas costeras de Sonora y Sinaloa y en Chihuahua.

Sceloporus zosteromus cuenta con una amplia distribución a lo largo de Baja California en el desierto de los Vizcaínos, La sierra de la Guiganta, en Tijuana, y a lo largo de la zona costera del Océano Pacífico, El Rosario, Bahía de San Quintín, una zona importante es en la Isla Cedros con un número considerable de registros, y en toda Baja California Sur con zonas importantes como Cabo San Lucas, San Juan del Cabo y La Paz y en la región Pacífico Central.

Sceloporus licki ubicado al sur de Baja California Sur, San Juan del Cabo, La Paz Cabo San Lucas, La Rivera y Santiago.

Sceloporus orcuttii cuenta con dos nubes de puntos el primero al norte de Baja California en Tijuana, Ensenada, Mexicali y el otro en la zona costera de Baja California Sur, en la región Loreto en el Golfo de California

Sceloporus hunsakeri con una restringida distribución encontrándose al sur de Baja California Sur en la zona costera Santiago, La Rivera, San Antonio y en la región Valle de Santo Domingo, así como *Sceloporus lineatulus* con una distribución limitada en las mismas zonas.

El Clado 7 es uno de los más grandes ya que cuenta con 10 especies (Figura 19), *Sceloporus palaciosi* situado en el estado de Morelos en el Cerro del Caballote, Parque Nacional Lagunas de Zempoala y Sierra de Ocuilán y un punto al oeste de Oaxaca en la región Mixteca.

Una de las especies con una amplia distribución es *Sceloporus grammicus* con mayor auge en el Eje Neovolcánico con mayor número de registros, en Chilpancingo Guerrero, al norte de Hidalgo y distribuyéndose en los estados de Colima, Oaxaca, Veracruz, Morelos, Nuevo León, Tamaulipas y Puebla.

Sceloporus heterolepis se encuentra al suroeste de Durango en Pueblo Nuevo y Mezquital, en Jalisco y en Michoacán.

Sceloporus aeneus ubicada en la zona centro de nuestro país en el este de Michoacán, Morelos y en norte de Guanajuato.

Sceloporus scalaris es una especie de amplia distribución, pasando por toda la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico, pasando por los estados de Durango, Aguascalientes, Jalisco, Zacatecas, Nayarit, Guanajuato, Hidalgo, San Luis Potosí y Tamaulipas

En Veracruz se encuentra *Sceloporus bicantalis* en el Cofre de Perote y Cruz Blanca y también al este de Puebla.

Sceloporus slevini, al oeste de la Sierra Madre Occidental y entre Nuevo León y Tamaulipas. *Sceloporus samcolemani* en las montañas al extremo suroeste de Coahuila, al sureste central de Nuevo León en Pablillo y Cerro Potosí. *Sceloporus goldmani* con una distribución restringida al sureste de Coahuila. *Sceloporus chaneyi* al norte de Oaxaca en la región de Papaloapan y Cañada.

El clado 8 (Figura 20) con *Sceloporus ornatus* que se encuentra en Nuevo León y Coahuila con una distribución muy restringida ya que se encuentra considerada como una especie microendémica.

Existen dos nubes de registros para la especie *Sceloporus bulleri* la primera en Jalisco, y la otra en el centro de Sinaloa. *Sceloporus serrifer* cuenta con distribuciones separadas muy marcadas, la primera, en la zona costera de Yucatán, la segunda en el estado de Chiapas, en la parte sureste de Tamaulipas y una última en la parte norte de Veracruz.

Sceloporus torquatus con el mayor número de registros a lo largo del Eje Neovolcánico, y al sur de la Sierra Madre Oriental y Occidental. *Sceloporus megalepidurus*, al norte de Puebla y al este de Hidalgo

Sceloporus mucronatus se encuentra entre el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Oaxaca hasta la zona costera en Oaxaca. *Sceloporus macdugalli* cuenta con muy pocos registros, estos en el estado de Oaxaca en la zona de Tehuantepec en Salina Cruz. *Sceloporus cyanogenys* en el estado de Tamaulipas al norte de la Sierra Madre Oriental.

Al sur este del estado de Jalisco se encuentra *Sceloporus insignis* en Ciudad Guzmán y Tuxpan y en Michoacán al oeste de Tepalcatepec

Sceloporus jarrovii se distribuye a lo largo de la Sierra Madre Occidental y de la Sierra Madre Oriental, pasando por el desierto Chihuahuense.

A lo largo del norte de la Altiplanicie Mexicana se encuentra *Sceloporus poisettii* cruzando por todo el desierto de Chihuahua y en el estado de Sonora en la Sierra Madre Occidental.

Al oeste de la Sierra Madre Oriental está distribuida la especie de *Sceloporus minor* desde San Luis Potosí, en noroeste de Nuevo León, Querétaro y el norte de Hidalgo. *Sceloporus dugesii* se distribuye en el estado de Jalisco y Guanajuato.



Figura 18. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 6 (ver figura 12)

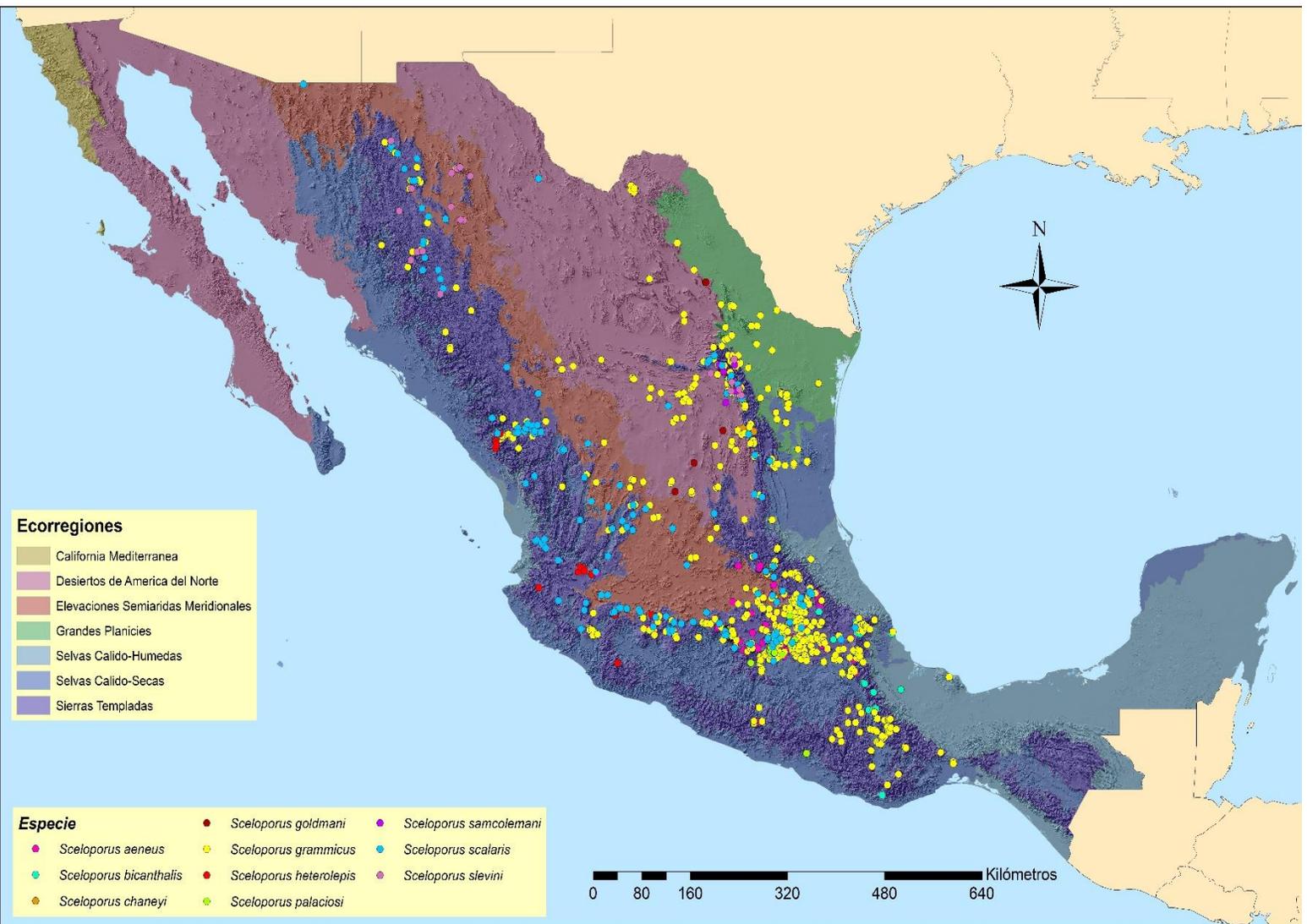


Figura 19. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 7 (ver figura 12)

