



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

T E S I S

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD HERPETOFAUNÍSTICA EN TRES
PROVINCIAS BIOGEOGRÁFICAS EN EL ESTADO DE OAXACA, MÉXICO

Para obtener el título de
Licenciado en Biología

PRESENTA

Alan Isaac Olvera Mendoza

Director

Dr. Aurelio Ramírez Bautista

Comité tutorial

Dr. Arturo Sánchez González

Dra. Ana Paola Martínez Falcón

Dr. Christian Said Berriozabal Islas

Mineral de la Reforma, Hgo., México., noviembre 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences

Mineral de la Reforma, Hgo., a 22 de noviembre de 2023

Número de control: ICBI-D/1768/2023
Asunto: Autorización de impresión.

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

Con fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio le comunico que el Jurado asignado al Pasante de la Licenciatura en Biología **Alan Isaac Olvera Mendoza**, quien presenta el trabajo de titulación "**Análisis de la diversidad herpetofaunística en tres provincias biogeográficas en el estado de Oaxaca, México**", después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

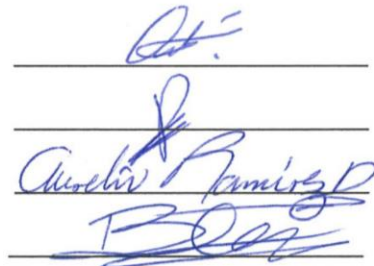
A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente Dr. Arturo Sánchez González

Secretario: Dra. Ana Paola Martínez Falcón

Vocal: Dr. Aurelio Ramírez Bautista

Suplente: Dr. Christian Said Berriozábal Islas



Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval
Director del ICBI



OAAS/YCC



Ciudad del Conocimiento
Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5 Colonia
Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo,
México. C.P. 42184
Teléfono: 771 71 720 00 ext. 2231 Fax 2109
direccion_jcbi@uaeh.edu.mx

www.uaeh.edu.mx

When the first crossopterygian crawled out of the rich Devonian waters
and cast the first envious vertebrate gaze at the terrestrial world,
a boundless empire awaited colonization

-William E. Duellman

Dedicatoria

A mi querida madre quien siempre me ha apoyado durante todos estos años, no importa cuales sean las circunstancias, me impulsa a seguir luchando y me enseña a siempre dar lo mejor de mí, a mi padre quien siempre ha sido un gran ejemplo y amigo, a mi hermana Diana y mi hermano Carlos, a mi tío David y mis tías Olivia y Estela, y a mi abuela quienes siempre me han mostrado su apoyo incondicional en todo lo que hago.

A mis colegas de laboratorio quienes a su manera han contribuido en mi crecimiento como persona y como profesional.

A mis amigos Ediel, Luis, Vidal y Oscar por su apoyo incondicional y siempre estar a mi lado.

Y finalmente al Doctor Aurelio por enseñarme un sinnúmero de cosas, convertirse en una parte importante de mi vida, así como un ejemplo a seguir y apoyarme en todo lo necesario.

Agradecimientos

Al Doctor Aurelio por ser un guía en este camino, aceptarme como su alumno y apoyarme en todo lo necesario, ser un ejemplo a seguir y enseñarme e inculcarme disciplina, compromiso y modestia, por todas esas enseñanzas tanto académicas como personales que actualmente ayudan a construir la mejor versión de mí, siempre le estaré agradecido.

Al Doctor Vicente Mata Silva por proporcionar los ejemplares, las bases de datos, fotografías, así como asesorías ante cualquier situación requerida.

A Israel Moreno por apoyarme durante todo este proceso, desde el inicio hasta el fin con observaciones, literatura y experiencia, elaboración de los mapas, así como alentarme en los tiempos difíciles.

A César Díaz por ayudarme con mi formación dentro y fuera del laboratorio siempre apoyándome con material, conocimiento y observaciones de la mejor manera cuando lo necesitaba.

A mis amigos de laboratorio Emiliano, Fernando, Tonantzin, Lizzeth y Keith por ser una parte importante dentro de mi formación en campo y dentro del laboratorio, sin su apoyo no hubiera podido integrar ambas partes fundamentales para mi desarrollo.

A mi buen amigo de licenciatura Emmanuel Dávila Sandoval quien ha sido un gran colega a lo largo de estos años en los buenos momentos y aquellos no tan buenos, por su apoyo incondicional y su invaluable amistad.

A mi amiga Diana Lizeth por su apoyo durante la revisión final del manuscrito.

A mi comité tutorial Christian Said Berriozabal Islas, Ana Paola Martínez Falcón, Arturo Sánchez González y Aurelio Ramírez Bautista por aceptar la revisión de mi investigación y por sus comentarios.

Finalmente, a todos aquellos profesores y compañeros que están tras mi formación, quienes fueron una parte importante dentro de mi desarrollo como biólogo sin duda alguna no hubiera sido posible esto sin su ayuda.

Contenido

Resumen	v
Introducción	1
Antecedentes	4
Justificación	7
Objetivos	7
Área de estudio	8
Fisiografía	9
Tipos de vegetación	10
Usos de suelo	13
Materiales y métodos	14
Identificación de las especies	14
Análisis de datos	15
Completitud de inventario	15
Riqueza y diversidad de especies	15
Estructura de las comunidades	15
Diversidad beta	16
Estado de conservación	16
Resultados	17
Completitud del inventario	17
Diversidad alfa (⁰D, ¹D)	18
Registros de especies por provincia biogeográfica	18
Riqueza y diversidad por provincia biogeográfica (⁰D, ¹D)	19
Riqueza por tipos de vegetación y usos de suelo (⁰D)	20
Diversidad por tipos de vegetación y usos de suelo (¹D)	21
Estructura de las comunidades por tipos de vegetación y usos de suelo	23
Diversidad beta	26
Disimilitud entre provincias biogeográficas	26
Disimilitud de comunidades entre los distintos tipos de vegetación y usos de suelo	26
Estado de conservación	31
Áreas de importancia en riqueza de especies de anfibios y reptiles	31
Discusión	32
Completitud del inventario	32
Diversidad alfa (⁰D, ¹D)	33

Riqueza y diversidad por provincia biogeográfica (⁰ D, ¹ D)	33
Riqueza y diversidad por tipos de vegetación y usos de suelo (⁰ D, ¹ D).....	34
Estructura de las comunidades por tipos de vegetación y usos de suelo	36
Diversidad beta.....	39
Disimilitud entre provincias biogeográficas	39
Disimilitud de comunidades entre los distintos tipos de vegetación y usos de suelo	40
Estado de conservación.....	42
Áreas de importancia en riqueza de especies de anfibios y reptiles	43
Conclusiones	44
Literatura citada	45
Material suplementario	57
Anexo fotográfico de las especies.....	62

Índice de Tablas

Tabla 1. Métricas de vulnerabilidad de acuerdo con la IUCN (International Union for Conservation of Nature), NOM-059-SEMARNAT-2010, y EVS (Environmental Vulnerability Score) con sus respectivas categorías de riesgo.	17
Tabla 2. Cobertura de la muestra (SC) para anfibios y reptiles por provincia biogeográfica (DB=Depresión del Balsas, TBP=Tierras Bajas del Pacífico, SMS=Sierra Madre del Sur).	18
Tabla 3. Registros de especies de anfibios y reptiles por tipos de vegetación (color verde) y usos de suelo (color naranja) y por provincias biogeográficas. Las abreviaciones para los tipos de vegetación y los usos de suelo son; BMM=Bosque Mesófilo de Montaña, BP=Bosque de Pino, BPE=Bosque de Pino y Encino, BTC=Bosque Tropical Caducifolio, BTP=Bosque Tropical Perennifolio, VG=Vegetación de Galería, MS=Matriz Secundaria, P=Potreros, y ZUC=Zona Urbana Construida; SMS=Sierra Madre del Sur, DB=Depresión del Balsas, TBP=Tierras Bajas del Pacífico).....	18
Tabla 4. Valores de diversidad verdadera (¹ D) para cada tipo de vegetación y usos de suelo. Las abreviaciones para los tipos de vegetación y los usos de suelo son; BMM=Bosque Mesófilo de Montaña, BP=Bosque de Pino, BPE=Bosque de Pino y Encino, BTC=Bosque Tropical Caducifolio, BTP=Bosque Tropical Perennifolio, VG=Vegetación de Galería, MS= Matriz Secundaria, P=Potreros, y ZUC=Zona Urbana Construida	22
Tabla 5. Valores de diversidad beta para anfibios y reptiles por provincia biogeográfica (DB=Depresión del Balsas, TBP=Tierras Bajas del Pacífico, SMS= Sierra Madre del Sur) utilizando los valores de disimilitud del Índice de Jaccard.	26
Tabla 6. Composición de la diversidad beta (recambio y anidamiento) para anfibios y reptiles por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio, VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potreros y ZUC=Zona urbana construida).....	28
Tabla suplementaria 1. Lista de anfibios y reptiles por tipos de vegetación, usos de suelo y provincias biogeográficas.	57

Tabla suplementaria 2. Estado de conservación y medidas de distribución de las especies de anfibios y reptiles.

59

Índice de Figuras

Figura 1. Provincias biogeográficas dentro del estado de Oaxaca (Morrone et al., 2017) utilizadas en este estudio y sitios de colecta. Mapa realizado en ArcGIS pro 3.1. 8

Figura 2. Riqueza de especies (⁰D) y diversidad ecológica (¹D) de anfibios y reptiles de las provincias biogeográficas SMS=Sierra Madre del Sur, TBP=Tierras Bajas del Pacífico y DB=Depresión del Balsas (Curvas realizadas en iNEXT (Chao et al., 2016)). 20

Figura 3. Riqueza de anfibios (⁰D) por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria y ZUC=Zona urbana construida). 21

Figura 4. Riqueza de reptiles (⁰D) por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potrerros, y ZUC=Zona urbana construida). 21

Figura 5. Diversidad de Orden 1 (¹D) de anfibios por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria y ZUC=Zona urbana construida). 22

Figura 6. Diversidad de Orden 1 (¹D) de reptiles por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potrerros y ZUC=Zona urbana construida). 23

Figura 7. Curvas de rango abundancia donde se evalúa la composición de especies de anfibios de los tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio y VG=Vegetación de galería) y los usos de suelo (MS=Matriz secundaria y ZUC=Zona urbana construida) con relación al logaritmo base10 de los registros de las especies de anfibios. 24

Figura 8. Curvas de rango abundancia donde se evalúa la composición de especies de reptiles de los tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino-encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio, VG=Vegetación de galería) y los usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potrerros y ZUC=Zona urbana construida) con relación al logaritmo base10 de los registros de las especies de reptiles. 25

Figura 9. Histograma de la diversidad beta de anfibios entre los distintos tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino-encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio, VG=Vegetación de galería) y los usos de suelo (MS=Matriz secundaria y ZUC=Zona urbana construida), utilizando los valores de disimilitud de Jaccard. 27

Figura 10. Histograma de la diversidad beta de reptiles entre los distintos tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino-encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio, VG=Vegetación de galería) y los usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potreros y ZUC=Zona urbana construida), utilizando los valores de disimilitud de Jaccard. 27

Figura 11. Distribución de los anfibios y reptiles en los municipios de muestreo en relación con los municipios considerados como Hot-spots por su gran diversidad de especies y endemismos color rojo (García, 2006) y áreas de particular riqueza y gran número de endemismos color amarillo (Ochoa-Ochoa et al., 2014a). Mapa realizado en ArcGIS pro 3.1..... 32

Resumen

Oaxaca es el estado con mayor riqueza de anfibios y reptiles de México, esto se debe a la gran diversidad de condiciones ambientales. En este estudio se analizó la diversidad y estado de conservación de anfibios y reptiles en seis tipos de vegetación y tres usos de suelo, dentro de tres provincias biogeográficas, en el estado de Oaxaca, México. Se utilizaron registros de las especies de diversas fuentes, bases de datos y de organismos colectados entre 1998 a 2018 (depositados de forma temporal en el Laboratorio de Ecología del Paisaje de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo) los cuales posteriormente fueron identificados, estos representan 26 especies de anfibios y 60 de reptiles. La mayor riqueza de especies se presentó en las provincias Tierras Bajas del Pacífico y Sierra Madre del Sur, en cuanto a tipos de vegetación y usos de suelo, el bosque de pino-encino (BPE) y el bosque tropical caducifolio (BTC) para anfibios y reptiles, respectivamente, presentaron la mayor riqueza. La diversidad de orden 1 fue mayor en el BPE para ambos grupos. El uso de suelo Matriz secundaria (MS), presentó mayor similitud de anfibios con el bosque tropical perennifolio (BTP) y el BTC, mientras que, en reptiles, la MS tuvo mayor similitud con las zonas urbanas construidas (ZUC). De acuerdo con el estado de conservación, se encontró que cerca del 40.7% de anfibios, están en vulnerabilidad media y 50% de los reptiles están dentro de la categoría de alta vulnerabilidad de acuerdo con el environmental vulnerability score (EVS). Por lo tanto, la riqueza y diversidad de anfibios y reptiles reportados en este trabajo, muestra una alta riqueza de especies de ambientes de montaña y tropicales, propios de la Sierra Madre del Sur, así como especies muy abundantes (generalistas) dentro de MS y ZUC.

Introducción

México es un país altamente diverso en anfibios y reptiles, actualmente cuenta con 1,405 especies, 430 especies de anfibios (270 especies de anuros, 157 de caudados, 3 de cecilias) y 975 especies de reptiles (3 especies de cocodrilos, 921 de escamados, y 51 de testudines) (Ramírez-Bautista et al., 2023a). La herpetofauna del país es la más distintiva (Wilson y Johnson, 2010) y diversa en comparación con América del Norte y América Central (Johnson et al., 2017). De manera similar, gran parte de las especies endémicas de anfibios y reptiles de los países mesoamericanos, se encuentran en México (Wilson y Johnson, 2010). Esta gran riqueza de especies, posiciona a México en el quinto lugar en especies de anfibios y el segundo en reptiles a nivel mundial (Suazo-Ortuño et al., 2023).

La riqueza biológica, es atribuible a la posición fisiográfica en que se ubica el país, así como por sus diversos tipos de climas y vegetación (Espinosa-Organista et al., 2008). En México se reconocen 14 provincias biogeográficas, clasificadas dentro de dos grandes regiones y una zona de transición (Morrone, 2005). Una de éstas, es la región Neártica en la que se encuentran las provincias Californiana de Baja California, Sonora, Desierto Chihuahuense, y de Tamaulipas. La Zona de Transición Mexicana comprende las provincias de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental, Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, y las Tierras Altas de Chiapas (Morrone, 2014, 2017); esta zona destaca, no solo por la mezcla de taxones neárticos y neotropicales, sino también por la evolución *in situ* de numerosas especies (Morrone, 2019). Por último, la región Neotropical comprende las provincias de las Tierras Bajas del Pacífico, Depresión del Balsas y Veracruzana. Las provincias con el mayor número de especies endémicas de anfibios y reptiles son, la Sierra Madre Oriental (253 especies), la Sierra Madre del Sur (209 especies) ambas dentro de la Zona de Transición Mexicana y la meseta central (195 especies) perteneciente a la región Neártica (Johnson et al., 2017).

La fisiografía de estas regiones hace que se presenten diversos tipos de climas (Espinosa-Organista et al., 2008). En México están representados los climas A (Tropical), B (Seco), y C (Templado) de Köpen, y los climas E (Polar), estos últimos sólo se encuentran en áreas muy reducidas (García, 1964), como las zonas más altas de algunas montañas, haciendo que la distribución de estos climas sea muy restringida (Morrone, 2019). El clima es determinante en la distribución de la vegetación, siendo los principales tipos de vegetación: bosque tropical (perennifolio, subcaducifolio, y caducifolio), bosque espinoso, pastizal, matorral xerófilo, bosque de *Quercus*, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña,

vegetación acuática y subacuática (Rzedowski, 2006). La mayoría de los géneros y especies de anfibios (riqueza de especies) se encuentran en bosques lluviosos-subtropicales y bosques muy húmedo-subtropicales (Bosque tropical perennifolio *sensu* Rzedowski, 2006), mientras que, en el caso de los reptiles, la mayor riqueza de especies se encuentra en los bosques húmedos-subtropicales (Bosque tropical perennifolio *sensu* Rzedowski, 2006) y bosques secos tropicales (Bosque tropical caducifolio *sensu* Rzedowski, 2006) (Wilson y Johnson, 2010).