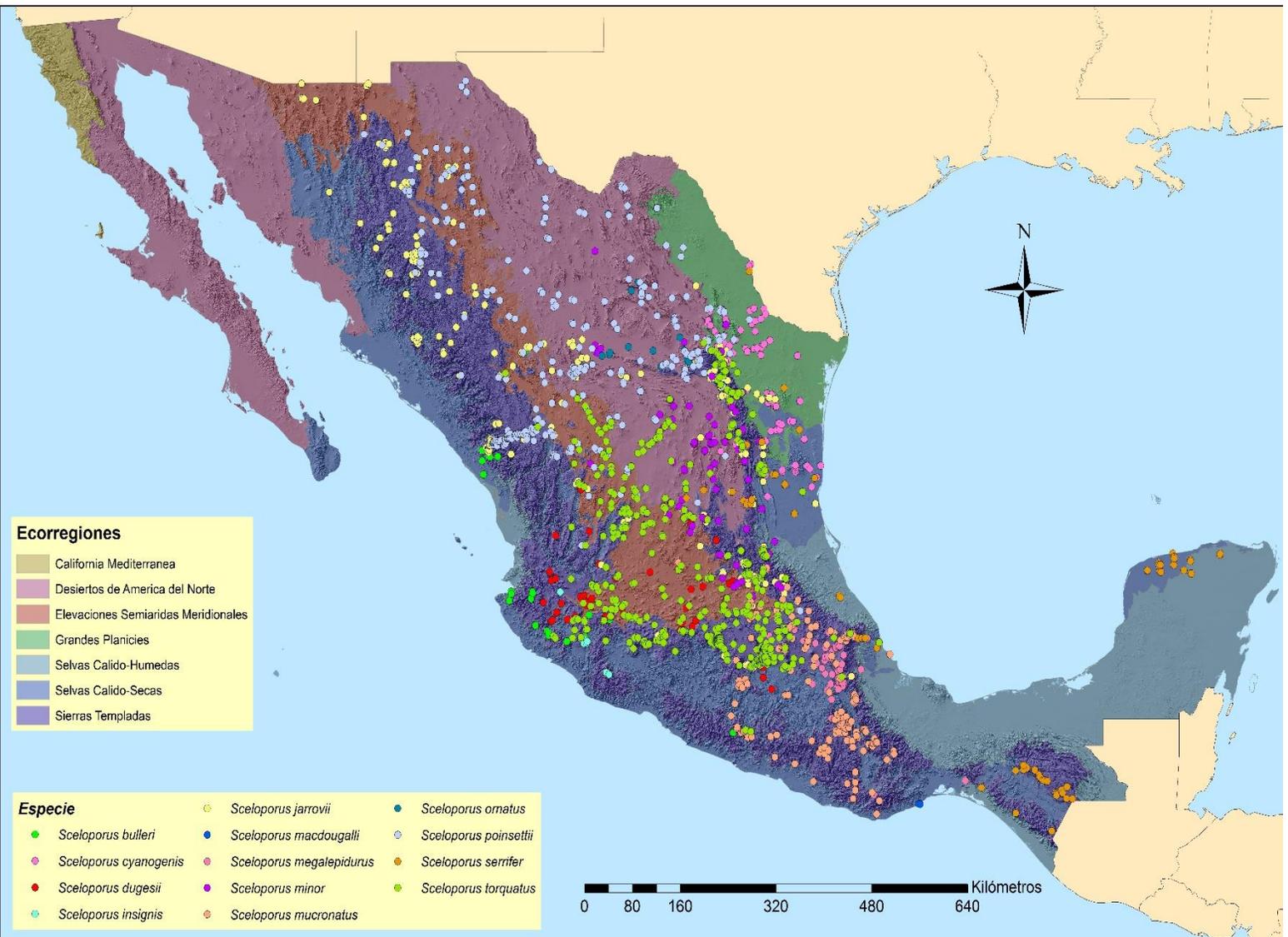


Figura 20. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 8 (ver figura 12)

El clado 9 (Figura 21) es el más numeroso con 19 especies, sus especies se distribuyen a lo largo de todo el país desde Baja California hasta Yucatán.

Sceloporus virgatus se encuentra en el límite de los estados de Sonora y Chihuahua, en la Sierra Madre Occidental.

Sceloporus horridus cuenta con una extensa distribución, desde Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Puebla. Se encuentra mayormente en la zona costera del Océano pacífico.

Al este del estado de Oaxaca se halla *Sceloporus edwardtaylori* en la región del Istmo, en la Sierra del Cerro Azul y en Chiapas en Cintalapa.

Una de las especies con mayor área de distribución es *Sceloporus spinosus*, la cual puede encontrarse en Oaxaca, Veracruz, Ciudad de México, Guanajuato hasta San Luis Potosí. Al norte de México se halla en el altiplano Mexicano, al sur de la Sierra Madre Oriental hasta la Sierra Madre del sur en Oaxaca.

En el estado de Chiapas se encuentra *Sceloporus teaniocnemis* con dos grandes nubes ubicadas en las zonas montañosas, uno en las Montañas del Norte de Chiapas y en la Sierra Madre de Chiapas. También en Chiapas se halla *Sceloporus smaragdinus* al sur del estado en Huehuetán hasta Tapachula.

Sceloporus cautilus al norte de El Salado en San Luis Potosí, y en los límites de Coahuila y Nuevo León.

Sceloporus adleri se encuentra en el estado de Guerrero en la Sierra Madre del Sur

Sceloporus clarkii en el estado de Sonora en San Luis Colorado, en los límites con Estados Unidos en, Sonoita, Nogales, Agua Prieta, Bahía Kino, Guaymas hasta Huatabampito, y a lo largo de toda la zona costera en Sinaloa, desde los Mochis hasta Mazatlán y Agua Verde.

Sceloporus undulatus se encuentra al norte de nuestro país en la Altiplanicie Mexicana a lo largo del desierto Chihuahuense.

Sceloporus malachiticus se encuentra en la depresión del Balsas con muy pocos registros

Para *Sceloporus lundelli* su distribución se localiza en la península de Yucatán desde Campeche, Yucatán y en Felipe Puerto Quintana Roo. En Yucatán se encuentra en toda la zona costera del estado

Oaxaca alberga a la especie *Sceloporus cryptus* en la Sierra de Juárez y a *Sceloporus subpictus* en la localidad de San Andrés Chichahuasta.

Sceloporus formosus se encuentra al noreste de Oaxaca en las regiones de la Cañada y Papaloapan. *Sceloporus stejnegeri* en la Sierra Madre del Sur en Guerrero.

En el Noroeste de nuestro país en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas se encuentra distribuida la especie *Sceloporus olivaceus*, con mayor número de abundancia entre Coahuila y Nuevo León al norte de la Sierra Madre Oriental.

Sceloporus occidentalis se localiza al noroeste de Baja California, en la Sierra de San Pedro Mártir, Ensenada en la región más seca del oeste de Baja California. *Sceloporus consubrinus* con una distribución en el desierto Chihuahuense

El clado 10 cuenta con dos especies (Figura 22) *Sceloporus merrami* ubicado al norte de nuestro país al este de Chihuahua y Coahuila, al este de Cuatro Ciénegas y en Sierra Mojada.

Sceloporus malanorhinus está distribuido a lo largo de toda la zona costera del Océano Pacífico desde Nayarit en Laguna Agua Brava, Mexcaltitlán, Playa los Corchos, Rincón de Guayabitos y Sayulita, Jalisco en Chamela y El Tecuan, Michoacán, Guerrero, Oaxaca en el Istmo de Tehuantepec, en la zona costera en Tultepec, Puerto Escondido, Puerto Angel, hasta llegar a Chiapas en Cintalapa, Arriaga, Villa Flores, Tonalá, Puerto Arista, Tuxtla Gutiérrez, Malpaso y en las Lagunas de Montebello.

Las especies faltantes del género *Sceloporus* (Figura 23) está compuesto por todas aquellas especies que no están dentro de la filogenia Pyron *et al.*, (2013) pero que son especies que están en México. Son especies con una distribución muy restringida y que cuentan con pocos registros.

Sceloporus albiventris se halla distribuida en las zonas costeras del sur de Sinaloa, Playa los Corchos, Laguna Agua Brava, Tepic, Tuxpan en Nayarit y San Sebastián y Atoyac Jalisco.

Sceloporus anahuacus, se halla en la Ciudad de México, en Cerro del Coyote, El Ajusco, y Monte Alegre. *Sceloporus aureolus*, en el estado de Puebla en Ahuacatlán, Perote, el Seco hasta Tehuacán.

Sceloporus asper, en Tepic Nayarit, la Cumbre de los Arrastrados Jalisco y en Michoacán en Uruapan, Apatzingán y Pátzcuaro.

Sceloporus bimaculosus, en Chihuahua y en el límite entre Estados Unidos y México en Boquillas del Carmen Coahuila. En Coahuila en la región Centro-Desierto se encuentra *Sceloporus caeruleus*. En el centro del desierto de Coahuila está *Sceloporus cowesi*,

En la Sierra Madre de Chiapas se encuentra la especie *Sceloporus acanthinus*. *Sceloporus cupreus*, en el estado de Oaxaca en Zempoaltepec. *Sceloporus exsul*, en Peña Blanca Querétaro. *Sceloporus internasalis*, se encuentra en la zona sur de la Sierra Madre de Chiapas, Catemaco Veracruz.

La amplia distribución de *Sceloporus edbelli*, abarca el este de la Sierra Madre Occidental desde el norte de Chihuahua, Coahuila hasta Durango. Con pocos registros se encuentra al sur de Coahuila *Sceloporus cyanostictus*,

En el estado de Durango se encuentra *Sceloporus lineolateralis*, en Peñon Blanco.

En la Sierra Madre Oriental en los estados de Nuevo León y sur de Tamaulipas se localiza *Sceloporus marmotus*,

Sceloporus microlepidotus, cuenta con una distribución muy amplia con dos nubes de puntos la primera donde se concentra el mayor número en el centro del país al este del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre de Oaxaca, la otra nube de puntos se localiza al norte de nuestro país en Durango, Zacatecas y San Luis Potosí.

Sceloporus uniformis, tiene una ubicación muy exclusiva en Tepic Nayarit.

El área de distribución de *Sceloporus oberon*, es muy exclusiva ya que se encuentra al sur del estado de Nuevo León, en Galeana, Linares y El Tecolote.

Al sur de la Sierra Madre de Chiapas se encuentra *Sceloporus olloporus*, en Comitán y La Trinitaria.

En Veracruz se encuentra *Sceloporus salvini* se encuentra tanto en zonas costeras como zonas centrales.

Sceloporus shannonum, al sur de Sierra Esperanza del Diablo Durango y en Concordia Sinaloa *Sceloporus lemosespinali*, al sur de Sonora en la Sierra Madre Occidental.

Sceloporus sugillatus, cuenta con una cantidad de registros muy pobre por lo que su distribución solo se encuentra en el estado de Morelos.

Sceloporus prezygus, se encuentra en el estado de Chiapas considerada endémica de la región de El Momón- Montebello y en la región de Conjab, entre San Bartolomé y Comitán.

Sceloporus tanneri se halla distribuida en el estado de Oaxaca, en Santa Rosa Lachao Juquila, y en la región de Sierra Sur y Costa. *Sceloporus omiltemanus*, en el centro de Oaxaca y en la Sierra Madre del Sur en Guerrero.

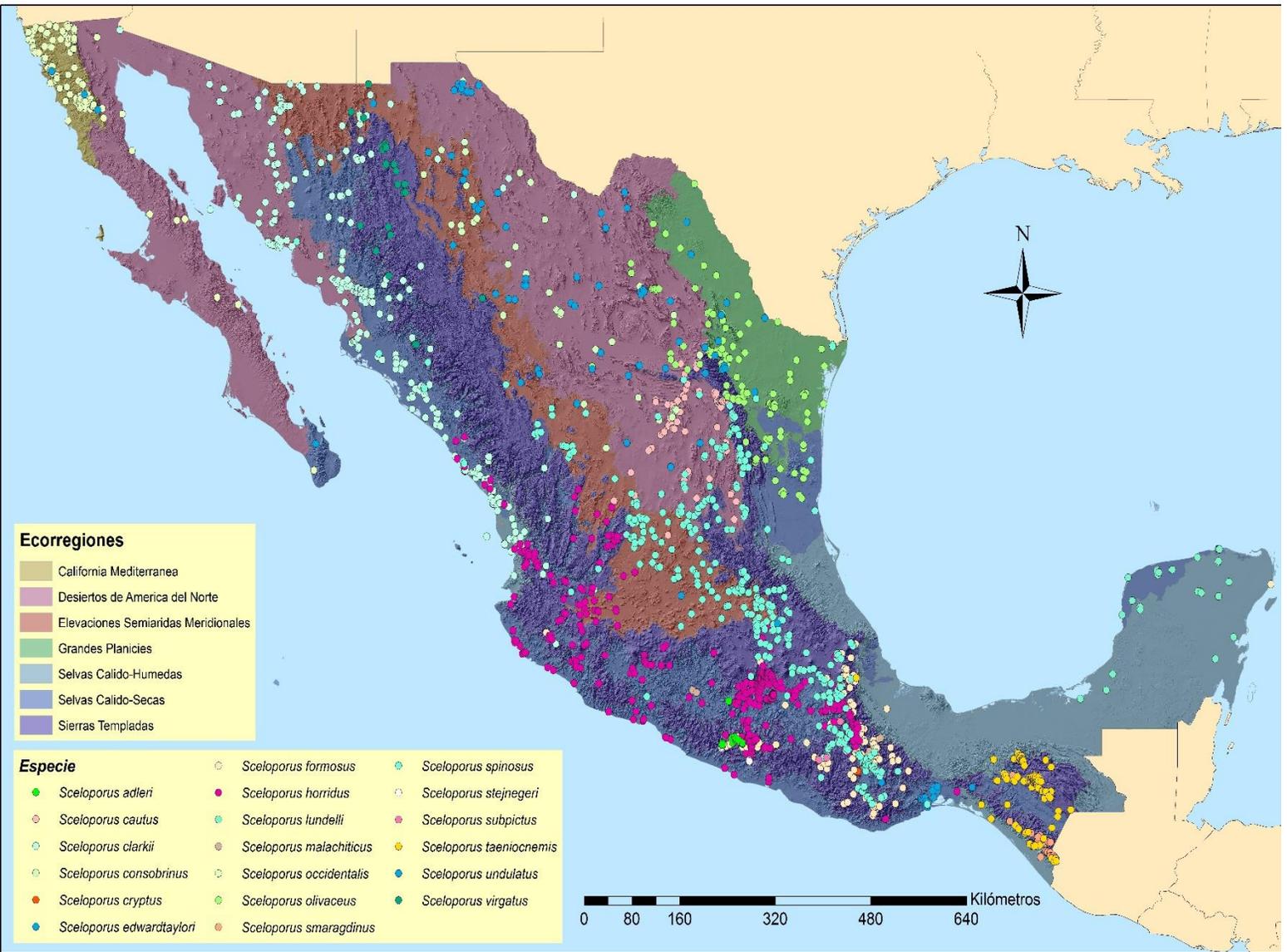


Figura 21. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 9 (ver figura 12)