A la fecha, se sabe que México, es un país mega diverso (Ramírez-Bautista et al., 2023a), en este sentido, existen muchas formas en las que se pueden medir a las comunidades biológicas considerando la riqueza y la abundancia de especies. A la riqueza de especies de una comunidad en particular históricamente se le ha considerado como diversidad alfa (Whittaker, 1960), al paso del tiempo, se han desarrollado varios índices que proponen comparar la magnitud de la diversidad entre dos o más comunidades, por ejemplo, entre diferentes tipos de hábitat, en distintos momentos de tiempo, o a través de gradientes ambientales naturales o antrópicos (Moreno et al., 2011; Berriozabal-Islas et al., 2018). Sin embargo, los índices de diversidad alfa, miden la diversidad biológica a nivel “local” para cada comunidad, es por ello, que, al momento de comparar comunidades, se deben tomar en cuenta las especies compartidas y las no compartidas, es decir el cambio en la composición de las comunidades biológicas, lo cual es definido como diversidad beta (Baselga y Gómez-Rodríguez, 2019).

La diversidad beta se relaciona con la heterogeneidad ambiental (Calderón-Patrón et al., 2016) así como con la presencia de especies con una alta o baja capacidad de distribución, especies con asociaciones más estrictas con los ambientes en los que se encuentran o con una baja capacidad de distribución, (especies especialistas) contribuyen a una alta diversidad beta (Koleff et al., 2008), mientras que, especies con una distribución más amplia las cuales pueden estar presentes en distintas comunidades, contribuyen en menor medida a los patrones de riqueza de especies (baja diversidad alfa y beta) (Koleff et al., 2008), dependiendo el grupo de organismos existe una variedad de patrones de movimiento (patrones de distribución) dentro del ambiente a diferentes escalas espaciales (Bennett, 2003) por lo que la conectividad entre regiones a diferentes escalas dependerá de la biota a examinar (Noss, 1991).

Considerando lo anterior, (regiones fisiográficas, climas, tipos de vegetación, diversidad alfa y beta), se justifican los patrones de riqueza de especies para los estados que presentan una gran diversidad de condiciones ambientales, que es lo que promueve una mayor riqueza de anfibios y reptiles (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006; Ramírez-Bautista et al.,

2014), por ejemplo, los estados de: Chiapas, Veracruz y Oaxaca, siendo este último el estado con mayor riqueza de especies en México (Casas-Andreu et al., 2004; Mata-Silva et al., 2015; Mata-Silva et al., 2021; Ramírez-Bautista et al., 2023a), con un total de 492 especies, 164 especies de anfibios y 328 especies de reptiles, comprendiendo cerca del 34.6% del total de 1,421 especies conocidas para México (Ramírez-Bautista et al., 2023a). Más de un tercio de las especies que habitan en el país, han sido documentadas para el estado de Oaxaca (Mata-Silva et al., 2021), por lo que es una de las áreas geográficas con mayor riqueza herpetofaunística (Casas-Andreu et al., 1996; Mata-Silva et al., 2021). Ortíz-Pérez et al. (2004) identificaron 12 subprovincias fisiográficas propias para el estado, siendo la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur, las subprovincias con mayor número de especies y endemismos (Casas-Andreu et al., 2004; Mata-Silva et al., 2015; Mata-Silva et al., 2021).

Los anfibios y reptiles contribuyen en una gran diversidad de funciones ecológicas, como ciclo de nutrientes, bioturbación (influencia de los organismos en la estructura física del hábitat bentónico), polinización, dispersión de semillas, flujo de energía a través de los ecosistemas y funciones que brindan servicios ecosistémicos clave, como el control de plagas y la calidad del agua (Cortés-Gómez, et al., 2015; Berriozabal-Islas et al., 2017). No obstante, a pesar de las funciones ecológicas mencionadas anteriormente la herpetofauna mexicana se enfrenta a una gran diversidad de amenazas, como son la destrucción, fragmentación y degradación del hábitat por cambio de uso de suelo, contaminación, sobreexplotación, especies invasivas, enfermedades emergentes, y cambio climático (Wilson y Townsend, 2010; Johnson et al., 2017; Vitt y Caldwell, 2014; Berriozabal-Islas et al., 2023; Suazo-Ortuño et al., 2023).

Los grupos más vulnerables son las familias Plethodontidae y Ambystomatidae (Salamandras), Cheloniidae, Dermochelyidae, Dermatemydidae, Kinosternidae (tortugas) e Iguanidae (lagartijas) (Wilson et al., 2013b; Suazo-Ortuño et al., 2023), ya que muchas especies de estas familias requieren de cuerpos de agua (o al menos de humedad), buenos sitios para alimentarse, y sitios protegidos para reproducirse (Ramírez-Bautista et al., 2014), de igual manera anfibios y reptiles al ser ectotermos dependen de la temperatura ambiental para muchas de sus actividades; termorregulación, elección de sitios para anidar, interacción entre especies (competencia, depredación y parasitismo), elección de sitios de reproducción, elección de refugios, y aunque algunas especies pueden ser capaces de cambiar su distribución a sitios más propicios para minimizar los efectos de los cambios de temperatura, la fragmentación del hábitat ha hecho que esa no sea una opción para todas las especies (Vitt y Caldwell, 2014). Tanto anfibios como reptiles presentan una baja capacidad de dispersión entre un ambiente y

otro (Koleff et al., 2008), y es debido a que las condiciones ambientales influyen en la distribución e interacción de la mayoría de las especies (Oliveira et al., 2019).

El presente estudio busca analizar los patrones de diversidad (alfa y beta) y estado de conservación de anfibios y reptiles en distintos tipos de vegetación, así como en tres usos de suelo dentro de tres provincias biogeográficas en el estado de Oaxaca, estado que a pesar de tener una destacable riqueza de este grupo de gran importancia ecológica y gravemente amenazado aún continua con sitios con poca información.

Puesto que la presencia de un gran número de taxones está influenciada por factores como la heterogeneidad ambiental, y la concurrencia de varias provincias biogeográficas (Ramírez-Bautista et al., 2014). Se plantea que la diversidad de anfibios y reptiles entre provincias biogeográficas, tipos de vegetación y usos de suelo presentes en este estudio estará determinada en función de la heterogeneidad ambiental presente a las distintas escalas estudiadas (provincias biogeográficas, tipos de vegetación y usos de suelo).

Antecedentes

La flora y fauna de Oaxaca, ha sido estudiada en términos de diversidad y riqueza (García-Mendoza et al. 2004; Briones-Salas et al., 2006; Botello et al., 2008; Briones-Salas et al., 2012; Cruz-Espinoza et al., 2012; Santos-Benítez et al., 2013), grupos biológicos en los que destacan los anfibios y reptiles (Mendelson, 1997; Rendón et al., 1998). Sin embargo, la descripción de nuevas especies y nuevos registros para el estado en la última década, indica que aún falta mucho por hacer en el contexto de riqueza de especies de estos grupos (Köhler et al., 2014; Campbell et al., 2016; Parra-Olea et al., 2016; Canseco-Márquez y Ramírez-González, 2015; Canseco-Márquez et al., 2017; Jiménez-Arcos et al., 2019; Hernández-Jiménez et al., 2019; García-Vázquez et al., 2021; Nieto-Montes de Oca et al., 2022; Canseco-Márquez et al., 2023).

En el caso de la herpetofauna del estado de Oaxaca, por encontrarse inmersa dentro de diferentes regiones biogeográficas y tipos de vegetación, ha sido objeto de numerosos estudios con enfoque biogeográfico (patrones de distribución), ecológicos (diversidad alfa y beta, riqueza de especies), taxonómicos y de conservación (Mata-Silva et al., 2021).

Históricamente, los primeros listados de registros de especies, se realizaron durante el siglo XIX por naturalistas europeos, iniciando con las colectas de Ferdinand Deppe entre los años 1824 y 1827. Ferdinand Deppe colectó varios ejemplares de distintos grupos biológicos entre ellos anfibios y reptiles provenientes de distintos estados de la República, de entre los que

destacan el estado de Oaxaca (Stresemann, 1954), posteriormente en el año 1858 el Museo Británico de Historia Natural adquirió un pequeño número de ejemplares de anfibios provenientes de los estados de Veracruz y Oaxaca colectados por el francés Auguste Sallé. Otra figura de suma importancia durante esa época fue Francisco Sumichrast que sobresale como uno de los mayores colectores para el estado, siendo un personaje destacable en la contribución al conocimiento de los anfibios y reptiles del estado; el primer registro de colecta de Sumichrast data de Julio de 1868 en Juchitán, Tehuantepec. Entre los especímenes colectados por Sumichrast durante su estancia en el Istmo de Tehuantepec se encuentran los tipos de *Hylella sumichrasti* Brocchi, *Hylella platycephala* Cope, *Cystignathus perlaevis* Cope, *Cystignathus labialis* Cope, *Eleutherodactylus rugulosus* Cope, *Syrrhophus leprus* Cope y *Bufo canaliferus* Cope (Kellogg, 1932). Sin embargo, no fue hasta mediados del siglo XX, cuando inicia una fuerte actividad sobre el conocimiento de los anfibios y reptiles de Oaxaca, y fueron los herpetólogos norteamericanos, Remington Kellogg, Edward H. Taylor, Hobart M. Smith, Charles M. Bogert y William E. Duellman, quienes describieron un gran número de especies de anfibios y reptiles (Casas Andreu, 1996).

A partir de estos estudios, numerosos trabajos se han realizado sobre la composición herpetofaunística del estado de Oaxaca (Casas-Andreu, 1996; Casas-Andreu et al., 1996; Rendón et al., 1998; Casas Andreu et al., 2004; Townsend-Peterson et al., 2004; Ramírez-González et al., 2014; Mata-Silva, et al., 2015; Cisneros-Bernal et al., 2020; Mata-Silva et al., 2021; Martínez-Coronel et al., 2021) destacando aquellos que analizan la riqueza y distribución de anfibios y reptiles a una escala biogeográfica, tal es el caso del trabajo realizado por Mata-Silva, et al. (2015) en donde se analiza la distribución de la herpetofauna dentro del estado, distribución de las especies por subprovincias biogeográficas, y estado de conservación de acuerdo con distintas métricas (IUCN, SEMARNAT NOM-059 y EVS), así como la reciente reexaminación realizada por Mata-Silva et al. (2021), en donde se añaden especies cuya distribución no estaba datada para el estado, así como nuevos registros de especies y cambios taxonómicos.

Es importante hacer énfasis en que estudios herpetofaunísticos relacionados con los tipos de vegetación y diversidad de especies (alfa y beta) se han realizado relativamente pocos dentro de algunas regiones del estado, aunque recientemente se realizan estos con un enfoque de conservación, algunos ejemplos de esto son los trabajos realizados por Martín-Regalado et al. (2011) en el cerro Guiengola, Tehuantepec, Villegas-García et al. (2015) en la sierra Mazateca, Rioja-Paradela et al. (2013) en Montecillo Santa Cruz, Istmo de Tehuantepec,

Martín-Regalado et al. (2016) en la Sierra Cuatro Venados, en el centro occidente del estado, García-Grajales et al. (2016) en el parque nacional Lagunas de Chacahua y La Tuza de Monroy al suroeste del estado y García-Grajales et al. (2019) en la costa Central del estado.

No obstante, a pesar de que se evalúa el estado de conservación de la herpetofauna de Oaxaca en algunos trabajos, muchas especies aún no han sido evaluadas correctamente con las métricas mayormente usadas (IUCN y NOM-059-SEMARNAT-2010) (Mata-Silva et al., 2015). Ante esto algunos estudios específicamente aquellos realizados por Wilson et al. (2013a, 2013b) sobre el estado de conservación de la herpetofauna mexicana denotan la importancia de usar otras métricas, como es el caso del EVS (Environmental Vulnerability Score) basándose en atributos ecológicos y de distribución para evaluar a los anfibios y reptiles incluso cuando no hay muchos datos disponibles sobre las especies, siendo coherente con aquellas amenazas producto de la degradación antropogénica del ambiente.

Originalmente el EVS fue desarrollado por Wilson y McCranie (1992) para evaluar el estado de vulnerabilidad de los anfibios de Honduras ante la falta de datos de abundancias de las especies (Vial y Sailor, 1993), posteriormente fue actualizado para su uso en (McCranie y Wilson, 2002) y tiempo después se evaluó a los reptiles (Wilson y McCranie, 2004). La puntuación de anfibios y reptiles se determina de acuerdo a tres criterios, teniendo en común los dos primeros para ambos grupos i) distribución geográfica, ii) número de formaciones vegetales ocupadas y se diferencia en el tercero ya que para anfibios se toma en cuenta iii) el grado de especialización en el modo reproductivo y en reptiles se considera iii) el grado de persecución humana. Esto tomando en cuenta que estos dos últimos criterios se relacionan con la susceptibilidad de anfibios y reptiles ante la presión antropogénica (Wilson y McCranie, 2004). Puesto que está documentado que al menos un tercio de la herpetofauna del país se encuentra en Oaxaca (Mata-Silva et al., 2021) es de gran significancia el conservar la herpetofauna del estado.

Justificación

A pesar de que los trabajos sobre inventarios (catálogos de especies) realizados en Oaxaca, representan un esfuerzo muy grande para el conocimiento de la diversidad herpetofaunística a nivel regional y estatal, son pocos los estudios que analizan la diversidad alfa y beta en comunidades, a escala de provincias biogeográficas (Ramírez-Bautista y Cruz-Elizalde, 2017). Por lo anterior, y considerando que la mayor amenaza que impacta la diversidad de anfibios y reptiles, son la pérdida de hábitat, fragmentación, pérdida de la cobertura vegetal por el cambio de uso de suelo y la sobreexplotación de los ecosistemas (Stuart et al., 2008), este estudio sienta las bases para conocer la distribución de anfibios y reptiles en diferentes tipos de vegetación y usos de suelo, dentro de tres regiones biogeográficas contrastantes en el estado con mayor riqueza de México, con la finalidad de identificar áreas de importancia en riqueza de anfibios y reptiles, utilizando material de colecciones científicas y bases de datos.

Objetivos

Objetivo general

Analizar la riqueza y diversidad de la herpetofauna en diversos tipos de vegetación (bosque mesófilo de montaña, bosque de pino, bosque de pino y encino, bosque tropical caducifolio, bosque tropical perennifolio, vegetación de galería) y usos de suelo (matriz secundaria, zonas urbanas construidas, potreros), presentes en las provincias biogeográficas del estado de Oaxaca (Sierra Madre del Sur, las Tierras bajas del Pacífico y la Depresión del Balsas), así como identificar el estado de conservación (de acuerdo al EVS, IUCN y NOM-059-2010) y las áreas de mayor importancia en riqueza de especies.

Objetivos particulares

- Establecer la lista de especies de anfibios y reptiles por tipos de vegetación dentro de las tres provincias biogeográficas en el estado de Oaxaca.
- Identificar y comparar la riqueza de especies entre las tres provincias biogeográficas.
- Estimar y analizar la variación en la diversidad alfa y beta de los anfibios y reptiles dentro los tipos de vegetación y usos de suelo presentes en las tres provincias biogeográficas.
- Determinar el estado de conservación de la herpetofauna de estas regiones, de acuerdo con la NOM-059-2010, la IUCN y el EVS.

- Identificar las áreas de importancia en riqueza de especies de anfibios y reptiles basándose en la lista de especies obtenida y contrastar con la literatura disponible.

Área de estudio

El estado de Oaxaca se encuentra en la parte sureste del país, entre las coordenadas geográficas 18° 39' - 15° 39' latitud norte, y entre los 93° 52' - 98° 32' longitud oeste (INEGI, 2004) (Figura 1). Colinda al norte y noreste con Veracruz y Puebla, al este con Chiapas, al sur con el Océano Pacífico, y al oeste con Guerrero. El estado está dividido políticamente en 30 distritos y 570 municipios, tiene una extensión de 91 783 km², lo que representa el 4.8% de la superficie nacional, siendo este el quinto estado más grande de la República (Ordóñez, 2000).