Figura 22. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* Clado 10 (ver figura 12)

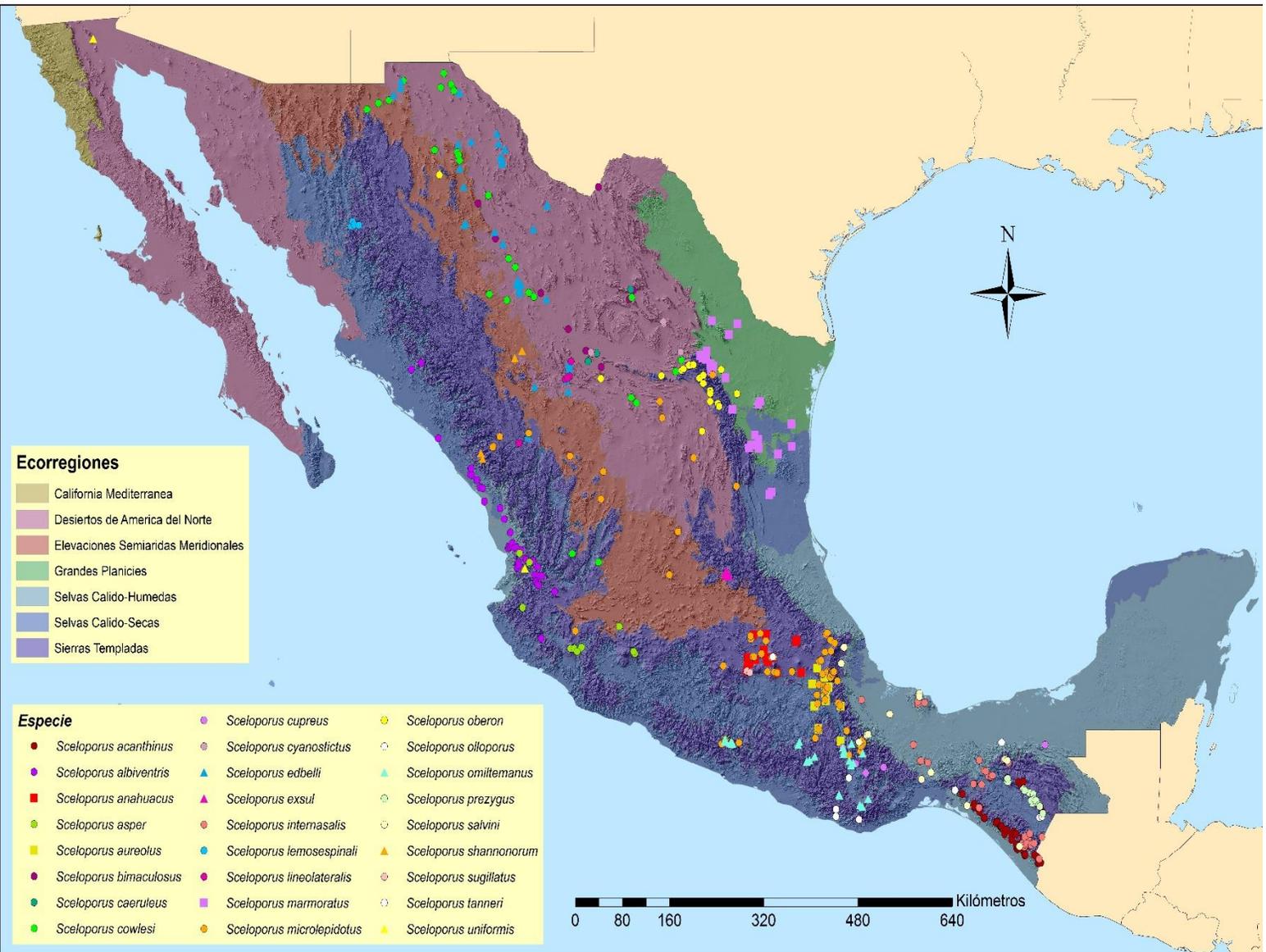


Figura 23. Distribución conocida de especies de *Sceloporus* faltantes en la filogenia de Pyron et al., 2013.

8. ANALISIS DE RESULTADOS

8.1. Regionalización de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna- Trujillo (1990)

A escala regional, hay dos grandes arreglos de estudio de la diversidad biológica de México. La primera, ecogeográfica o macroecológica, la cual estudia los patrones de variación geográfica de los seres vivos reunidos en grupos funcionales, como el número de especies o la composición de formas de vida. La segunda, biogeográfica, estudia los patrones de distribución de los seres vivos en función de la evolución de la Tierra y la diversificación de los taxones. Ambos enfoques de estudio son complementarios (CONABIO, 2008).

Smith (1941) expuso en su trabajo sobre la distribución del género *Sceloporus*, en donde estableció límites entre las regiones Neárticas y Neotropical, dividiendo a su vez a estas en subregiones y provincias bióticas. Los límites que propuso Smith para ambas regiones son las cercanías de Mazatlán, sobre las cuencas del río Balsas hasta el sur de Puebla; y por el norte de Tampico hasta el Trópico de Cáncer. Propuso 23 provincias bióticas de México con base en la distribución de especies de lagartijas del género *Sceloporus* (Figura 1).

El sistema de Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) incluye 15 provincias herpetofaunísticas: Californiana, Desierto Colorado-Sonorense, Peninsular, del Cabo, Sierra Madre Occidental, Desierto Chihuahuense, Tamaulipeca, Eje Neovolcánico, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Veracruzana, del Petén, Mexicana del Oeste, Sierra Madre de Chiapas y Yucateca. (Figura 2) (Morrone, 2005)

La regionalización del género *Sceloporus* en este trabajo (Figura 3), identifico tres grandes regiones: circum Golfo de California, México transicional, y la Península de Yucatán.

Se tomaron subdivisiones de la primera regionalización para ver las comparaciones de Smith (1941) y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990), la primera que se realizó fue la del Circum Golfo de California (Figura 4), los autores concuerdan con cinco regionalizaciones: Peninsular, Cabos, California, Arizona y Sinaloense. En el mapa se observa la distribución de especies en la zona Peninsular, la Californiana y Arizona, esta última con una distribución muy grande hasta llegar a la zona Sinaloense. En la región de los Cabos no puede hacerse una comparación ya que cuenta con dos registros de distintos colores.

Cabos están bien delimitadas por lo que es la más parecida a la de los autores. Ninguna de las demás zonas propuestas por los mismos es parecida ya que existe una amplia distribución de especies impidiendo que se formen las regionalizaciones.

Para la siguiente subdivisión se ocupó la zona de México transicional, Smith (1941) propuso una regionalización con 16 regiones; Apanchina, Desierto Chihuahuense, Austro-central, Austro-occidental, Austro-oriental, Duranguense, Tamaulipeca, Hidalguense Balsas Inferior, Balsas superior, Altiplanicie Oaxaqueña, Tapalchuteca, Guerrerense, Tehuana, Altiplanicie Chiapaneca y Veracruzana y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) propone nueve regionalizaciones: Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur, Eje Neovolcánico, Desierto Chihuahuense, Duranguense, Tamaulipeca, Altiplanicie Chiapaneca y Veracruzana. En este trabajo se observan cuatro grandes regiones muy marcadas y delimitadas (Figura 5), la primera que abarca el Golfo de México, desde Tamaulipas, Veracruz y Chiapas, la cual no tiene parecido a las regionalizaciones de los autores. Una zona ubicada al norte de México abarcando los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, la cual se parece mucho a la región del Desierto Chihuahuense propuesta por Smith, una zona en el centro de nuestro país que corresponde a la región Austro- central y por último la zona del Pacífico que abarca toda la zona costera de Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca correspondiente a la región del Balsas inferior también propuesta por Smith.

Para la zona sur de nuestro país tanto Smith (1941) como Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) concuerdan que existen dos subdivisiones, Peten y Yucatán las cuales se pueden observar claramente (Figura 6). Lo que nos indica que en estas dos regiones existen especies con distribuciones específicas.

8.2. Base de datos

Al descargar la base de datos en GBIF se obtuvo un total de 224,962 registros, un número muy grande ya que la base de datos contaba con registros de Estados Unidos, México y gran parte de Latinoamérica, así como registros de Australia. Lo primero que se realizó fue una depuración geográfica eliminando todos los registros que no fueran los de México quedando un total de 34,902 registros.

Las especies que no eran parecían taxonómicamente a las que aparecen en el la filogenia de Pyron *et al.* 2013. y a las faltantes en el no fueron tomados en cuenta para generar el Cuadro 1, por lo que el número total de registros (34,902) y el tomado que se obtuvo en los clados (32, 402) tiene una diferencia de 2,493, por las especies que tenían una mala clasificación taxonómica.

Fue de gran importancia hacer la depuración taxonómica ya que en un principio se contaban con 249 especies las cuales fueron validadas en Reptile Database, finalizando con un total de 97 especies.

Posteriormente se realizó la depuraron, geográficamente y taxonómicamente para generar una nueva base de datos. Se eliminaron los registros tomando en cuenta los nombres científicos validados con la Reptile Database la sinonimia, quitando la redundancia en cuanto a las coordenadas y la autocorrelación espacial.

Los problemas de las bases de datos de libre acceso respecto a su uso para realizar análisis espacial de la diversidad de especies pueden englobarse a grandes rasgos en dos categorías: los sesgos de muestreo y los datos erróneos. Un sesgo de carácter general proviene de la recopilación más o menos indiscriminada de censos y muestreos heterogéneos en sus objetivos y estrategias (en gran medida oportunistas (Holetschek *et al.*, 2012). Otros sesgos derivan de las falsas ausencias en zonas insuficientemente muestreadas (Underwood *et al.*, 2010) y de las distribuciones sesgadas de las presencias cuando los muestreos se concentran en las cercanías de vías de comunicación, ríos o zonas de interés florístico o faunístico (Schulman *et al.*, 2007). No obstante, como la existencia de sesgos ambientales afecta potencialmente a los resultados de los modelos (Hortal *et al.* 2008), la calidad de éstos puede mejorarse eliminando previamente los sesgos (Varela *et al.*, 2014). Por último, los errores de georreferenciación o de identificación taxonómica originados en el momento de la recolección, el censo o en el de su incorporación a la base de datos, producen que el modelo considere la presencia de una especie en un lugar del que realmente está ausente, y viceversa. Estos errores son especialmente problemáticos cuando introducen falsas presencias en lugares ambientalmente distintos a los de las presencias reales, que pueden causar calibraciones erróneas de los modelos.

8.3. Diversidad del género *Sceloporus* en México

El mapa de la variación de la riqueza de especies de *Sceloporus* (Figura 7) muestra como valor de más de 18 especies por celda. El patrón espacial de riqueza que presentan las celdas con el número mayor de especies se encuentra en la zona del Eje Neovolcánico, Sierra Madre de Oaxaca, Sierra Madre de Chiapas, Sierra Madre del Sur y una parte de la Sierra Madre Oriental.

Se presenta un patrón espacial de riqueza de especies para los reptiles de México en general, en las zonas costeras principalmente las zonas de Veracruz,

Oaxaca, y Chiapas (Ochoa-Ochoa & Flores-Villela, 2006), observando que los patrones coinciden para el género *Sceloporus*.

El mapa de endemismo (Figura 8) muestra las celdas donde existen especies que presentan endemismo donde el valor máximo de endemismo es (≥ 0.1777). Las áreas donde existe una alta tasa de endemismo se sitúan en la zona de Baja California Sur en la Sierra de San Lorenzo, en Baja California en la Sierra de Juárez, en Sonora el norte de la Sierra Madre Occidental y en el desierto Sonorense, entre Nuevo León y Tapachula el norte de la Sierra Madre Oriental, existen también celdas que marcan una alta tasa de endemismo al sur de Chihuahua en el desierto Chihuahuense

En la zona centro del país en Michoacán y Guerrero hay unos puntos en la Sierra Madre del Sur, en los estados de Veracruz y Oaxaca donde se encuentra la vertiente interna que divide la vertiente proveniente del Golfo de México y la del Pacífico y en Chiapas localizada a lo largo de la Sierra Madre de Chiapas

Por último la zona costera del norte de Quintana Roo y casi todo el estado de Yucatán.

La diversidad beta (Figura 9) ejemplifica el recambio de especies. Las celdas en color rojo son aquellas donde las especies son totalmente diferentes a las que existen alrededor. *Sceloporus* muestra 54 puntos de recambio de especies a lo largo de México. La mayor zona donde se presenta este recambio de especies es el norte del país hasta el Eje Neovolcánico donde genera 44 puntos de recambio esto en la zona del norte de Sonora, Chihuahua, Coahuila y Nuevo León y en los límites de México con el estado de Texas y Nuevo México (El Paso y Laredo).

En Baja California, como en Baja California Sur generan 4 puntos de recambio cada uno, en Baja California se ubican en Mexicali (Sierra de Juárez), Santa Catarina, más al sur en Playa Grande y San Felipe, en Baja California Sur se presenta en la Isla Cerralvo, Comondú, la Poza Grande y en Santa Rosalía.

Existe un punto en el estado de Jalisco justo en el Cerro Peña Gorda. Y otro en el estado de Guerrero en la Sierra Madre del sur.

Y las últimas al sur en Oaxaca entre la costa y la Sierra Sur, En Veracruz en Orizaba, en Chiapas en Tecpatán y dos puntos más al sur de la Sierra Norte de Chiapas en Bonampak y Yaxchilán, un punto en Tabasco en Villa Hermosa y los últimos tres puntos en Quintana Roo en las zonas de Felipe Carrillo Puerto, Punta Herrero y Punta Allen.

El análisis de similitud muestra la relación que tienen las especies con base en su área de distribución (Figura 10) dicha información se analizó de forma

equivalente mediante un mapa de celdas que representa el clúster y la relación de similitud entre las celdas (Figura 11).

8.4 Distribución conocida de las especies del género *Sceloporus*

El cladismo descansa sobre el axioma fundamental de que en la naturaleza, como resultado de la evolución, existe un orden que se manifiesta en las similitudes de los caracteres. Ahora bien, los organismos pueden parecerse por compartir tanto caracteres presentes en un ancestro lejano como caracteres que se encontraban en la especie que dio origen al grupo del que forman parte (Marrone & Crisci, 1992).

El clado 1 está formado de siete especies; *Sceloporus couchi*, *Sceloporus cozumelea*, *Sceloporus chysostictus*, *Sceloporus parvus*, *Sceloporus smithi*, *Sceloporus teapensis* y *Sceloporus variabilis*. La distribución de estas especies se encuentra en los estados colindantes con el Golfo de México, desde Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo; también se encuentra en los estados de Chiapas y en el este de Oaxaca y en Nuevo León.

La distribución de las especies del clado 2, que cuenta seis especies, se encuentra en estados cercanos al Océano Pacífico; *Sceloporus angustus*, *Sceloporus grandaevus*, se encuentran en el estado de Baja California Sur, *Sceloporus carinatus* con distribución en Chiapas y al este de Oaxaca, *Sceloporus squamosus* con una distribución restringida solo para el estado de Chiapas *Sceloporus siniferus* desde el estado de Michoacán, pasando por Guerrero, Oaxaca y Chiapas y *Sceloporus utiformis* con mayor número de registros en Nayarit y Jalisco y unos puntos en Michoacán y Guerrero.

Las especies del clado 3 cuentan con una amplia distribución. *Sceloporus nelsoni* se encuentra al oeste de toda la Sierra Madre Occidental desde el sur de Sonora hasta Nayarit. *Sceloporus pyrocephalus* al sur de la Sierra Madre Occidental, el oeste del Eje Neovolcánico y el norte de la Sierra Madre del Sur.

El clado 4 organizado; *Sceloporus gadoviae*, *S. jalapae*, y *S. ochoterenae* se localizan entre el Eje Neovolcánico, La Sierra Madre de Oaxaca y La Sierra Madre del Sur y *Sceloporus maculosus* ubicada al norte del país entre Durango y Coahuila.