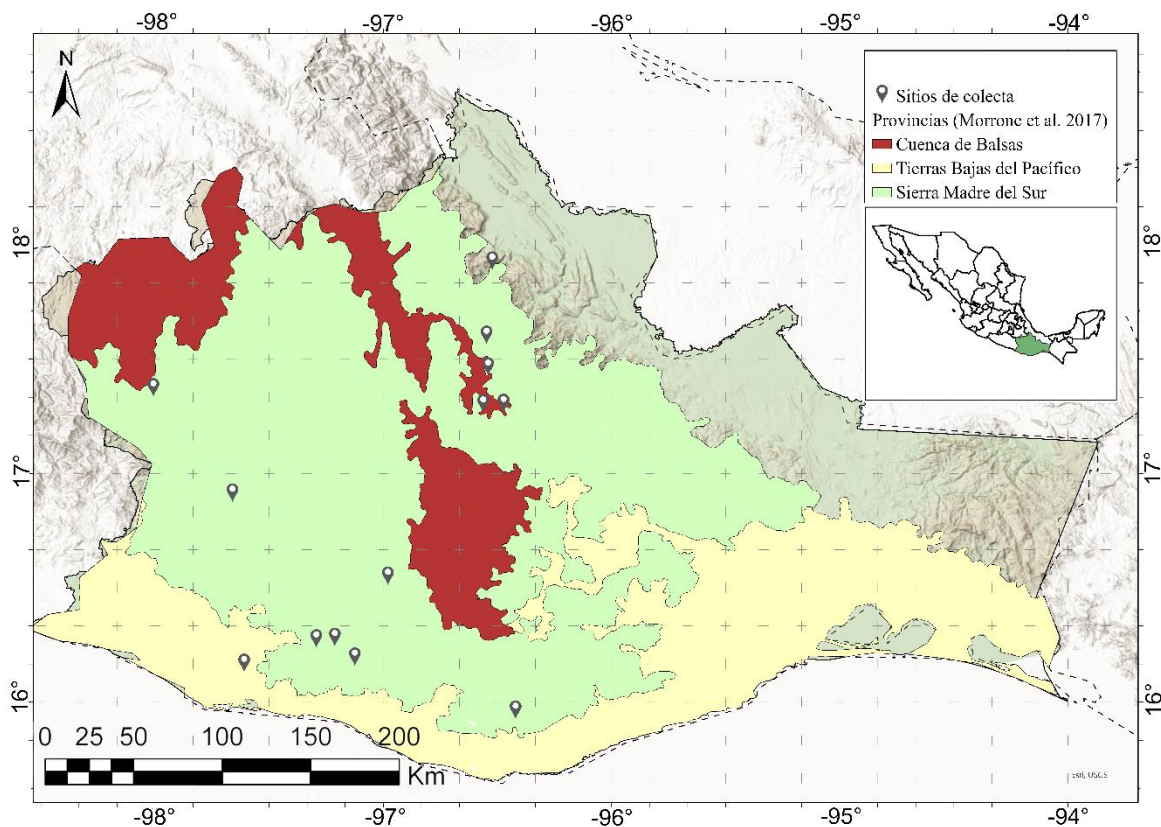


Figura 1. Provincias biogeográficas dentro del estado de Oaxaca (Morrone et al., 2017) utilizadas en este estudio y sitios de colecta. Mapa realizado en ArcGIS pro 3.1.

Clima

Dentro del estado, existen 26 subtipos climáticos de acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1964). Dentro de esta variación, es posible encontrar climas cálidos, desde húmedos y subhúmedos hasta áridos y muy áridos, así como templados con un alto grado de humedad, o aquellos donde la aridez es un factor importante, y climas semifríos de húmedos

a subhúmedos. Cerca del 30% de la superficie del estado, presenta una temperatura media anual entre 22 y 26°C, distribuyéndose en las vertientes de las sierras, tanto para el Pacífico como para el Golfo, en altitudes menores a 1000 m snm (Trejo, 2004).

La precipitación total anual en Oaxaca es muy variable en las distintas regiones del estado, desde los 300 mm hasta 4500 mm; las áreas con precipitación más alta, se localizan en la vertiente del Golfo, específicamente en las laderas de las montañas que retienen la humedad (Trejo, 2004).

Fisiografía

El predominio de formaciones montañosas en cerca del 70% del territorio, da como resultado una compleja fisiografía para el estado de Oaxaca (CONABIO, 2018). De acuerdo con Morrone (2019), dentro del estado se pueden encontrar las provincias: Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre del Sur, Tierras bajas del Pacífico, Depresión del Balsas, y la provincia Veracruzana. En los sitios de colecta del presente estudio, las principales provincias biogeográficas analizadas fueron: La Sierra Madre del Sur, Tierras Bajas del Pacífico y Depresión del Balsas (Morrone et al., 2017).

Provincias Biogeográficas

Provincia Sierra Madre del Sur

Ubicada en la parte Centro Sur de México, se encuentra desde el sur de Michoacán hasta Guerrero, Oaxaca y parte de Puebla, por encima de los 1000 m de altitud (Morrone y Márquez, 2001), su continuidad se ve interrumpida por valles con ríos que se sitúan por encima de los 1000 m snm. Predominan los bosques de pino-encino, así como cactus (Morrone, 2005).

Provincia Tierras Bajas del Pacífico

Ubicada en el occidente de México, en la costa del Pacífico de Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Morrone y Márquez, 2001), la vegetación presente se caracteriza por bosques húmedos y secos (bosque tropical perennifolio y bosque tropical caducifolio *sensu* Rzedowski, 2006), y sabanas (pastizales *sensu* Rzedowski, 2006) (Morrone, 2005).

Provincia Depresión del Balsas

Ubicada en la parte central de México abarcando los estados de Guerrero, México, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca y Puebla, por debajo de los 2000 m de altitud (Morrone y Márquez, 2001). Se encuentra entre la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del

Sur, se caracteriza por la presencia de bosques tropicales secos (bosque tropical caducifolio *sensu* Rzedowski, 2006) y pastizales (Morrone, 2005).

Específicamente, en relación a las características geológicas, topográficas, orográficas e hidrográficas, se reconocen 12 subprovincias fisiográficas para el estado de Oaxaca, entre éstas se encuentran: 1) Depresión del Balsas, 2) Montañas y Valles del Occidente de Oaxaca, 3) Fosa de Tehuacán, 4) Sierra Madre de Oaxaca, 5) Planicie Costera del Golfo (Papaloapan y Coatzacoalcos), 6) Valles Centrales de Oaxaca, 7) Montañas y Valles del Centro, 8) Depresión Istmica de Tehuantepec, 9) Sierra Madre del Sur de Oaxaca y Chiapas (Región de los Chimalapas), 10) Sierra Madre del Sur, 11) Planicie costera del Pacífico y 12) Planicie Costera de Tehuantepec (Ortíz-Pérez et al., 2004).

El estado presenta una riqueza hidrológica particular, producto de la presencia de 14 ríos y 7 regiones hidrológicas, así como la ubicación entre el área de influencia de los ríos Papaloapan y Grijalva, dos ríos importantes para el país (CONABIO, 2018).

Tipos de vegetación

Bosque mesófilo de montaña

Este tipo de vegetación se establece entre 1000 y 2500 m snm, regiones de relieve accidentado y las laderas de pendiente pronunciada constituyen su hábitat más frecuente (Rzedowski, 2006); se encuentra donde predominan climas semicálidos y templados húmedos con neblina y frecuentes lloviznas (Torres-Colín, 2004). La precipitación total anual probablemente nunca es inferior a 1000 mm, comúnmente pasa de 1500 mm y en algunas zonas excede 3000 mm (Rzedowski, 2006). Aunque se conoce desde el norte del país hasta el centro y sur sólo en la vertiente exterior de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y de Oaxaca, existen manchones continuos de cierta consideración (Rzedowski, 2006). Fisonómicamente es un bosque denso, la altura de sus árboles va desde los 15 a 35 m, los diámetros de los troncos son variables, hasta dos metros, pero en ocasiones se mantienen entre 30 y 50 cm. La comunidad incluye árboles perennifolios, así como de hoja decidua, las epífitas están muy bien representadas, abundando líquenes, musgos y pteridofitas, así como también fanerógamas. Entre los árboles se encuentran los géneros *Quercus*, *Juglans*, *Dalbergia*, *Podocarpus*, *Pinus*, *Abies* y *Liquidambar* (Rzedowski, 2006). En este trabajo el bosque mesófilo de montaña se encuentra dentro de las provincias Sierra Madre del Sur y Tierras Bajas del Pacífico (Tabla 3).

Bosque de pino-encino

Este tipo de vegetación puede distribuirse en un gradiente altitudinal muy variable, en el caso de los encinos, se pueden encontrar desde el nivel del mar hasta los 3,100 y hasta los 4,000 m snm (Ramírez-Bautista et al., 2014). Los climas que se pueden encontrar en el bosque de pino-encino, son secos, semisecos y templados, aunque para la Sierra Madre de Oaxaca y la Sierra Madre del Sur se presentan bosques más húmedos y con mayor riqueza florística que los bosques ubicados en el interior del estado principalmente de las sierras Mixtecas, Valles Centrales y laderas interiores de las montañas (Torres-Colín, 2004). En éste sobresalen las especies del género *Pinus*, como *Pinus ayacahuite*, *P. hartwegii*, *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. patula*, *P. devoniana*, *P. pseudostrobus*, *P. oocarpa*, *P. teocote* y *P. cembroides* además de *Quercus crassifolia*, *Q. elliptica*, *Q. laeta* y *Juniperus flaccida* (Torres-Colín, 2004), con temperaturas entre los 10 y 28°C (INEGI, 2015). El estrato principal está compuesto por árboles de ocho a 35 metros de altura (INEGI, 2015), las epífitas no son abundantes, pero es frecuente encontrar especies de la familia Orchidaceae y Bromeliaceae (Torres-Colín, 2004). En este trabajo el bosque de pino y encino se encuentra dentro de las provincias Sierra Madre del Sur, Tierras Bajas del Pacífico y Depresión del Balsas (Tabla 3).

Bosque de pino

La distribución geográfica coincide con la de los elevados macizos montañosos, a lo largo de la Sierra Madre Occidental, el Eje Volcánico Transversal, la Sierra Madre del Sur, las Sierras del Norte de Oaxaca y las Sierras de Chiapas. El grueso de la masa forestal de pinos mexicanos se desarrolla a altitudes entre 1500 y 3000 m snm. Los límites de distribución marcan tolerancia de temperatura media anual entre 6 y 28° C (Rzedowski, 2006). Presentan precipitación total anual que oscila entre los 350 a 1200 mm; la altura promedio es de 15 a 30 m, con un estrato inferior relativamente pobre de arbustos, las especies más comunes son *Pinus leiophylla*, *P. hartwegii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. rudis*, *P. devoniana*, *P. michoacana*, *P. teocote*, *P. oocarpa*, *P. ayacahuite*, *P. pringlei*, *P. duranguensis*, *P. engelmannii*, *P. lawsoni* y *P. oaxacana* (INEGI, 2015). En este trabajo el bosque de pino se encuentra dentro de la provincia Sierra Madre del Sur (Tabla 3).

Bosque tropical caducifolio

Formación característica de la vertiente del Pacífico de México, donde cubre grandes extensiones (Rzedowski, 2006), se distribuye en el Istmo de Tehuantepec, los Valles Centrales, Mixteca Alta, la Sierra Madre del Sur, la Planicie Costera del Pacífico, el Valle de Tehuacán-

Cuicatlán y la Depresión del Balsas, así como en comunidades aisladas de la Sierra Madre de Oaxaca, los Valles Centrales y la Sierra Madre del Sur (Torres-Colín, 2004).

Este tipo de vegetación, está representado en un 80% por especies caducifolias, se desarrolla entre los cero y 1900 m snm, con una temperatura media anual de 20 a 29° C, con una precipitación total anual de entre 300 a 1800 mm y con una altura que oscila entre los cinco y 15 m; el diámetro de los troncos no sobrepasa los 50 cm, siendo frecuente solo un estrato arbóreo, con las trepadoras y epífitas escasas (Rzedowski, 2006).

Las especies que se pueden encontrar en este tipo de vegetación, son *Bursera simaruba*, *B. fagaroides*, *Conzattia multiflora*, *Lonchocarpus emarginatus*, *Lysiloma acapulcense*, *L. divaricata*, *Havardia campylanchata*, *Ceiba aesculifolia*, *C. parvifolia*, *Pseudobombax ellipticum*, *Cordia elaeagnoides*, *Euphorbia schlechtendalii*, *Gyrocarpus mocinnoi*, *Amphipterygium adstringens*, *Jacaratia mexicana*, *Bucida macrostachya*, *Astronium graveolens*, *Guaiacum coulteri*, *Pseudosmodingium multifolium*, *Cochlospermum vitifolium*, *Plumeria rubra*, *Thevetia ahouai* y *Ficus* spp (Torres-Colín, 2004). En este trabajo el bosque tropical caducifolio se encuentra dentro de las provincias Sierra Madre del Sur y Tierras Bajas del Pacífico (Tabla 3).

Bosque Tropical Perennifolio

Ocupa una amplia y continua extensión, desde la Planicie Costera del Golfo, la Sierra Mazateca y la Sierra Madre del Sur (Torres-Colín, 2004), presenta temperaturas no menores a 20°C y rara vez supera los 26°C, tiene una precipitación total anual de 1500 a 3000 mm en ocasiones sobrepasa los 4000 mm. (Rzedowski, 2006). Presenta un estrato con especies de distintas alturas, el estrato superior se compone por elementos de 30-40 m, como *Terminalia amazonia*, *Cordia alliodora*, *C. megalantha*, *Calophyllum brasiliense*, *Dialium guianense*, *Tapirira mexicana*, *Elaegia uxpanensis*, *Dussia mexicana* y *Pera barbellata*, el estrato medio con especies de 15-25 m como *Spondias radlkolferi*, *Cymbopetalum penduliflorum*, *Sloanea tuerckheimii*, *Brosimum guianense*, *Nectandra membranacea*, *Hieronyma oblonga* y *Ficus insipida*, y el estrato bajo con individuos de 3 a 10 m entre ellos *Pleuranthodendron lindenii*, *Ficus obtusifolia*, *Guatteria galeottian*, *Cymbopetalum baillonii* y *Miconia* sp. (Torres-Colín, 2004), con diámetros que van de 40-80 cm e incluso hay individuos de 1.5 a 2 m; hay abundancia de trepadoras leñosas pertenecientes a distintas familias de fanerógamas, también destacan dentro del grupo de las epífitas las herbáceas de la familia Bromeliaceae y

Orchidaceae (Rzedowski, 2006). En este trabajo el bosque tropical perennifolio se encuentra dentro de las provincias Sierra Madre del Sur y Tierras Bajas del Pacífico (Tabla 3).

Vegetación de galería

Comunidades arbustivas, con elementos subarbóreos, que se desarrollan en los márgenes de cuerpos de agua, como ríos y arroyos siempre en condiciones de humedad (INEGI, 2015), se distribuye en casi todas las regiones de Oaxaca en condiciones ambientales muy heterogéneas, en asociaciones vegetales ribereñas secas, es común encontrar *Astianthus viminalis*, *Parkinsonia aculeata*, *Vitex mollis*, *Baccharis slicifolia*, *Barkleyanthus salicifolius*, *Dodonea viscosa*, *Ipomea murucoides* y *Lantana camara* (Torres-Colín, 2004).

Este tipo de vegetación, se encuentra en un gradiente de elevaciones que van desde los 700 a 2500 m snm. Fisionómicamente y estructuralmente es un conjunto de vegetación muy heterogéneo, su altura varía de cuatro a 40 m con árboles de hoja perenne y decidua, puede presentar trepadoras y epífitas o bien carecer de ellas (Rzedowski, 2006). El estrato principal es dominado por especies, como *Taxodium mucronatum*, *Salix bonplandiana*, *Alnus acuminata*, *Populus mexicana* y *Fraxinus uhdei* (Torres-Colín, 2004). En este trabajo la vegetación de galería se encuentra dentro de las provincias Sierra Madre del Sur y Tierras Bajas del Pacífico (Tabla 3).

Usos de suelo

Potreros

Áreas delimitadas, colonizadas por plantas y pastos naturales, naturalizados y mejorados, donde el ganado se alimenta (Dávila et al., 2005), de manera general, son sistemas sencillos con una estructura horizontal y vertical poco compleja. Aquellos establecidos en zonas cuya cobertura original eran selvas se ven influenciados por la presencia de numerosos árboles remanentes en cuanto a composición y estructura, ya sea dispersos dentro de los potreros o a lo largo de los causes de agua que los cruzan (Guevara et al., 1994). En este trabajo los potreros se encuentran dentro de la provincia Tierras Bajas del Pacífico (Tabla 3).

Matriz secundaria

Son áreas de producción de alimentos, forrajes, ornamental o industrial, para el uso del humano, pueden ser categorizados de acuerdo a su suministro de agua (temporales, de riego y humedad), así como categorizarse de acuerdo a su duración (anuales, semipermanentes y permanentes) (INEGI, 2015); dentro del estado los cultivos más representativos son de maíz, frijol,

cacahuete, trigo, sorgo, café, limón, mango, maguey mezcalero, copra y hule (SADER, 2017), En este trabajo se toma en cuenta como Matriz secundaria cafetales (bajo sombra) y cultivos de limón los cuales se encuentran dentro de las provincias Sierra Madre del Sur y Tierras Bajas del Pacífico (Tabla 3).

Zonas Urbanas Construidas

Es un elemento que no forma parte de la cobertura vegetal o de las áreas manejadas, pero incide en la distribución nacional de estas (INEGI, 2015). Sin embargo, hay que considerar que los centros urbanos pueden o no contener especies vegetales como remanentes de vegetación nativa o no, en camellones, parques, áreas verdes, entre otros.

El sistema de localidades del estado de Oaxaca está conformado por 56 centros urbanos con población de más de cinco mil habitantes (Gobierno de Oaxaca, 2023). Las zonas urbanas que se toman en este estudio, son Villa de Tututepec, Santa Cruz Itujundia, Santa Catarina Juquila y San Juan Lachao, las cuales se encuentran dentro de las provincias Sierra Madre del Sur, Tierras Bajas del Pacífico y Depresión del Balsas (Tabla 3).

Materiales y métodos

Identificación de las especies

Para cumplir con los objetivos de este estudio, se revisaron los ejemplares de anfibios y reptiles que se encuentran depositados de forma temporal en el Laboratorio de Ecología del Paisaje del Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; así como bases de datos con registros de ejemplares que fueron recolectados entre los años de 1998 a 2018; tanto ejemplares como bases de datos fueron proporcionados por el Doctor Vicente Mata Silva, actualmente miembro del departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Texas. Los individuos que fueron colectados, se colectaron mediante el método de búsqueda directa, que consiste en buscar en todos los tipos de microhábitats (sustratos) idóneos, dependiendo de las características ecológicas de las especies (Casas-Andreu et al., 1991; Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista, 2012). Con el apoyo de claves dicotómicas (por ejemplo, Smith y Taylor 1966; Flores-Villela et al. 1995; Duellman, 2001; Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010), se identificaron a nivel de especie cada ejemplar y fueron verificados por el Dr. Aurelio Ramírez Bautista. Los tipos de vegetación se describieron de acuerdo a Rzedowski (2006) y los usos de suelo de acuerdo con (INEGI, 2015, 2021) así como las provincias biogeográficas de acuerdo con Morrone et al. (2017).

Análisis de datos

Compleitud de inventario

La completitud del inventario se evaluó para cada provincia biogeográfica calculando la diversidad estimada mediante el estimador de cobertura propuesto por Chao y Jost (2012), mediante el programa iNEXT (Chao et al., 2016).

Riqueza y diversidad de especies

Para las provincias biogeográficas, los tipos de vegetación y los usos de suelo se tomó en cuenta la diversidad de orden cero (0D), cuyo valor equivale a la riqueza de especies (${}^0D = S$) (García-Morales et al., 2011), y la diversidad verdadera (1D) propuesta por Jost (2006), basado en el índice de entropía de Shannon, cuya fórmula es:

$$H' = - \sum_{i=1}^S pi \ln pi$$

Donde pi es la abundancia relativa de la especie i y \ln corresponde al logaritmo natural, para poder hacer una correcta interpretación de la diversidad de especies, se debe llevar a cabo una transformación, mediante el uso de números efectivos al expresar la ecuación anterior de la siguiente manera:

$${}^1D = \exp (H')$$

Donde H es el índice de entropía de Shannon-Wiener y el exponente q determina la sensibilidad del índice a las abundancias relativas de las especies, es decir, la influencia que pueden tener las especies comunes o las especies raras en la medida de la diversidad (Jost, 2006; Moreno et al., 2011). En el caso de las comparaciones de los índices de diversidad (0D y 1D) por provincia biogeográfica se realizaron en el programa iNext (Chao et al., 2016), usando como abundancia el número de registros por especie dentro de las bases de datos.

Estructura de las comunidades

Se realizaron curvas de rango-abundancia con la finalidad de representar gráficamente la estructura de las comunidades de especies de anfibios y reptiles para cada tipo de vegetación y uso de suelo, por medio de la presencia y abundancia de cada especie, esta última tomando en cuenta el número de registros por especie dentro de las bases de datos. Las curvas se

estructuraron a partir del logaritmo base 10 de la abundancia relativa de cada especie ordenando la comunidad de especies de la más abundante a la menos abundante (Feinsinger, 2003).

Diversidad beta

Se analizó la disimilitud entre las provincias biogeográficas, así como en los tipos de vegetación y usos de suelo basado en la disimilitud de Jaccard, tomando en cuenta los valores de disimilitud de este índice, valores altos de disimilitud, se interpretan como una diversidad beta alta, mientras que valores bajos de disimilitud reflejan una baja diversidad beta (Koleff et al., 2003).

La disimilitud se representó mediante la formación de histogramas entre los tipos de vegetación y usos de suelo analizados, siguiendo el método de Baselga (2012) y Baselga y Leprieur (2015), particionando la disimilitud en dos componentes, 1) la diferencia en la composición de especies o “recambio” y 2) cuando uno de los sitios más pobres es un subconjunto de otro sitio más rico “anidamiento”. Estos análisis fueron realizados con el paquete “betapart” (Baselga y Orme, 2012), en la versión 4.1.3 de R (R Core Team, 2023).

Estado de conservación

Finalmente, se formó una base de datos en la que se menciona el endemismo y el estatus de conservación de cada especie de acuerdo con los criterios de la IUCN (por sus siglas en inglés International Union for Conservation of Nature IUCN, 2022), la normatividad mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019) y el índice EVS (Environmental Vulnerability Score). En el caso del EVS la puntuación se determinó de acuerdo a tres escalas para ambos grupos: i) distribución geográfica, ii) distribución ecológica, y iii) tipo de modo reproductivo (en el caso de los anfibios), y i) distribución geográfica, ii) distribución ecológica, y iii) grado de persecución humana (en el caso de los reptiles) (Wilson et al., 2013a, 2013b) (Tabla 1). Lo anterior se basó en la bibliografía publicada en la que se hace referencia a las especies (Hernández-Ordóñez et al., 2014; Torres-Hernández et al., 2021; Mata-Silva et al., 2015; Mata-Silva et al., 2021). De igual manera se comparó la distribución de las especies en riesgo en relación a la literatura existente (García, 2006) y (Ochoa-Ochoa et al., 2014a).

Tabla 1. Métricas de vulnerabilidad de acuerdo con la IUCN (International Union for Conservation of Nature), NOM-059-SEMARNAT-2010, y EVS (Environmental Vulnerability Score) con sus respectivas categorías de riesgo.

Métricas	Categorías						
IUCN	Peligro Crítico (CR)	En Peligro (EN)	Vulnerable (VU)	Casi Amenazado (NT)	Poca Consideración (LC)	Insuficiencia de Datos (DD)	No Evaluado (NE)
NOM-059- SEMARNAT- 2010	Amenazado (A)	En Peligro (P)	Protección Especial (Pr)	No enlistado (NS)			
EVS	Alta (H 14-20 puntos)	Media (M 10-13 puntos)	Baja (L 3-9 puntos)				

Resultados

Complejidad del inventario

La completitud del inventario para cada provincia analizada muestra que en el caso de los anfibios se tiene una cobertura de la muestra aceptable (>70%) para las tres provincias, 0.833 (DB) 0.927 (TBP) y 0.799 (SMS). En el caso de los reptiles solo la provincia Tierras Bajas del Pacífico presentó una cobertura de la muestra mayor al 90%, seguida de la SMS con 0.650 y la DB con 0.333, siendo esta última aquella con los valores más bajos de completitud (Tabla 2).

Tabla 2. Cobertura de la muestra (SC) para anfibios y reptiles por provincia biogeográfica (DB=Depresión del Balsas, TBP=Tierras Bajas del Pacífico, SMS=Sierra Madre del Sur).

Anfibios			
	DB	TBP	SMS
SC	0.833	0.927	0.799
Reptiles			
	DB	TBP	SMS
SC	0.333	0.964	0.650

Diversidad alfa (⁰D, ¹D)

Registros de especies por provincia biogeográfica

En los organismos examinados e identificados de anfibios y reptiles depositados en el laboratorio de Ecología del Paisaje, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, así como aquellos provenientes de las bases de datos proporcionadas por el Doctor Vicente Mata Silva, estos representan 86 especies, 26 especies de anfibios y 60 de reptiles. (Tabla Suplementaria 1). De acuerdo a los registros por provincia biogeográfica, la Sierra Madre del Sur posee la mayor cantidad de registros de anfibios, seguida por las Tierras Bajas del Pacífico, y finalmente la Depresión del Balsas. En reptiles, las Tierras Bajas del Pacífico poseen la mayor cantidad de registros, seguida por la Sierra Madre del Sur, y finalmente la Depresión de Balsas. De manera similar las provincias Sierra Madre del Sur y Tierras Bajas del Pacífico son las provincias con el mayor número de tipos de vegetación y usos de suelo para ambos grupos (Tabla 3).

Tabla 3. Registros de especies de anfibios y reptiles por tipos de vegetación (color verde) y usos de suelo (color naranja) y por provincias biogeográficas. Las abreviaciones para los tipos de vegetación y los usos de suelo son; BMM=Bosque Mesófilo de Montaña, BP=Bosque de Pino, BPE=Bosque de Pino y Encino, BTC=Bosque Tropical Caducifolio, BTP=Bosque Tropical Perennifolio, VG=Vegetación de Galería, MS=Matriz Secundaria, P=Potreros, y ZUC=Zona Urbana Construida; SMS=Sierra Madre del Sur, DB=Depresión del Balsas, TBP=Tierras Bajas del Pacífico).

Anfibios				
Provincias Biogeográficas				
Tipos de vegetación	SMS	TBP	DB	Total de registros
Usos de suelo				
BMM	6			6
BP	2			2
BPE	8		1	9
BTC		3		3
BTP		3		3

VG	2	1		3
MS		5		5
ZUC	4	3	1	8
Total de registros	22	15	2	39
Reptiles				
Provincias Biogeográficas				
Tipos de vegetación	SMS	TBP	DB	Total de registros
Usos de suelo				
BMM	8	1		9
BP	5			5
BPE	17	2	3	22
BTC	2	21		23
BTP	2	1		3
VG	4	7		11
MS	4	11		15
P		7		7
ZUC	4	9		13
Total de registros	46	59	3	108

Riqueza y diversidad por provincia biogeográfica (⁰D, ¹D)

A nivel de provincias biogeográficas se encontró diferencia entre la riqueza de especies (⁰D) y la diversidad ecológica (¹D) de anfibios y reptiles entre las provincias biogeográficas analizadas, siendo la más rica y diversa la provincia Sierra Madre del Sur en comparación a las Tierras Bajas del Pacífico y la DB para ambos grupos (Figura 2).

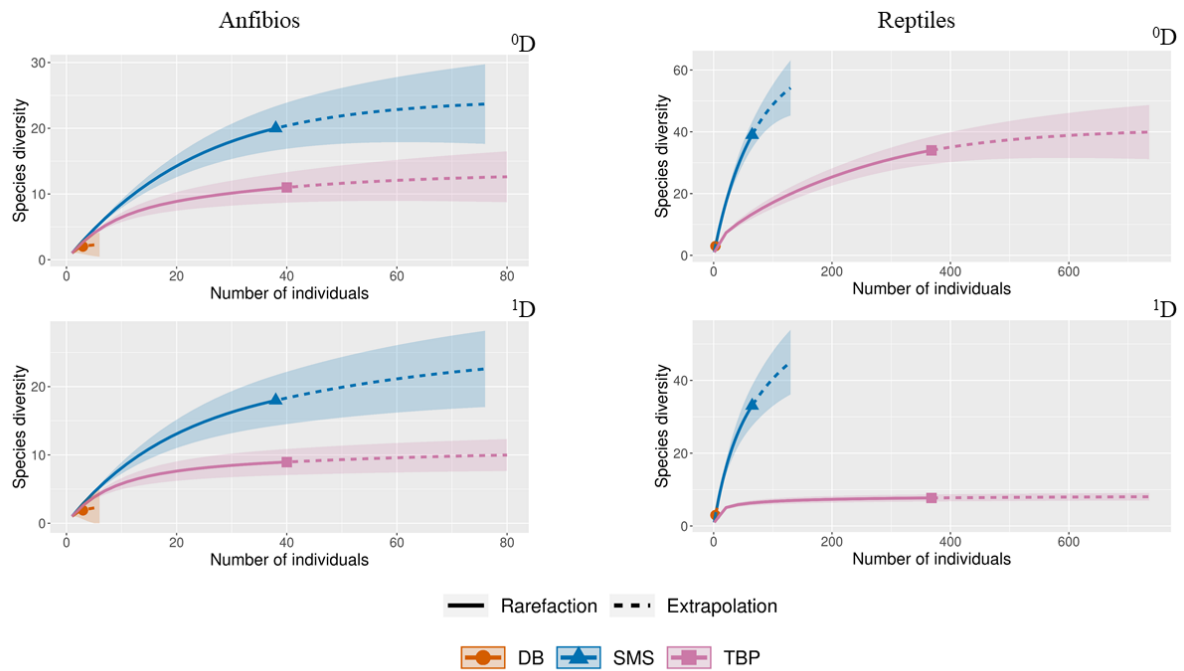


Figura 2. Riqueza de especies (0D) y diversidad ecológica (1D) de anfibios y reptiles de las provincias biogeográficas SMS=Sierra Madre del Sur, TBP=Tierras Bajas del Pacífico y DB=Depresión del Balsas (Curvas realizadas en iNEXT (Chao et al., 2016)).

Riqueza por tipos de vegetación y usos de suelo (0D)

En cuanto a la riqueza de especies de anfibios, fue mayor en el bosque de pino-encino (BPE), con un total de 9 especies. La segunda comunidad con mayor riqueza de anfibios son las zonas urbanas construidas (ZUC), con ocho especies, seguida por el bosque mesófilo de montaña (BMM), con seis especies. Las comunidades con menor riqueza son el bosque de pino (BP) y el bosque tropical caducifolio (BTC) con dos y tres especies, respectivamente (Fig. 3).

En reptiles, el tipo de vegetación con mayor riqueza (0D) es el bosque tropical caducifolio (BTC), con un total de 22 especies, seguido del bosque de pino-encino (BPE), con 21 especies, y la matriz secundaria (MS) con 15 especies. Las comunidades de reptiles con menor riqueza de especies fueron el bosque tropical perennifolio (BTP) y el bosque de pino (BP), con tres y cinco especies, respectivamente (Fig. 4).

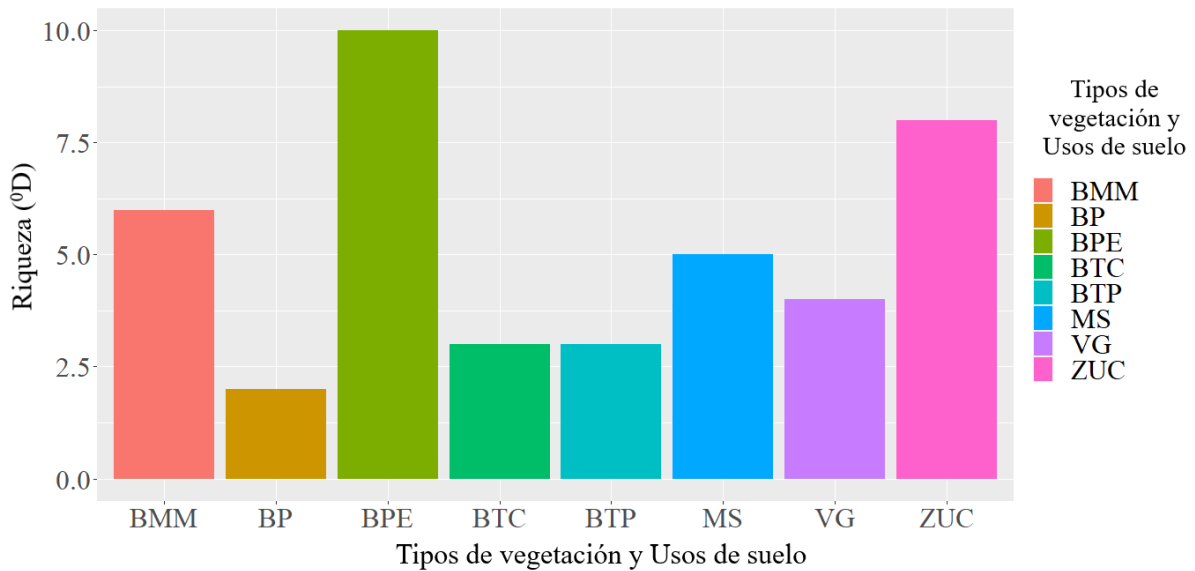


Figura 3. Riqueza de anfibios (⁰D) por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria y ZUC=Zona urbana construida).