El clado 5 cuenta con tres especies *Sceloporus vandenburgianus*, *S. graciosus* y *S. arenicolus* esta última no se encuentra en México, se localiza en Texas y Nuevo México.

El clado 6 conformado por: *Sceloporus hunsakeri*, *S. licki*, *S. lineatulus*, *S. magister*, *S. orcutti* y *S. zosteromus* son especies ubicadas en el Circum Golfo de

California, distribuidas en Baja California, Baja California Sur, Sonora y pocos registros en Chihuahua y Coahuila.

El clado 7 es uno de los más numerosos en cuanto especies con 10: *Sceloporus aeneus*, *S. bicanthalis*, *S. chaneyi*, *S. goldmani*, *S. grammicus*, *S. heterolepis*, *S. palaciosis*, *S. samcolemani*, *S. scalaris* y *S. slevini*. La distribución de estas especies están en la zona llamada México Transicional, son especies que se encuentran en las zonas montañosas de México desde la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, el mayor número de especies está concentrado en el Eje Neovolcánico.

El clado 8 está constituido por 13 especies *Sceloporus megalepidurus*, *S. insignis*, *S. jarrovii*, *S. torquatus*, *S. bulleri*, *S. mucronatus*, *S. macdugalli*, *S. poinsettii*, *Sceloporus dugesii*, *Sceloporus ornatus*, *S. minor*, *S. serrifer* y *S. cyanogenys*. La especie *S. ornatus* se distribuye en Texas Estados Unidos y en México en zonas de Nuevo León y Coahuila fue difícil hacer una georeferencia por qué cuenta con pocos registros, ya que es una especie que se encuentra en peligro de extinción, su distribución es restringida ya que es una especie microendémica.

El clado 9 está organizado por *Sceloporus clarkii*, *S. olivaceus*, *S. occidentalis*, *S. virgatus*, *S. woodi*, *S. consubrinus*, *S. undulatus*, *S. cautus*, *S. horridus*, *Sceloporus edwardtaylori*, *S. spinosus*, *S. taenioconemis*, *S. smaragdinus*, *S. malachiticus*, *S. lundelli*, *S. cryptus*, *S. subpictus*, *S. formosus*, *S. stejnegeri* y *S. adleri*. La distribución de la especie *Sceloporus woodi* está ubicada en Florida Estados Unidos por lo que no fue georeferenciada en este trabajo.

Las especies *Sceloporus merriami* y *Sceloporus melanorhinus* se encuentran dentro de la filogenia del género (Pyron 2013) y formaron el clado 10, pero fueron tomados como plesiomorfias, por lo cual no se pueden utilizar para definir alguno de los otros grupos monofileticos (clado).

El último clado, está conformado por todas aquellas especies de *Sceloporus* que no están dentro de la filogenia propuesta por Pyron et al., (2013) pero que son especies que se distribuyen en México; *Sceloporus acanthinus*, *S. albiventris*, *S. anahuacus*, *S. asper*, *S. aureolus*, *S. bimaculosus*, *S. caeruleus*, *S. cowesi*, *S. cupreus*, *S. cyanostictus*, *S. edbelli*, *S. exsul*, *S. internasalis*, *S. lemosespinali*, *S. lineolateralis*, *S. marmotus*, *S. microlepidotus*, *S. oberon*, *S. olloporus*, *S. omiltemanus*, *S. prezygus*, *S. salvini*, *S. shannorum*, *S. sugillatus*, *S. tanneri* y *S. uniformis*. Todas las especies están ubicadas en la zona de México Transicional, cuentan con pocos registros, sus distribuciones son muy restringidas y están bien delimitadas.

9. CONCLUSIONES

Las bases de datos de acceso libre como GBIF son de gran apoyo al realizar estudios relacionados con patrones de distribución de la biodiversidad, primeramente por la disponibilidad de datos geográficos, segundo el gran número de datos almacenados y finalmente su facilidad de acceso. Sin embargo se debe tomar en cuenta que en algunos casos existen errores taxonómicos o de georreferenciación que pueden obstaculizar o representar un sesgo a la hora de realizar cualquier tipo de trabajo,

Tanto Smith (1941) como Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) propusieron una clasificación biogeográfica; Smith propuso 23 provincias basadas en el género *Sceloporus* y Casas-Andreu y Reyna-Trujillo propusieron 15 provincias herpetofaunísticas. En este trabajo hubo coincidencias en las regiones propuestas por los autores, a pesar de que la circunscripción de varias especies del género *Sceloporus* fue modificada. Como era de esperarse, hubo mayor congruencia con las provincias de Smith (1941), ya que coincidieron ocho provincias. En tanto que con las provincias de Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1990) sólo coincidieron seis. Por lo que a pesar de que los autores tomaron criterios muy diferentes para hacer esta clasificación biogeográfica muchas de las provincias siguen manteniendo su identidad biogeográfica.

Se presenta un patrón espacial de riqueza de especies para los reptiles de México en general, en las zonas costeras principalmente las de Veracruz, Oaxaca, y Chiapas, observando que los patrones coinciden para el género *Sceloporus*, y hacia las zonas de contacto de las principales cordilleras de México.

La diversidad beta valora el recambio de especies. *Sceloporus* muestra 54 puntos de recambio de especies a lo largo de México. La mayor zona donde se presenta este recambio recorre desde el norte del país hasta el Eje Neovolcánico donde se destacan 44 puntos de mayor recambio, siendo este último una barrera natural que maximiza el recambio de especies.

La distribución general y características de la mayoría de las especies del género *Sceloporus* es bien conocida. Sin embargo, la distribución de las especies dentro de los estados de México no es muy clara. Por eso destaca la importancia de saber cómo es el comportamiento de la distribución conocida y confirmada de cada una de las especies. En función de ello, se podría delimitar con mayor consistencia las provincias herpetofaunísticas de México.

Las distribuciones conocidas de las especies, de acuerdo con el arreglo filogenético de Pyron *et al.* (2013), en la mayoría de los clados, muestran coincidencias muy marcadas con los principales rasgos geográficos de la república

mexicana, con excepción del clado 9 conformado por 19 especies distribuidas a lo largo de todo México. El mapa que contiene las especies faltantes en la filogenia de Pyron *et al.* (2013) muestra que esas 26 especies tienen una amplia distribución y abarca todo México. La distribución de estas especies no tiene un arreglo geográfico definido como el resto de los clados.