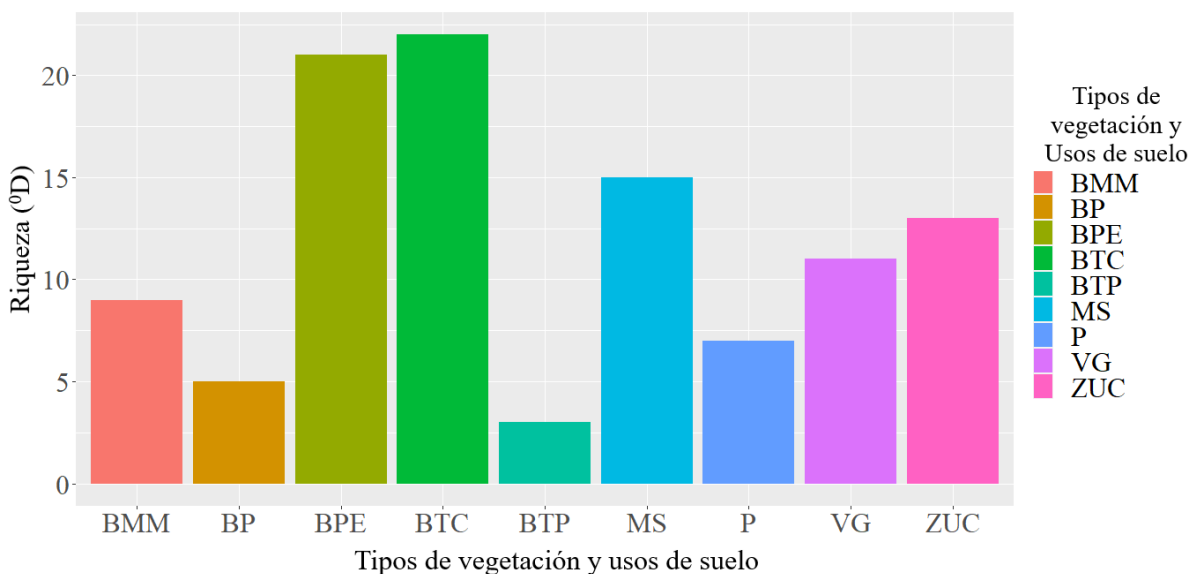


Figura 4. Riqueza de reptiles (⁰D) por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potrerros, y ZUC=Zona urbana construida).

Diversidad por tipos de vegetación y usos de suelo (¹D)

De acuerdo con el índice de diversidad de orden uno (¹D), la comunidad que presentó la mayor diversidad de anfibios fue el bosque de pino-encino (BPE), con un valor de ¹D=13.343, seguido por las zonas urbanas construidas (ZUC), con un valor ¹D=7.206 (Tabla 4). Los valores ¹D más bajos están en el bosque de pino (BP) y el bosque tropical perennifolio (BTP) con ¹D= 2.166 y

$^1D=3.158$, respectivamente (Tabla 4 y Fig. 5). En reptiles, la comunidad que presentó la mayor 1D , fue el BPE, con un valor de $^1D=25.584$, seguido por la VG, con $^1D=17.322$ (Tabla 4), mientras que los valores más bajos, se presentaron en el BTP y P con $^1D= 1.249$ y $^1D=2.716$, respectivamente (Tabla 4 y Fig. 6).

Tabla 4. Valores de diversidad verdadera (1D) para cada tipo de vegetación y usos de suelo. Las abreviaciones para los tipos de vegetación y los usos de suelo son; BMM=Bosque Mesófilo de Montaña, BP=Bosque de Pino, BPE=Bosque de Pino y Encino, BTC=Bosque Tropical Caducifolio, BTP=Bosque Tropical Perennifolio, VG=Vegetación de Galería, MS= Matriz Secundaria, P=Potreros, y ZUC=Zona Urbana Construida

	Tipos de vegetación						Usos de suelo		
	BMM	BP	BPE	BTC	BTP	VG	MS	ZUC	P
Anfibios	6.639	2.166	13.343	4.187	3.158	4.854	4.811	7.206	
Reptiles	11.381	5.818	25.584	7.853	1.249	17.322	7.085	13.026	2.716

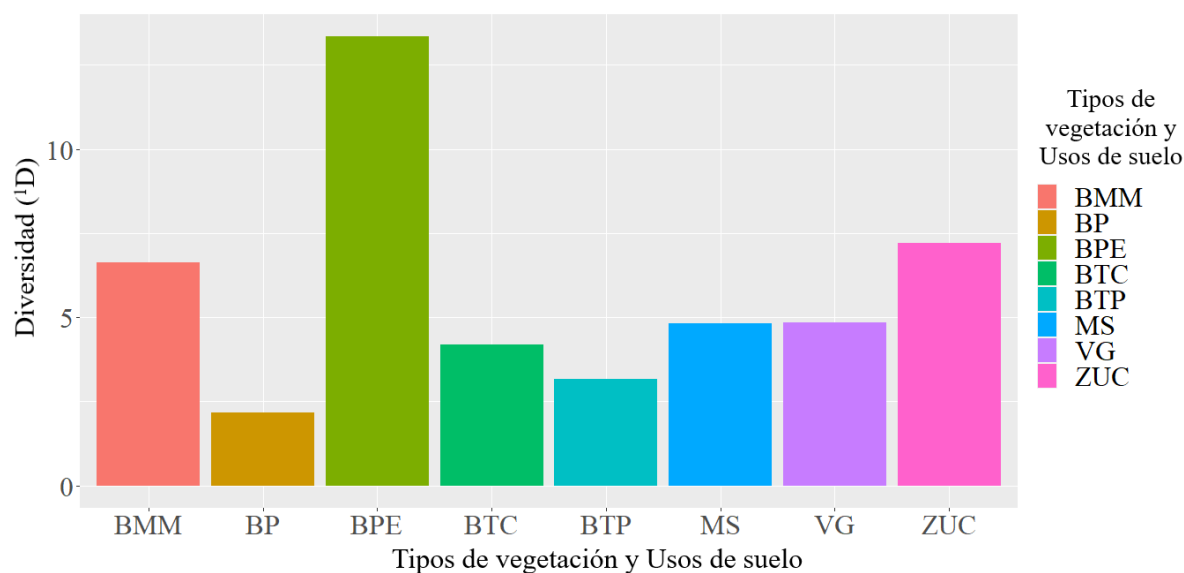


Figura 5. Diversidad de Orden 1 (1D) de anfibios por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria y ZUC=Zona urbana construida).

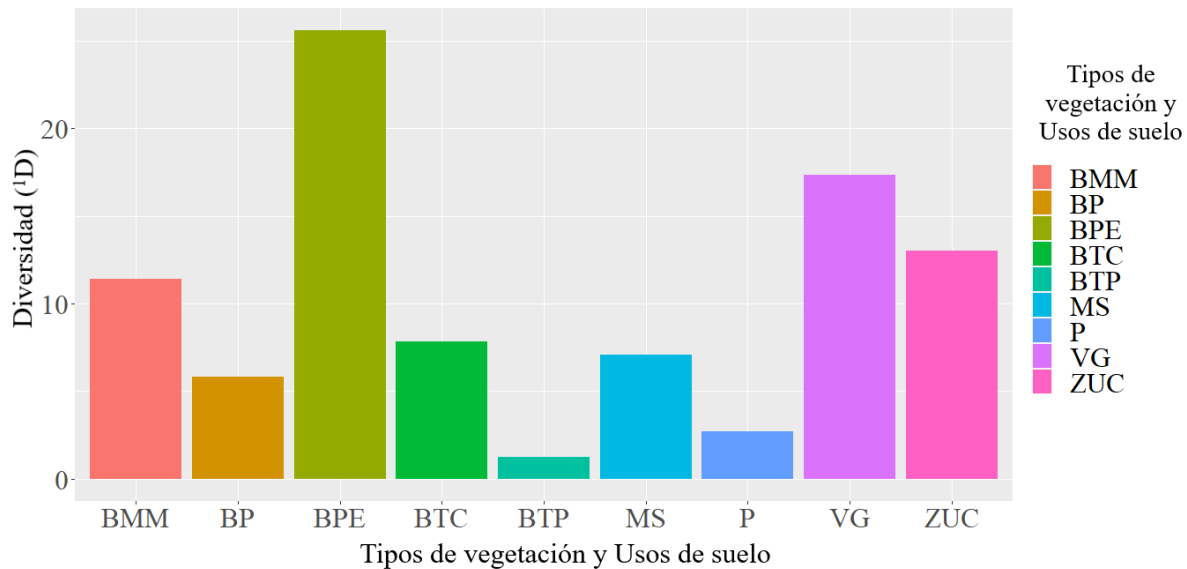


Figura 6. Diversidad de Orden 1 (¹D) de reptiles por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS= Matriz secundaria, P=Potreros y ZUC=Zona urbana construida).

Estructura de las comunidades por tipos de vegetación y usos de suelo

De acuerdo con las curvas de rango-abundancia, las comunidades de anfibios, están representadas por especies con pocos registros (raras o poco abundantes). Las especies con más individuos registrados son *Scinax staufferi*, *Dendropsophus sartori*, e *Hipopachus ustus* en las zonas urbanas construidas (ZUC), mientras que, las más raras en ZUC son *Eleutherodactylus nitidus*, *Ptychohyla leonardshultzei*, *Dermophis oaxaca* y *Lithobates sierramadrensis*. En cuanto a la matriz secundaria (MS), las especies con mayor número de registros son *Eleutherodactylus pipilans* y *Tlalocohyla smithii* mientras que *Craugastor pygmaeus*, *Isthmura maxima* y *Smilisca baudinii* poseen pocos registros. Las comunidades de los tipos de vegetación bosque de pino-encino (BPE), bosque tropical caducifolio (BTC) y vegetación de galería (VG) presentaron especies con pocos registros (n=1-2) (Fig. 7).

En el caso de los reptiles, las comunidades presentaron especies con abundancias diferentes en cada tipo de vegetación y uso de suelo. Las especies con mayor número de registros fueron *Sceloporus siniferus* y *Anolis subocularis* para el bosque tropical caducifolio (BTC) y *A. subocularis* en potreros (P), bosque tropical perennifolio (BTP) y matriz secundaria (MS). Otras especies también muy abundantes fueron, *Aspidoscelis deppii* y *Urosaurus bicarinatus* dentro de la matriz secundaria (MS). Las especies menos abundantes fueron *Basiliscus vittatus* en vegetación de galería (VG), MS y BTP, y *Trimorphodon biscutatus* en bosque de pino y encino (BPE), BTC y en el uso de suelo de zona urbana construida (ZUC).

Las comunidades con mayor número de especies raras fueron el BPE y el BTC, seguidos por las VG y las ZUC (Fig. 8).

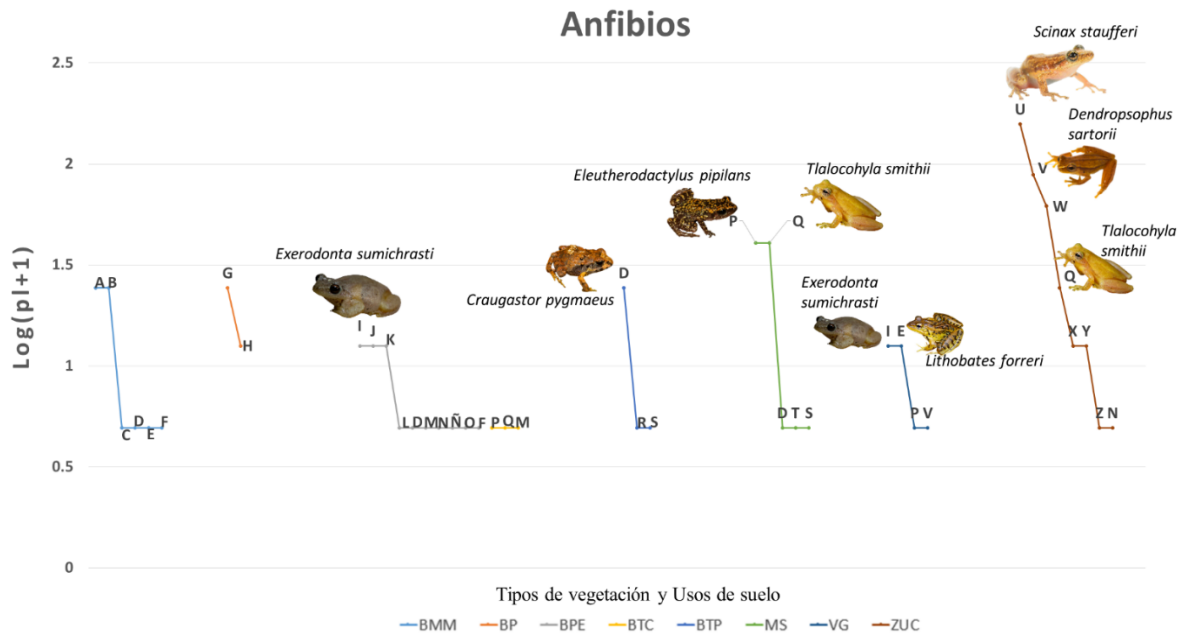


Figura 7. Curvas de rango abundancia donde se evalúa la composición de especies de anfibios de los tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio y VG=Vegetación de galería) y los usos de suelo (MS=Matriz secundaria y ZUC=Zona urbana construida) con relación al logaritmo base10 de los registros de las especies de anfibios. Las letras en las curvas, representan a las especies: A=*Bolitoglossa chinanteca*, B=*Ptychohyla zophodes*, C=*Charadrahyla nephila*, D=*Craugastor pygmaeus*, E=*Lithobates forreri*, F=*Sarcophyla thorectes*, G=*Thorius boreas*, H=*Craugastor mexicanus*, I=*Exerodonta sumichrasti*, J=*Plectrohyla hazelae*, K=*Pseudoeurycea conanti*, L=*Bolitoglossa oaxacensis*, M=*Dryophytes euphorbiaceus*, N=*Lithobates sierramadrensis*, Ñ=*Pseudoeurycea sp*, O=*Sarcophyla binstincta*, P=*Eleutherodactylus pipilans*, Q=*Tlalocohyla smithii*, R=*Craugastor rugulosus*, S=*Smilisca baudinii*, T=*Isthmura maxima*, U=*Scinax staufferi*, V=*Dendropsophus sartorii*, W=*Hypopachus ustus*, X=*Eleutherodactylus nitidus*, Y=*Ptychohyla leonardshultzei*, Z=*Dermophis oaxacae*. Fotografías de Iván Montes de Oca Cacheux (*E. sumichrasti*) obtenida de Enciclovida, Eric Centenero Alcalá (*C. pygmaeus*) obtenida de flickr, Elí García Padilla (*E. pipilans*) obtenida de iNaturalist, Matthieu Berroneau (*T. smithii*) obtenida de flickr, Carlos Juárez Peña (*L. forreri*) obtenida de iNaturalist, Brian Gratwicke (*D. sartorii*) obtenida de iNaturalist y José Gabriel Martínez Fonseca (*S. staufferi*) obtenida de flickr.