10. BIBLIOGRAFIA

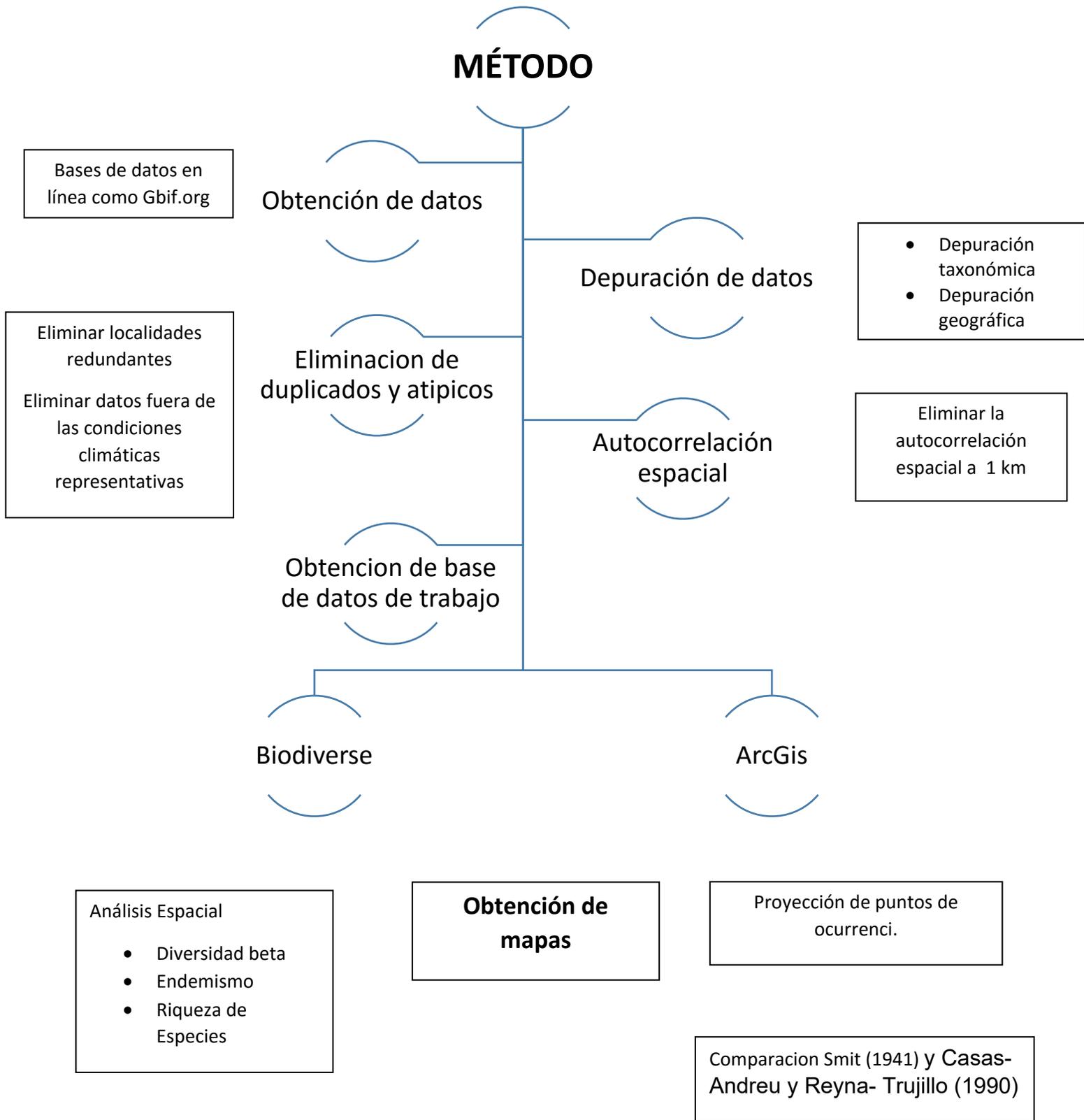
- Alvarez y Lachica, 1974. Provincias Zoogeográficas de México. En: Z. de Czerna (comp.) El escenario geográfico. Vol. II. Recursos Naturales. SEP-INAH, México.
- Anderson, R. S. 1987. Systematics, phylogeny and biogeography of New World weevils traditionally of the tribe Cleonini (Coleoptera: Curculionidae: Cleoninae). *Quaest. Entomol.* 23(4):431-709.
- Bell, E. L., Smith, H. M. & Chiszar, D. 2003. An annotated list of the species-group names applied to the lizard genus *Sceloporus*. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 90: 103-174
- Bickford, S. S. & Laffan, S. W. 2006. Multi-extent analysis of the relationship between Pteridophyte species richness and climate. *Ecol. Biogeogr.* 15: 588-601.
- Bickford, S. A., Laffan S.W., de Kok R.P.J. & Orthia L.A. 2004. Spatial analysis of taxonomic and genetic patterns and their potential fort understanding evolutionary histories. *Journal of Biogeography*, 31: 1715-1733.
- Böhm, M., Collen, B., Baillie, J. E., Bowles, P., Chanson, J., Cox, N., & Rhodin, A. G. (2013). The conservation status of the world's reptiles. *Biological Conservation*, 157, 372-385.
- Canseco-Márquez, L., Smith, E. N., Ponce-Campos, P., Flores-Villela, O. & Campbell, J. A. 2007. A new species of *Tantilla* (Squamata: Colubridae) of the *calamarina* group from Volcán Ceboruco, Nayarit, Mexico. *Journal of Herpetology*, 41: 220-224.
- Casas-Andreu, G. & T. Reyna-Trujillo. 1990. Provincias herpetofaunísticas. Mapa IV.8.6, en: *Atlas Nacional de México*, vol. III, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Crips, M.D., S. Laffan, H. P. Linder & A. Monro. 2001 *Endemism in the Australian flora. Journal of Biogeography*, 28: 183-198.
- Conabio. 2008. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
- Espinosa, D., Ocegueda, S., Aguilar, C., Flores, O., Llorente-Bousquets, J., & Vázquez, B. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. *Capital natural de México*, 1, 33-65.
- Espinosa, D., C. Aguilar y T. Escalante. 2001. Endemismo, área de endemismo y regionalización biogeográfica. In *Introducción a la biogeografía en Latinoamérica: conceptos, teorías, métodos y aplicaciones*, J. Llorente-Bousquets y J. J. Morrone (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México, D. F. p. 31-37.

- Fait, D. P. 1992. *Conservation evaluation and phylogenetic diversity*. -Biol. Conserv. 61: 1-10
- Ferrier, S., Manion, G., Elith, J., & Richardson, K. 2007. Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. *Diversity and distributions*, 13(3), 252-264.
- Flores-Villela, O. & Canseco-Márquez, L. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.), 20: 115-144
- Flores-Villela, O., & U. O. García-Vázquez. 2013. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84.
- Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna of Mexico: distribution and endemism. In *Biological diversity of Mexico: origins and distributions*, T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds). Oxford University Press, New York. p. 253-280.
- García-Vázquez, U. O., Canseco-Márquez, L. & Nieto-Montes de Oca, A. 2010. A new species of *Scincella* (Squamata: Scincidae) from the Cuatro Ciénegas basin, Coahuila, Mexico. *Copeia*, 3: 373-381.
- Gaston, K.J. 1996. Species richness: Measure and measurement, in K.J. Gaston (ed.), *Biodiversity. A biology of numbers and differences*. Blackwell Science, Oxford, pp. 77-113.
- Gaston, J. G. & J. I. Spicer. 2004. *Biodiversidad. Introducción*. 2ª. Edición, Ed. ACRIBIA, S. A., Zaragoza, 203 pp.
- Halffter, G., & C.E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma, en G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff & A. Melic (eds.), *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, pp. 5-18.
- Halliday, T. y K. Adler. 2002. *Firefly Encyclopedia of Reptiles and Amphibians*. Firefly Books, New York. 156 p.
- Hirzel, A., Guisan, A. 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecological Modelling* 157(2-3): 331-341.
- Holetschek, J., Droege, G., Guentsch A., Berendsohn, W.G. 2012. The abcd of primary biodiversity data access. *Plant Biosystems* 146(4): 771-779
- Hortal, J., Jiménez-Valverde, A., Gómez, J.F., Lobo J.M., Baselga, A. 2008. Historical bias in biodiversity inventories affects the observed realized niche of the species. *Oikos* 117: 847-858.
- Kadmon, R., Farber, O., Danin, A. 2004. Effect of roadside bias on the accuracy of predictive maps produced by bioclimatic models. *Ecological Applications* 14(2): 401-413

- Laffan, S.W., Lubarsky, E. y Rosauer 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography*. Vol 33, 643-647 (Version 1.0)
- Laffan, S. W. and Crips, M. D. 2003. Assessing endemism at multiple spatial scales, with a case study of the Australian continent. *J. Biogeogr.* 35:213-229
- Lara-Góngora, G. 2004. A new species of *Sceloporus* (Reptilia, Sauria: Phrynosomatidae) of the *grammicus* complex from Chihuahua and Sonora, México. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, 40: 1-41
- Loiselle, B.A., Jorgensen, P., Consiglio, T., Jimenez, I., Blake, J.G., Lohmann, L.G., Montiel, O.M. 2008a. Evaluating plant collection representation for ecological niche modeling: A case study using plant vouchers from Ecuador and Bolivia. *Journal of Biogeography* 35: 105 -116
- Marrone, J., Cigliano, M. M., & Crisci, J. (1992). Cladismo y diversidad biológica. *Ciencia Hoy*, 4(21), 26-34.
- Morrone, J. J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:207:252.
- Newbold, T. 2010. Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography* 34(1): 3-22.
- Porter, K. R. 1992. *Herpetology*. Saunders, Philadelphia. 524 p.
- Pough, F. H., R. Andrews, J. E. Cadle, M. L. Crump, A. H. Savitzki & K. D. Wells. 2004. *Herpetology*. Third Ed. Prentice Hall, New Jersey. 726 Pp.
- Pulliam, H. R. 2000. On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*. 3: 349-361.
- Pyron, R., Burbrink, F., & Wiens, J. (2013). A phylogeny and revised classification of Squamata, including 4161 species of lizards and snakes. *BMC Evolutionary Biology*.
- Ramírez-Bautista, A. 1994. Manual y Claves Ilustradas de los Anfibios y Reptiles de la Región de Chamela, Jalisco, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM México
- Ramírez-Bautista A., & E. Moreno. 2006. Análisis Comparativo de Cuatro Regiones Geográficas de México. Pp 74-98. En A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez & F. Mendoza-Quijano (eds.). Inventarios Herpetofaunísticos de México: Avances en el Conocimiento de su Biodiversidad. Sociedad Herpetológica Mexicana. México, D.F., No.3 y BUAP
- Rosauer, D. A. N., Laffan, S. W., Crisp, M. D., Donnellan, S. C., & Cook, L. G. (2009). Phylogenetic endemism: a new approach for identifying geographical concentrations of evolutionary history. *Molecular Ecology*, 18(19), 4061-4072