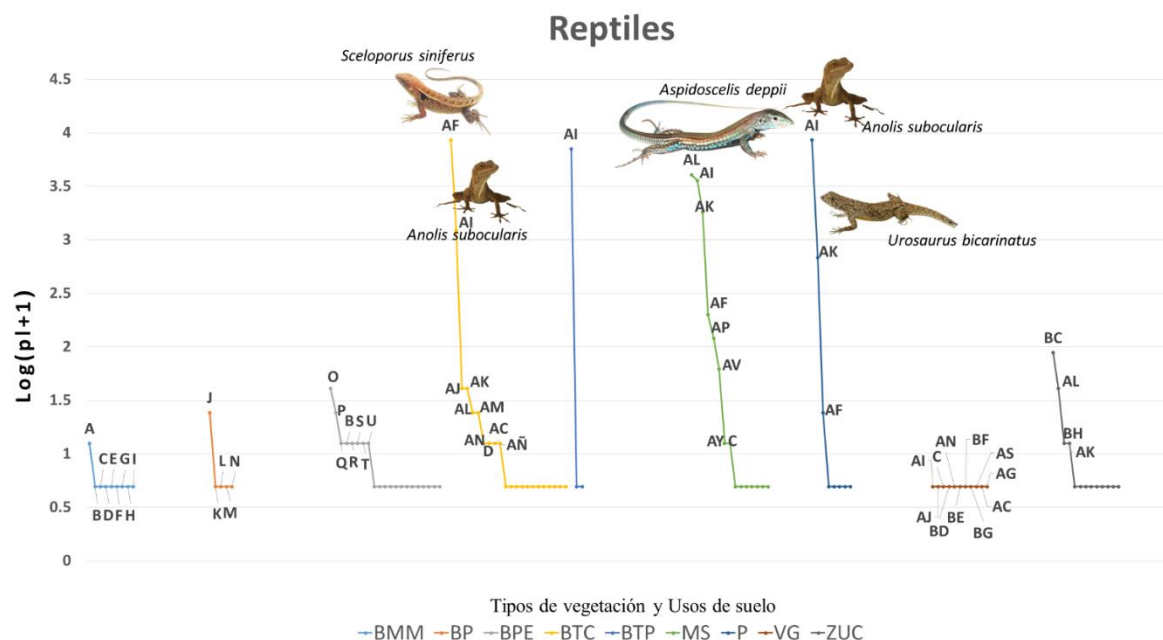


Figura 8. Curvas de rango abundancia donde se evalúa la composición de especies de reptiles de los tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino-encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio, VG=Vegetación de galería) y los usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potrereros y ZUC=Zona urbana construida) con relación al logaritmo base10 de los registros de las especies de reptiles. Las letras en las curvas representan a las especies: A=*Lepidophyma smithii*, B=*Anolis stevepoei*, C=*Coniophanes fissidens*, D=*Holcosus undulatus*, E=*Pituophis lineaticollis*, F=*Rhadinaea hesperia*, G=*Thamnophis godmani*, H=*Tropidodipsas philippii*, I=*Xenosaurus agrenon*, J=*Thamnophis lineri*, K=*Conopsis lineata*, L=*Ophryacus undulatus*, M=*Salvadora intermedia*, N=*Sceloporus cryptus*, O=*Sceloporus formosus*, P=*Anolis nebuloides*, Q=*Anolis nebulosus*, R=*Geophis sallei*, S=*Leptodeira septentrionalis*, T=*Sceloporus aureolus*, U=*Sceloporus grammicus*, V=*Abronia cuetzpali*, W=*Abronia mixteca*, X=*Anolis cuprinus*, Y=*Conopsis megalodon*, Z=*Crotalus intermedius*, AA=*Geophis dubius*, AB=*Geophis laticollaris*, AC=*Masticophis mentovarius*, AD=*Mastigodryas melanolomus*, AE=*Plestiodon brevirostris*, AF=*Sceloporus siniferus*, AG=*Thamnophis chrysocephalus*, AH=*Trimorphodon biscutatus*, AI=*Anolis subocularis*, AJ=*Basiliscus vittatus*, AK=*Urosaurus bicarinatus*, AL=*Aspidoscelis deppii*, AM=*Sceloporus smithi*, AN=*Crotalus culminatus*, AÑ=*Porthidium dunnii*, AO=*Anolis sericeus*, AP=*Aspidoscelis guttata*, AQ=*Heloderma alvarezi*, AR=*Leptophis diplotropis*, AS=*Manolepis putnami*, AT=*Marisora brachypoda*, AU=*Pseudelaphe flavirufa*, AV=*Sceloporus melanorhinus*, AW=*Stenorrhina freminvillei*, AX=*Thamnophis cyrtopsis*, AY=*Anolis sp.*, AZ=*Phyllodactylus magnus*, BA=*Sceloporus sp.*, BB=*Sphenomorphus assatus*, BC=*Thamnophis bogerti*, BD=*Conophis vittatus*, BE=*Drymarchon melanurus*, BF=*Kinosternon oaxacae*, BG=*Lampropeltis polyzona*, BH=*Leptodeira maculata*, BI=*Salvadora mexicana*. Fotografías de Emmanuel Javier Vázquez (*S. siniferus*) obtenida de (Javier-Vázquez, 2022), Postdlf (*Anolis sp.*), Alejandro Calzada (*A. deppii*) obtenida de Instagram y Matthieu Berroneau (*U. bicarinatus*) obtenida de flickr.

Diversidad beta

Disimilitud entre provincias biogeográficas

La disimilitud obtenida mediante el índice de Jaccard muestra que la composición de especies de anfibios y reptiles es muy diferente entre las tres provincias biogeográficas siendo los valores más altos aquellos presentes en las comparaciones DB-SMS y DB-TBP y aquellos valores relativamente bajos aquellos entre las comparaciones SMS y TBP para ambos grupos. (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de diversidad beta para anfibios y reptiles por provincia biogeográfica (DB=Depresión del Balsas, TBP=Tierras Bajas del Pacífico, SMS= Sierra Madre del Sur) utilizando los valores de disimilitud del Índice de Jaccard.

Anfibios	
Provincias biogeográficas	Disimilitud total
DB-SMS	1
DB-TBP	0.916
SMS-TBP	0.851
Reptiles	
Provincias biogeográficas	Disimilitud total
DB-SMS	1
DB-TBP	1
SMS-TBP	0.762

Disimilitud de comunidades entre los distintos tipos de vegetación y usos de suelo

Los valores obtenidos mediante la disimilitud de Jaccard y el método de beta total propuesto por Baselga (2012) muestran que la composición de especies de anfibios es diferente entre las distintas comunidades presentes en los distintos tipos de vegetación y usos de suelo, las comparaciones menos disimilares son BTP-MS y BTC-MS, seguido de BTC-VG y BMM-BTP; por otro lado, las comparaciones más disimilares son aquellas que comparan al BP con los demás tipos de vegetación y usos de suelo para ambos grupos (Tabla. 6). En reptiles, la diversidad beta muestra diferencia entre los distintos tipos de vegetación y usos de suelo analizados con ambos métodos (disimilitud de Jaccard y beta total propuesto por Baselga, 2012), las comparaciones menos disimilares son MS-ZUC, BTC-P, MS-P, P-ZUC, y BTP-P (Tabla. 6).

De acuerdo con el método de beta total propuesto por Baselga (2012) en cuanto a las comparaciones entre los distintos tipos de vegetación y usos de suelo, la composición de la diversidad beta está mayormente constituida por el componente de recambio en ambos grupos biológicos (Fig. 9 y 10).

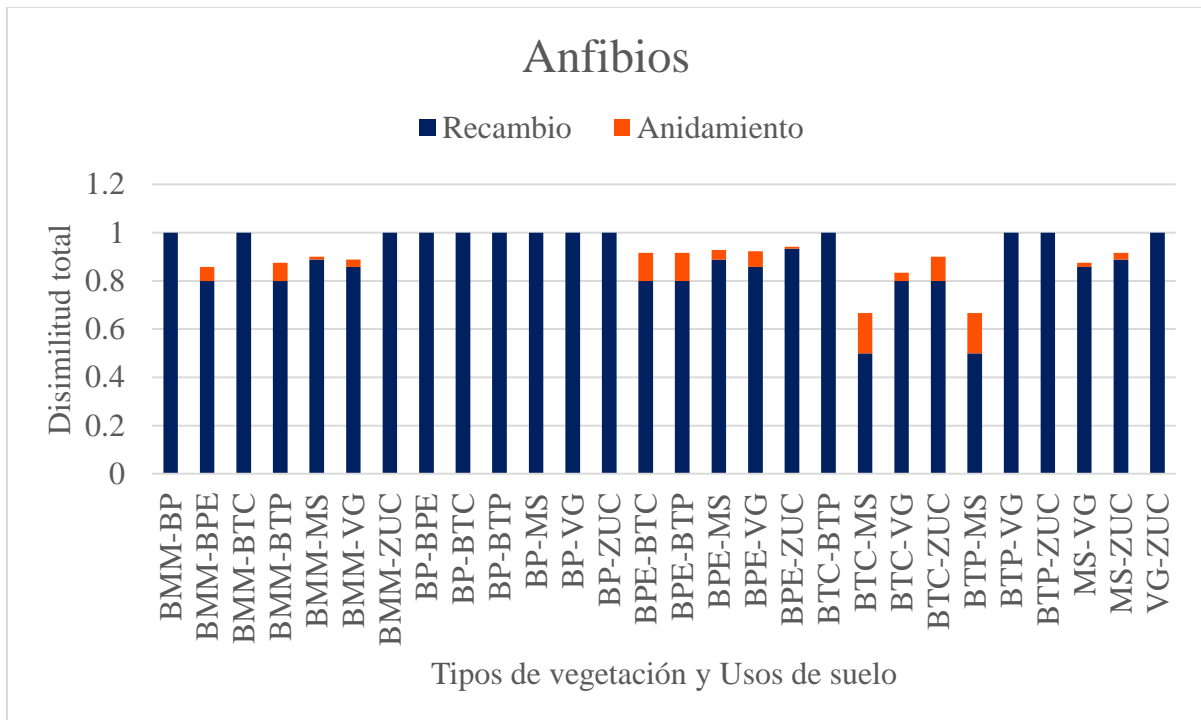


Figura 9. Histograma de la diversidad beta de anfibios entre los distintos tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino-encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio, VG=Vegetación de galería) y los usos de suelo (MS=Matriz secundaria y ZUC=Zona urbana construida), utilizando los valores de disimilitud de Jaccard.

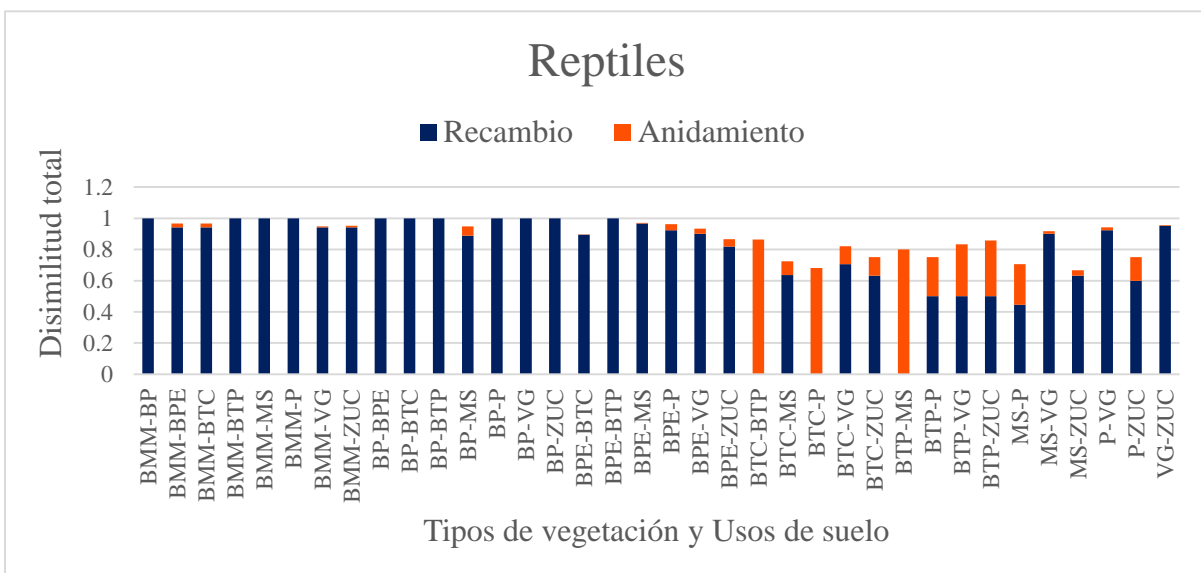


Figura 10. Histograma de la diversidad beta de reptiles entre los distintos tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino-encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio, VG=Vegetación de galería) y los usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potreros y ZUC=Zona urbana construida), utilizando los valores de disimilitud de Jaccard.

Tabla 6. Composición de la diversidad beta (recambio y anidamiento) para anfibios y reptiles por tipos de vegetación (BMM=Bosque mesófilo de montaña, BP=Bosque de pino, BPE=bosque de pino y encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque tropical perennifolio, VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (MS=Matriz secundaria, P=Potreros y ZUC=Zona urbana construida).

Anfibios								
	Tipos de vegetación y usos de suelo	BMM	BP	BPE	BTC	BTP	MS	VG
Disimilitud total	BP	1						
	BPE	0.857	1					
	BTC	1	1	0.916				
	BTP	0.875	1	0.916	1			
	MS	0.9	1	0.928	0.666	0.666		
	VG	0.888	1	0.923	0.833	1	0.875	
	ZUC	1	1	0.941	0.9	1	0.916	1
Recambio	Tipos de vegetación y usos de suelo	BMM	BP	BPE	BTC	BTP	C	VG
	BP	1						
	BPE	0.8	1					
	BTC	1	1	0.8				
	BTP	0.8	1	0.8	1			
	MS	0.888	1	0.888	0.5	0.5		
	VG	0.857	1	0.857	0.8	1	0.857	
	ZUC	1	1	0.933	0.8	1	0.888	1
Anidamiento	Tipos de vegetación y usos de suelo	BMM	BP	BPE	BTC	BTP	C	VG
	BP	0						
	BPE	0.057	0					
	BTC	0	0	0.116				

	BTP	0.075	0	0.116	0				
	MS	0.011	0	0.039	0.166	0.166			
	VG	0.031	0	0.065	0.033	0	0.0178		
	ZUC	0	0	0.007	0.1	0	0.027	0	
Reptiles									
	Tipos de vegetación y usos de suelo	BMM	BP	BPE	BTC	BTP	MS	P	VG
Disimilitud total	BP	1							
	BPE	0.965	1						
	BTC	0.966	1	0.897					
	BTP	1	1	1	0.863				
	MS	1	0.947	0.971	0.724	0.8			
	P	1	1	0.962	0.681	0.75	0.705		
	VG	0.947	1	0.933	0.821	0.833	0.916	0.941	
	ZUC	0.952	1	0.866	0.75	0.857	0.666	0.75	0.956
Recambio	Tipos de vegetación y usos de suelo	BMM	BP	BPE	BTC	BTP	MS	P	VG
	BP	1							
	BPE	0.941	1						
	BTC	0.941	1	0.894					
	BTP	1	1	1	0				
	MS	1	0.888	0.965	0.636	0			
	P	1	1	0.923	0	0.5	0.444		
	VG	0.941	1	0.9	0.705	0.5	0.9	0.923	
ZUC	0.941	1	0.818	0.631	0.5	0.631	0.6	0.952	

	Tipos de vegetación y usos de suelo	BMM	BP	BPE	BTC	BTP	MS	P	VG
Anidamiento	BP	0							
	BPE	0.024	0						
	BTC	0.025	0	0.002					
	BTP	0	0	0	0.863				
	MS	0	0.058	0.005	0.087	0.8			
	P	0	0	0.039	0.681	0.25	0.261		
	VG	0.006	0	0.033	0.115	0.333	0.016	0.018	
	ZUC	0.011	0	0.048	0.118	0.357	0.035	0.15	0.004

Estado de conservación

Los resultados de este trabajo, muestran 20 especies endémicas de anfibios para México, de las cuales seis son endémicas al estado de Oaxaca. De acuerdo con el índice de vulnerabilidad ambiental (EVS), siete especies están en una categoría de riesgo alta (H); 11 en categoría mediana (M), y ocho en categoría de riesgo baja (L). En contraste, la agencia internacional IUCN, muestra dos especies en peligro crítico (CR), tres en peligro (EN), tres en la categoría de vulnerable (VU), una especie casi amenazada (NT), 12 con poca consideración (LC), cuatro especies en deficiencia de datos (DD), y una especie no evaluada (NE). En cuanto a la categorización de riesgo nacional (NOM-059-SEMARNART-2010), no se registran especies en la categoría de extinción (P), dos se encuentran amenazadas (A), ocho se encuentran sujetas a protección especial (Pr) y 16 no han sido evaluadas (NS) (Tabla suplementaria 2).

En el caso de los reptiles, fue un total de 37 especies endémicas para México, con siete especies endémicas para el estado de Oaxaca. De acuerdo con el índice de vulnerabilidad ambiental EVS, 29 especies presentaron categoría de riesgo alta (H); 13 categoría mediana (M), y 18 en la categoría de riesgo baja (L). Por su parte, la agencia internacional IUCN en este estudio, no presentó registros en las categorías peligro crítico (CR); peligro (EN), y casi amenazada (NT); con solo dos especies en la categoría de vulnerable (VU); 34 en poca consideración (LC); cuatro en deficiencia de datos (DD), y 20 no evaluadas (NE). En cuanto a la categorización de riesgo nacional (NOM-059-SEMARNAT-2010), no se registran especies para la categoría de extinción (P), pero sí ocho especies se encuentran amenazadas (A), 16 sujetas a protección especial (Pr) y 36 no han sido evaluadas (NS) (Tabla suplementaria 2). La mayor cantidad de especies endémicas de anfibios y reptiles presentes en este estudio, se encuentran dentro del tipo de vegetación BPE, presente en las provincias SMS, DB, y TBP.

Áreas de importancia en riqueza de especies de anfibios y reptiles

Al reunir la riqueza de especies, la información geográfica de las ocurrencias (provincias biogeográficas, tipos de vegetación y usos de suelo), el número de registros geográficos, y el estado de conservación de anfibios y reptiles, se obtuvo información suficiente para identificar las áreas de importancia en riqueza de estos grupos de vertebrados. Tal es el caso de Villa de Tututepec dentro de la provincia Tierras Bajas del Pacífico, con 14 especies con alta vulnerabilidad (H) de acuerdo al EVS y siete especies amenazadas de acuerdo a la SEMARNAT (A) y San Juan Lachao dentro de la provincia Sierra Madre del Sur con siete

especies con alta vulnerabilidad (H) de acuerdo al EVS, y cuatro bajo protección especial de acuerdo a la SEMARNAT (Figura 11).

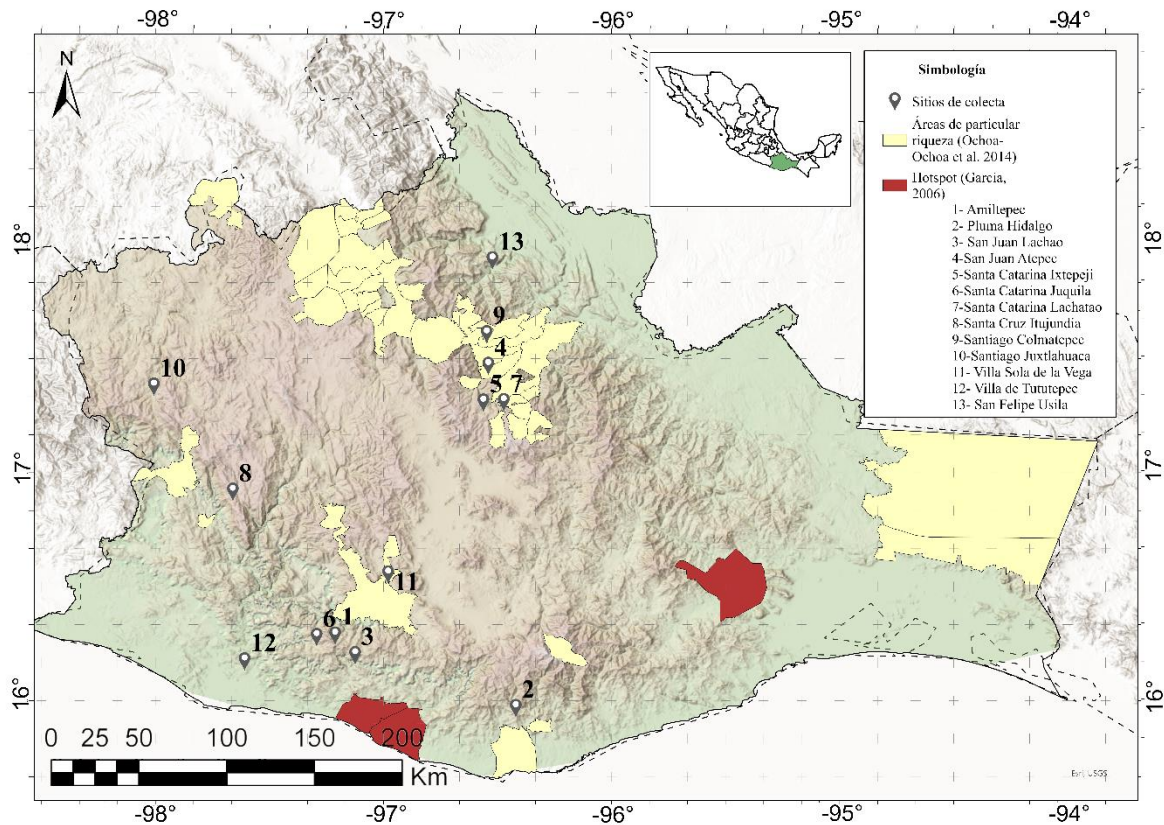


Figura 11. Distribución de los anfibios y reptiles en los municipios de muestreo (1=Amiltepec, 2=Pluma Hidalgo, 3=San Juan Lachao, 4=San Juan Atepec, 5=Santa Catarina Ixtepeji, 6=Santa Catarina Juquila, 7=Santa Catarina Lachatao, 8=Santa Cruz Itujundia, 9=Santiago Colmatepec, 10=Santiago Juxtlahuaca, 11=Villa Sola de Vega, 12=Villa de Tututepec, 13=San Felipe Usila) en relación con los municipios considerados como Hot-spots por su gran diversidad de especies y endemismos color rojo (García, 2006) y áreas de particular riqueza y gran número de endemismos color amarillo (Ochoa-Ochoa et al., 2014a). Mapa realizado en ArcGIS pro 3.1.

Discusión

Completitud del inventario

De acuerdo a la completitud del inventario por provincia biogeográfica solo en el caso de los anfibios la cobertura de la muestra es mayor al 70% para las tres provincias, mientras que en el caso de los reptiles solo la provincia Tierras Bajas del Pacífico presentó una cobertura de la muestra aceptable, esto indica que es necesario continuar con el esfuerzo de muestreo en estas provincias para alcanzar una completitud del inventario más alta. Puesto que a pesar de que las

provincias mencionadas anteriormente abarcan una gran extensión del estado más rico de anfibios y reptiles, la mayoría de los estudios de este grupo biológico se han realizado en la parte noreste y este del estado (Casas-Andreu et al., 2004), mientras que otras regiones como la Sierra Madre del Sur (García-Grajales et al., 2016) y la Depresión del Balsas (Mata-Silva et al., 2015) aún continúan con escasa información.

De igual manera los resultados indican que es necesario un diseño de muestreo, así como trabajo de campo y esfuerzo de muestreo más rigurosos, teniendo en cuenta que para obtener un inventario más completo es necesaria un área y tiempo más amplios (Pineda-López, 2019).

Diversidad alfa (0D , 1D)

En el presente estudio, la herpetofauna está compuesta por 86 especies (26 especies de anfibios y 60 de reptiles), esta riqueza corresponde al 17.47% de las 492 especies reportadas por (Ramírez-Bautista et al., 2023a) para el estado de Oaxaca 15.85% para el caso de los anfibios y 18.29% para el caso de los reptiles.

Riqueza y diversidad por provincia biogeográfica (0D , 1D)

En relación a la diversidad de 0D y 1D por provincia biogeográfica la provincia SMS y la provincia TBP fueron aquellas con los valores más altos de 0D y 1D mientras que la DB fue aquella con los valores más bajos. Sosa-Caballero (2015) reporta el mismo patrón para la riqueza de especies de anfibios y reptiles del estado, mediante el uso de registros a través del Global Biodiversity Information Facility (GBIF) para estas tres provincias. Mata-Silva et al. (2021) reporta de manera similar un bajo número de especies para la subprovincia DB con una riqueza total de tan solo 10 especies para esta región, como se mencionó anteriormente aún hay áreas en el estado que no han sido estudiadas lo suficiente (Ramírez-González et al., 2014) por lo que es importante aumentar el esfuerzo de muestreo y estudios en estas áreas, específicamente hablando la DB (Mata-Silva et al., 2015; Sosa-Caballero, 2015).

A su vez las provincias biogeográficas con la mayor cantidad de tipos de vegetación y usos de suelo fueron la Sierra Madre del Sur y las Tierras Bajas del Pacífico para ambos grupos. En anfibios, se tiene registro de cuatro tipos de vegetación y un uso de suelo para la Sierra Madre del Sur y tres tipos de vegetación y dos usos de suelo para las Tierras Bajas del Pacífico, en reptiles, se tiene registro de seis tipos de vegetación y dos usos de suelo para la Sierra Madre

del Sur y cinco tipos de vegetación y tres usos de suelo para las Tierras Bajas del Pacífico siendo aquellas provincias las que presentan la mayor riqueza de especies, estas provincias biogeográficas presentan mayor heterogeneidad ambiental (variedad en tipos de vegetación y usos de suelo), lo cual es posible que proporcione mayor disponibilidad de refugios para anfibios y reptiles (Ramírez-Bautista et al., 2014). De manera general de acuerdo con el patrón geográfico de riqueza de especies de los grupos de flora y fauna de México existe una mayor concentración de especies hacia aquellas áreas de mayor complejidad geológica y ecológica (Espinosa-Organista et al., 2008).

Riqueza y diversidad por tipos de vegetación y usos de suelo (⁰D, ¹D)

El bosque de pino-encino (BPE) posee la mayor riqueza tanto de anfibios (10 especies), como una notable riqueza de reptiles (21 especies), y también presenta la mayor diversidad de orden 1 (¹D), esto es similar a la riqueza reportada por Martínez-Coronel et al. (2021) en BPE dentro los municipios de Zimatlán de Álvarez y Zaachila, (dentro de las subprovincias Valles Centrales de Oaxaca (VCO) y Montañas y Valles de Occidente, (MVO)), y Martín-Regalado et al. (2016) en la Sierra Cuatro Venados en el centro occidente del estado. Es posible que los ambientes templados de montaña, como el BPE, presenten características abióticas (elevación, temperatura, humedad, precipitación) y bióticas (interacciones con otras especies), que permiten el establecimiento de una riqueza de especies alta, así como un alto número de endemismos (Owen, 1989; Qian, 2010; Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista 2012; Cruz-Elizalde et al., 2016). De igual manera el BPE presenta una alta heterogeneidad en cuanto a estructura (Castellanos-Bolaños, 2010), lo que posiblemente propicie una alta riqueza de especies. En cuanto a los bosques de altitudes bajas (tropicales), Wilson y Johnson (2010) describen al bosque tropical caducifolio (BTC) como un tipo de vegetación con alta riqueza de reptiles, lo que es soportado por los resultados de este estudio, siendo este tipo de vegetación aquel con la mayor riqueza de reptiles (22 especies), atribuyéndolo a la presencia de diversos microhábitats disponibles y concordando con estudios previos en el estado de Oaxaca (Barreto-Oble, 2000; Townsend-Peterson et al., 2004; Martín-Regalado et al., 2011; Torres-Barragán, 2012). Sin embargo, en este estudio los bosques tropicales (BTC, BTP) obtuvieron valores de diversidad (¹D) bajos, lo que puede deberse a que el índice de diversidad de orden ¹D, es sensible a las abundancias, y en estos ambientes tropicales (BTC y BTP), se obtuvieron muy pocas especies abundantes y muchas raras (Moreno et al., 2011). De manera general una comunidad está compuesta por un gran número de especies con abundancias bajas puesto que el esfuerzo de muestro suele ser insuficiente para registrar a todas las especies por restricciones logísticas

(Moreno et al., 2011), es por ello que para obtener resultados más confiables es necesario establecer un diseño de muestreo con trabajo de campo y esfuerzo de muestreo bien definido.

Las zonas urbanas, fueron un uso de suelo presente en las tres provincias biogeográficas, que también presentó una gran riqueza de especies de anfibios, representados en su mayoría por especies de la familia Hylidae; las que representaron el 15% del total de especies; esto puede deberse a que en el caso de las especies que se encuentran dentro de este tipo de ambientes, presentan hábitos generalistas (Ducatez et al., 2018; García-Grajales et al., 2018), ya que tienen una amplia gama de hábitos alimentarios, uso de tipos de hábitats y microhábitats, además de que son tolerantes a los ambientes antropogénicos fuertemente modificados, como son las granjas, jardines y huertos, que ofrecen fuentes de alimento, refugio y sitios de reproducción (Ducatez et al., 2018; Martínez-Coronel et al., 2021; Ramírez-Bautista et al., 2023b).

El uso de suelo matriz secundaria, también presentó una elevada riqueza de especies de anfibios y reptiles, este uso de suelo, se presentó en la SMS y las TBP; estos patrones de riqueza de especies fueron similares al estudio de Barreto-Oble (2000), en los resultados de dicho trabajo, los cultivos mostraron una notable riqueza de especies; lo que podría estar relacionado a que esta zona antropizada se localiza dentro o cerca de ciertos tipos de vegetación (como la vegetación de galería y la selva baja caducifolia), por ello el cambio de uso de suelo (cultivos) sirvió como conector para ciertas especies que son capaces de atravesar estos ambientes, y de ahí la alta riqueza estimada. Otros trabajos también mencionan la riqueza de especies en usos de suelo como los cultivos o bien de áreas modificadas por la agricultura temporal, de riego y cafetales (Rendón, 1998; Illescas-Aparicio et al., 2016). Una de las posibles explicaciones de este fenómeno, es el hecho de que los reptiles, principalmente lagartijas, se favorecen más de ambientes modificados, por ejemplo, es posible que las especies *Urosaurus bicarinatus*, *Sceloporus siniferus* y *Aspidoscelis deppii* presenten amplia tolerancia a los cambios en la temperatura y cobertura vegetal, lo que les permite explotar la alta heterogeneidad de este tipo de ambientes y hacer uso de la gran cantidad de microhábitats que ofrecen tal como han encontrado otros autores con este grupo (Macip-Ríos y Muñoz-Alonso, 2008; Leyte-Manrique et al., 2019). Mientras que, en el caso de los anfibios, los anuros fueron el grupo más representativo, con cuatro especies: *Eleutherodactylus pipilans*, *Tlalocohyla smithii*, *Craugastor pygmaeus* y *Smilisca baudinii*, siendo las dos primeras las mejor representadas. La persistencia de anfibios en ambientes agrícolas depende de la habilidad de atravesar tierras de

cultivo contrastantes (Hansen et al., 2018); es por ello que algunos géneros se benefician de las áreas perturbadas, como *Smilisca* (Ramírez-Bautista et al., 2014). De igual modo factores como la idoneidad y disponibilidad de microhábitats, son determinantes en relación a la supervivencia de los anfibios y reptiles dentro de paisajes agrícolas modificados (Suazo-Ortuño et al., 2008).

Por otro lado, la alta riqueza y diversidad ¹D de los anfibios y reptiles en ambientes modificados por el ser humano (ZUC y MS), representan resultados que deben tomarse con cautela. También es posible atribuir los resultados al método de muestreo y colecta, que pudiera estar sesgado a cercanías de los núcleos poblacionales, debido a la dificultad topográfica de adentrarse en cordilleras montañosas y otros tipos de vegetación, posiblemente el muestreo en zonas de difícil acceso como sierras y cuencas en los municipios de estudio, pueden ofrecer descubrimientos de nuevas especies, considerando que es la región más rica en especies de anfibios y reptiles de México (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014). Otro factor que posiblemente influye en este resultado, es la presencia de especies dominantes, las cuales tienen alta capacidad competitiva para explotar la mayor cantidad de recursos disponibles (Germaine y Wakeling, 2001). Para poder aclarar y comprobar esto, es necesario explorar la respuesta de las comunidades tanto de anfibios como de reptiles en los tipos de vegetación y tipos de uso de suelo analizados.

Estructura de las comunidades por tipos de vegetación y usos de suelo

La estructura de las comunidades de anfibios y reptiles en los distintos tipos de vegetación muestra una gran cantidad de especies raras y pocas especies abundantes, patrón similar a lo encontrado por (García-Grajales et al., 2019). De acuerdo con Pineda-López (2019) la detectabilidad de las especies está estrechamente relacionada con sus abundancias, es decir, hay más probabilidad de registrar aquellas especies más abundantes en comparación con las especies raras, y con el paso del tiempo se adicionarán aquellas especies raras que en la mayoría de las comunidades son muchas comparado con aquellas especies abundantes.

Sin embargo, algunas especies abundantes tienen una tendencia similar a lo encontrado por otros autores (Berriozabal-Islas et al., 2018). Por ejemplo, los resultados obtenidos resaltan varias especies pertenecientes a la familia Hylidae como abundantes dentro de las zonas urbanas (*Scinax stauferi*, *Dendropsophus sartori* y *Tlalocohyla smithii*), patrón similar al estudio de García-Grajales et al. (2018) en Puerto Escondido, Oaxaca. La dominancia de estas

especies puede ser producto de las características físicas y conductuales que presentan algunos hílidos, lo que los hace resistentes a las perturbaciones del hábitat (Badillo-Saldaña, 2013). Aquellas especies abundantes dentro de las zonas urbanas *Scinax staufferi*, *Dendropsophus sartori* y *Tlalocohyla smithii* se caracterizan por poner sus huevos o bien congregarse en charcas temporales para reproducirse (Duellman, 2001), lo cual podría explicar las abundancias de estas especies dentro de estos sitios ya que algunos anfibios pueden persistir en ambientes urbanos al hacer uso de hábitats artificiales como estanques en jardines, lagos, presas ornamentales, estanques de retención y desagües (Hamer y McDonnell, 2008), casi siempre especies con hábitos generalistas. En el caso de *Scinax staufferi* la especie más abundante dentro de las zonas urbanas, se sabe que puede habitar ambientes antropizados, siempre y cuando tengan una elevada cantidad de humedad (Ramírez-Bautista et al., 2014). De manera similar muchos hílidos se benefician de la perturbación del bosque, siendo sus riquezas relativamente más grandes en sitios perturbados con una cobertura vegetal baja (Pearman, 1996). Otra explicación sobre la abundancia de hílidos en zonas urbanas puede ser el tipo de matriz adyacente a estos sitios, ya que ésta influye en la diversidad y abundancia de los organismos (Santos-Barrera y Urbina Cardona, 2011).