- Santos-Barrera, G. & Flores-Villela, O. 2011. A new species of toad of the genus *Incilius* from the Sierra Madre Occidental of Chihuahua, Mexico (Anura: Bufonidae). *Journal of Herpetology*, 45: 211-215.
- Sarukhán, J., et al. 2009. *Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Schulman, L., Toivonen, T., Ruokolainen, K. 2007. Analysing botanical collecting effort in amazonia and correcting for it in species range estimation. *Journal of Biogeography* 34(8): 1388-1399.
- Smith, H. M. 1941. *Las provincias bióticas de México, según la distribución geográfica de las lagartijas del género Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 2: 103-110.
- Smith, H. M., Lemos-Espinal, J. A., Hartman, D. & Chiszar, D. 2005. A new species of *Tropidodipsas* (Serpentes: Colubridae) from Sonora, México. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, 41: 39-41.
- Smith, H. M. & Smith, R. 1976. *Synopsis of the herpetofauna of Mexico*. Volume III. Source, analysis and index for Mexican reptiles. John Johnson. North Bennington, Vermont. 1010 pp
- Uetz, P. 2000. How many reptiles species? *Herpetological Review* 31:13-15.
- Uetz, P. 2013. The reptile data base. <http://www.reptile-database.org/>; última consulta: 01.X.2013
- Underwood, J.G., D'Agrosa, C., Gerber, L.R. 2010. Identifying conservation areas on the basis of alternative distribution data sets. *Conservation biology* 24: 162-170.
- Uribe-Peña Z., A. Ramírez-Bautista & G. Casas-Andreu 1999. Anfibios y Reptiles de las Serranías del Distrito Federal. Cuaderno 32. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 119 pp.
- Varela, S., Anderson, R.P., García-Valdés, R., Fernández-González, F. 2014. Environmental filters reduce the effects of sampling bias and improve predictions of ecological niche models. *Ecography* 37: 001-008.
- Wiens, J. J., Reeder, T. W. 1997. Phylogeny of the spiny lizards (*Sceloporus*) base don molecular and morphological evidence. *Herpetological Monogr.* 11: 1-101.
- Wiens, J. J., Kuczynski, C. A., Arif, S. & Reeder, T. W. 2010. Phylogenetic relationships of phrynosomatid lizards based on nuclear and mitochondrial data, and a revised phylogeny for *Sceloporus*. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54: 150-161.
- Whittaker, R. H. 1960. *Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California*. *Ecol. Monogr.* 30: 279-338.

Anexo I Diagrama de Flujo del Método



Anexo 2. Listado de especies del género *Sceloporus* en México.

Anexo 2. Especies del género <i>Sceloporus</i> en México		
<i>Sceloporus acanthinus</i>	<i>Sceloporus hunsakeri</i>	<i>Sceloporus scalaris</i>
<i>Sceloporus adleri</i>	<i>Sceloporus insignis</i>	<i>Sceloporus serrifer</i>
<i>Sceloporus aeneus</i>	<i>Sceloporus internasalis</i>	<i>Sceloporus shannonorum</i>
<i>Sceloporus albiventris</i>	<i>Sceloporus jalapae</i>	<i>Sceloporus siniferus</i>
<i>Sceloporus anahuacus</i>	<i>Sceloporus jarrovi</i>	<i>Sceloporus slevini</i>
<i>Sceloporus angustus</i>	<i>Sceloporus lemosespinalis</i>	<i>Sceloporus smaragdinus</i>
<i>Sceloporus asper</i>	<i>Sceloporus licki</i>	<i>Sceloporus smithi</i>
<i>Sceloporus aureolis</i>	<i>Sceloporus lineatulus</i>	<i>Sceloporus spinosus</i>
<i>Sceloporus bicanthalis</i>	<i>Sceloporus lineolateralis</i>	<i>Sceloporus squamosus</i>
<i>Sceloporus bimaculosus</i>	<i>Sceloporus lundelli</i>	<i>Sceloporus stejnegeri</i>
<i>Sceloporus bulleri</i>	<i>Sceloporus macdougalli</i>	<i>Sceloporus subpictus</i>
<i>Sceloporus caeruleus</i>	<i>Sceloporus maculosus</i>	<i>Sceloporus sugillatus</i>
<i>Sceloporus carinatus</i>	<i>Sceloporus magister</i>	<i>Sceloporus teaniocnemis</i>
<i>Sceloporus cautus</i>	<i>Sceloporus malachiticus</i>	<i>Sceloporus tanneri</i>
<i>Sceloporus clarkii</i>	<i>Sceloporus marmoratus</i>	<i>Sceloporus teapensis</i>
<i>Sceloporus consubrinus</i>	<i>Sceloporus megalepidurus</i>	<i>Sceloporus torquatus</i>
<i>Sceloporus couchi</i>	<i>Sceloporus melanorhinus</i>	<i>Sceloporus undulatus</i>
<i>Sceloporus cowlesi</i>	<i>Sceloporus merriami</i>	<i>Sceloporus iniformis</i>
<i>Sceloporus cosumelae</i>	<i>Sceloporus microlepidotus</i>	<i>Sceloporus utiformis</i>
<i>Sceloporus cryotus</i>	<i>Sceloporus minor</i>	<i>Sceloporus vanderburgianus</i>
<i>Sceloporus cupreus</i>	<i>Sceloporus mucronatus</i>	<i>Sceloporusvariabilis</i>
<i>Sceloporus cyanogenis</i>	<i>Sceloporus nelsoni</i>	<i>Sceloporus virgatus</i>
<i>Sceloporus cyanostictus</i>	<i>Sceloporus oberon</i>	<i>Sceloporus zozteromus</i>
<i>Sceloporus chaneyi</i>	<i>Sceloporus occidentalis</i>	
<i>Sceloporus chysostictus</i>	<i>Sceloporus ochoterena</i>	
<i>Sceloporus dugesii</i>	<i>Sceloporus olivaceus</i>	
<i>Sceloporus edbelli</i>	<i>Sceloporus olloporus</i>	
<i>Sceloporus edwardtaylori</i>	<i>Sceloporus omiltemanus</i>	
<i>Sceloporus exsul</i>	<i>Sceloporus orcutti</i>	
<i>Sceloporus formosus</i>	<i>Sceloporus ornatus</i>	
<i>Sceloporus gadoviae</i>	<i>Sceloporus palaciosi</i>	
<i>Sceloporus goldmani</i>	<i>Sceloporus parvus</i>	
<i>Sceloporus graciosus</i>	<i>Sceloporus poiretti</i>	
<i>Sceloporus grammicus</i>	<i>Sceloporus prezygus</i>	
<i>Sceloporus grandaevus</i>	<i>Sceloporus pyrocephalus</i>	
<i>Sceloporus heterolepis</i>	<i>Sceloporus salvani</i>	
<i>Sceloporus horridus</i>	<i>Sceloporus samcolemanni</i>	