Otra especie de anfibio abundante, fue la rana ladradora pigmea *Craugastor pygmaeus*, presente dentro de las provincias SMS y TBP, la cual posee una amplia distribución (Ahumada-Carrillo et al., 2013) y se encuentra abundante en otros trabajos dentro del estado (Martín-Regalado et al., 2016).

Las comunidades de reptiles con mayor número de especies abundantes fueron aquellas presentes en las provincias biogeográficas Sierra Madre del Sur y Tierras Bajas del Pacífico, siendo las comunidades presentes en el bosque tropical caducifolio, matriz secundaria y potreros aquellos tipos de vegetación y usos de suelo con una marcada presencia de especies dominantes. La especie más abundante dentro del bosque tropical caducifolio, fue *Sceloporus siniferus*, mientras que, en la matriz secundaria, fue *Aspidoscelis deppii* y en los potreros *Anolis subocularis*; otros autores, registran a *Sceloporus siniferus* y *Aspidoscelis deppii* para la selva baja caducifolia en el Istmo de Tehuantepec y la costa central de Oaxaca, como especies con una gran abundancia (Martín-Regalado et al., 2011; García Grajales et al., 2019). En el caso de *Sceloporus siniferus* una especie ovípara que se caracteriza por habitar bosques tropicales secos y bosques de encino (Ramírez-Bautista et al., 2015), puede presentar reproducción continua con tamaños de puesta y longitud hocico-cloaca para las crías relativamente más grandes en

comparación con otras especies con el mismo tipo de reproducción, tanto neonatos como juveniles se pueden encontrar casi todo el año (Ramírez-Bautista et al., 2015) además de ser una de las especies en presentar las temperaturas medias corporales más altas del género *Sceloporus* (Lemos-Espinal et al., 2001) con una dieta bastante amplia que va desde materia vegetal hasta artrópodos de las familias Formicidae, Kalotermitidae, Gryllidae, Carabidae, Protentomidae, Termitidae, Vespidae, Hemiptera (Hierlihy et al., 2013) y Scolopendridae (Sánchez-De la Vega et al., 2014).

De manera similar las especies del género *Aspidoscelis* que habitan el país se caracterizan por habitar una gran variedad de ambientes, ya sea desde zonas desérticas-templadas hasta ambientes tropicales (estacionales) húmedos y secos (Mata-Silva y Ramírez-Bautista, 2005). *A. deppii* es una especie ovípara muy activa al forrajear, su dieta constituye desde materia vegetal, insectos, arañas, opiliones, pseudoescorpiones, ciempiés, crustáceos, moluscos (Vitt et al., 1993) hasta individuos juveniles (Alemán y Sunyer, 2014), así como otras especies más pequeñas de lagartijas (Martínez-Fonseca et al., 2016). *A. deppii* se caracteriza por usar una gran variedad de microhábitats (rocas, hojarasca, árboles), así como presentar hábitos excavadores (Kennedy, 1968; Vitt et al., 1993) además de tener características reproductivas variables en respuesta a factores ambientales (Mata-Silva y Ramírez-Bautista, 2005), lo que posiblemente influya en sus abundancias dentro de la MS.

En el caso de las especies mencionadas anteriormente, por la abundancia, el uso de microhábitat, temperaturas, dieta y reproducción podrían considerarse como generalistas (Martín-Regalado et al., 2011; Ramírez-Bautista et al., 2014; Leyte-Manrique et al., 2017; Ramírez-Bautista et al., 2023b). Las especies abundantes tienen alta capacidad competitiva, provocando la exclusión intraespecífica de especies con baja tolerancia a la modificación ambiental (Rodda y Tyrrell, 2008), las cuales, de acuerdo con los resultados obtenidos, serían aquellas con pocos registros y que podrían considerarse especialistas por tener un rango de tolerancia menor en el uso del espacio (hábitat y microhábitat) (Ramírez-Batista et al., 2023b).

Las especies con menos registros, fueron las serpientes, posiblemente su poca representatividad dentro de los resultados de este estudio, se debe a sus hábitos crípticos (Casas-Andreu et al., 1991; Cortes-Ávila y Toledo, 2013), ya que cada especie tiene requerimientos de hábitat propios, dependiendo de sus adaptaciones e historia filogenética (Vitt y Caldwell, 2014). Sin embargo, se puede interpretar este resultado de dos formas, la primera,

es que los registros de serpientes fueron realizados mientras buscaban alimento o se hidrataban, ya que en su mayoría fueron registrados en vegetación de galería (o vegetación ribereña), y la segunda es que el esfuerzo de muestreo, no fue lo suficientemente riguroso, ya que la mayoría de las veces las serpientes son imperceptibles a la búsqueda por encuentro visual dentro de hábitats forestados (Cortes-Ávila, y Toledo, 2013). Por otro lado, es posible que el esfuerzo de muestreo fuera eficiente, sin embargo, existen patrones de comportamiento de los organismos como el camuflaje, además de una abundancia y tamaño poblacional bajos (Carvajal-Cogollo y Urbina-Cardona 2008; Medina-Rangel, 2011).

Diversidad beta

Disimilitud entre provincias biogeográficas

Los valores de disimilitud obtenidos mediante el índice de Jaccard muestran que existe una gran diferencia en cuanto a la composición de especies de anfibios y reptiles para las tres provincias biogeográficas siendo la provincia Depresión del Balsas (DB) aquella con los valores más altos de disimilitud. De acuerdo con los análisis realizados por Mata-Silva et al. (2015) para expresar las semejanzas generales en la riqueza de especies de anfibios y reptiles entre las provincias dentro del estado de Oaxaca, la DB se comporta como un grupo externo por la poca cantidad de especies compartidas con las demás provincias, lo que es explicado por el muestreo insuficiente en esa región. En la mayoría de los casos, entre más grande sea la composición de especies de los sitios comparados más será el número de especies compartidas, aunque eso al final depende del tamaño de la herpetofauna más pequeña y la cercanía de las provincias entre sí, siendo más similares aquellas provincias que se encuentran más cerca (Mata-Silva et al., 2015).

Otra posible explicación respecto a la diferencia en cuanto a composición de especies entre las provincias biogeográficas pueden ser factores históricos como eventos vicariantes y de dispersión. Procesos fisiográficos como el levantamiento de montañas en México y Centroamérica, crearon eventos de varianza, en una secuencia de norte a sur con las Sierras Madres de México presentes como áreas de tierras altas en el Oligoceno, por lo que posiblemente la herpetofauna de zonas montañosas de las Sierras del Sur de México y Centro América se desarrolló *in situ* a partir de ancestros que habitaban en dichas áreas que se elevaron y evolucionaron en ellas, entonces cada área elevada representa una biota endémica elevada, fragmentada de otra similar con ancestros más ampliamente distribuidos (Savage, 1982). De manera similar dicho levantamiento de regiones montañosas trajo consigo la fragmentación de

la herpetofauna de tierras bajas en componentes orientales y occidentales, los efectos de cambios climáticos hacia condiciones más secas a lo largo de las tierras costeras del Pacífico durante el Plioceno en adelante tuvo como consecuencia la separación de un número pequeño de taxones de una fauna más diversa (Savage, 1982). Así mismo muchas especies de anfibios y reptiles tienen microhábitats muy restringidos, es por ello que su distribución se limita a la presencia o ausencia de características especiales del hábitat (Duellman, 1966) lo que pudiera explicar su distribución dentro de las provincias analizadas.

De acuerdo con un análisis de parsimonia de endemismos (PAE) realizado por Morrone et al. (1999) basado en plantas, insectos y aves, la Sierra Madre del Sur se relaciona con las Tierras Bajas del Pacífico y a su vez estas últimas están cercanamente relacionadas con la Faja Volcánica Transmexicana y la Depresión del Balsas. Otros estudios (Morrone y Márquez, 2001) basados en trazos generalizados de especies de coleópteros muestran que la Depresión del Balsas se relaciona con la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana.

Disimilitud de comunidades entre los distintos tipos de vegetación y usos de suelo

Los valores de disimilitud obtenidos mediante el índice de similitud de Jaccard, para las distintas asociaciones vegetales y usos de suelo, fueron altos (diversidad beta alta), siendo que la composición de anfibios y reptiles presentes en los distintos tipos de vegetación y usos de suelo fue muy distinta, una diversidad Beta alta puede ser explicada por diferentes factores, como la heterogeneidad ambiental y factores históricos (Calderón-Patrón et al., 2016), por ejemplo, cambios climáticos (aumentos de enfriamiento y aridez) y geológicos a lo largo del tiempo (nacimientos de montañas) (Savage, 1982), de manera similar para anfibios y reptiles, según Ochoa-Ochoa et al. (2014b), la baja capacidad de dispersión, así como un rango de distribución reducido pueden explicar una alta diversidad beta.

Las comunidades menos disimilares para el caso de los anfibios, fueron el BTP-MS y el BTC-MS, respecto al BTP-MS, patrones similares se encontraron en otras regiones de México, como en Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Oaxaca, y Querétaro (Macip-Ríos y Casas-Andreu, 2008) e Hidalgo (Berriozabal-Islas, 2012; Lara-Tufiño, 2014); en zonas de cafetales y bosque tropical perennifolio, fueron las asociaciones vegetales con mayor similitud; lo que podría estar relacionado con la conservación de la estructura compleja de los bosques primarios, como por ejemplo gran cantidad de epífitas, estratificación de dosel y área basal alta (Hernández-Martínez, 2008), teniendo en cuenta que el BTP es el tipo de vegetación en el que

se establecen con mayor frecuencia los agroecosistemas, principalmente, en el sureste del país (SAGAR-1999). Para el caso del BTC-MS, los resultados de este estudio, fueron similares a los obtenidos por Barreto-Oble (2000), en donde la similitud entre los cultivos y el bosque tropical caducifolio fue producto del intercalamiento así como la cercanía física entre ambos ambientes, el recambio de especies entre sitios perturbados y conservados, puede ser producto de la capacidad de dispersión que tienen los organismos como especialistas o generalistas, aquellas especies generalistas tienen la capacidad de moverse a través de una variedad de diferentes tierras de cultivo (Hansen et al., 2018) es decir, presentan mayor capacidad de dispersión, comparadas con aquellas especies especialistas las cuales tienen requerimientos ecológicos particulares así como baja vagilidad (Ramírez-Bautista et al., 2014; Ferrante et al., 2017).

El BP presentó los valores de disimilitud más altos respecto a los demás tipos de vegetación y usos de suelo en los anfibios; solo presentó dos especies, las cuales fueron exclusivas de este ambiente: *Thorius boreas* y *Craugastor mexicanus*, ambas especies se caracterizan por su distribución en ambientes de alta montaña, la primera especie se encuentra de los 2850 a los 2950 m snm en bosques de pino-encino (Hanken y Wake, 1994), y *Craugastor mexicanus* entre 1905 y 2670 m snm en bosques de pino-encino y encino (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010).

Por otro lado, en los reptiles, los ambientes menos disimilares fueron MS-ZUC, BTC-P, MS-P, P-ZUC y BTP-P, siendo las lagartijas *Anolis subocularis*, *Urosaurus bicarinatus* y *Sceloporus siniferus* especies que se comparten en casi todos los tipos de uso de suelo mencionados anteriormente; la similitud de especies entre estos ambientes, puede ser resultado de que las especies presentan gran capacidad de dispersión, son generalistas y tolerantes a los cambios del ambiente en temperatura, humedad, y tipo de alimento. Posiblemente la similitud entre las comparaciones BTC-P, BTP-P son resultado de la presencia de especies con las características descritas con anterioridad, funcionando los potreros como un filtro por el cual pueden pasar solo ciertas especies (Gascon et al., 1999; Ndriantsoa et al., 2017). En general, los reptiles, a diferencia de los anfibios, presentan mayor resistencia a los cambios del ambiente, lo que se le atribuye a sus características fisiológicas y morfológicas (piel permeable que los protege de las alteraciones del ambiente; González-Romero y Murrieta-Galindo, 2008).

En el caso de los reptiles, se encontró un patrón similar al de los anfibios, la comunidad más disimilar fue el BP, en comparación con los otros tipos de vegetación y usos de suelo, con

valores de disimilitud iguales a 1. Debido a que este tipo de vegetación presentó un número reducido de especies y solo *Conopsis lineata* se comparte con el uso de suelo MS. *Thamnophis lineri*, *Ophryacus undulatus*, *Salvadora intermedia* y *Sceloporus cryptus* fueron especies exclusivas del BP.

En general, la composición de especies de anfibios y reptiles difiere entre los sitios comparados. Esto se debe en su mayor parte al recambio, que puede ser explicado por la gran heterogeneidad ambiental entre los distintos tipos de vegetación y usos de suelo, así como factores históricos (Calderón-Patrón et al., 2016). Una alta diversidad beta, normalmente se asocia con un alto grado de heterogeneidad ambiental, lo que permite que diferentes conjuntos de especies existan en diferentes ambientes (Arita, 1997), otro factor importante es el área de distribución, tanto anfibios como reptiles presentan áreas de distribución más restringidas en comparación con otros grupos de vertebrados, lo cual indica que tanto anfibios como reptiles, presentan asociaciones más “estrictas” con los ecosistemas (Koleff et al., 2008) ya que las condiciones ambientales influyen en la distribución e interacción de la mayoría de las especies (Oliveira et al., 2019).

Dada la alta diversidad beta, es importante mantener la conectividad entre tipos de vegetación (Peña-Joya et al., 2020); los corredores biológicos, así como los puentes que unen las islas (parches) vegetales, son bastante efectivos para promover la conectividad del paisaje para organismos especialistas de hábitat, que tienen dependencia con zonas no perturbadas o bien especies con una escala de movimiento limitado (Bennett, 2003). Los anfibios y reptiles pueden considerarse como “habitantes de corredores” por su capacidad de dispersión limitada; por lo que, los organismos dentro de esta categoría, se caracterizan por ser capaces de vivir en el corredor por periodos largos (incluso todo un ciclo de vida), el corredor proporciona los requerimientos necesarios para que los individuos de estas especies, puedan sobrevivir y reproducirse exitosamente (Beier y Loe, 1992).

Estado de conservación

Las especies de anfibios y reptiles que habitan áreas geográficas restringidas, son conocidas como endémicas. En México, existen 886 especies de anfibios y reptiles endémicos (Ramírez-Bautista et al., 2023a). En este trabajo se reporta la presencia de 57 especies endémicas para el país, de las cuales 13 son endémicas del estado. Los registros obtenidos dentro de este estudio, muestran un patrón similar a lo reportado para todo el país por Johnson et al. (2017), donde las especies endémicas exhiben alta vulnerabilidad al estrés ambiental (por ejemplo,

fragmentación del hábitat, especies invasoras, contaminación, enfermedades y cambio climático), reflejado en abundancias bajas en los diferentes usos del suelo. Además, las especies endémicas suelen ocupar pocas regiones biogeográficas, lo cual vuelve difícil proteger a las especies vulnerables (Wilson et al., 2013a; 2013b).

Carvajal-Cogollo et al. (2007), mencionan que las especies exclusivas de ciertos hábitats parecen tener relación con el grado de conservación de los mismos. Los índices de conservación utilizados en este estudio difieren en la mayoría de las especies. Esto es debido a que la forma en la que cada índice opera es diferente; de acuerdo con Wilson et al. (2013a) el EVS, difiere de la IUCN y la NOM-059-SEMARNAT-2010 en el caso de los reptiles por el componente geográfico y persecución humana, mientras que en anfibios, el EVS se diferencia en no penalizar especies poco conocidas por ejemplo especies recién descritas o conocidas solo en las proximidades de sus localidades tipo, tomando en consideración atributos ecológicos y sin tener mucha información disponible (Wilson et al., 2013b). Por lo anterior, este estudio considera al EVS como el mejor índice para otorgar una categoría de conservación a la herpetofauna mexicana por tomar en cuenta atributos ecológicos.

En los resultados obtenidos, el EVS cuenta con el mayor número de especies en categorías de alto riesgo, en anfibios, 26.92% de especies se encuentran en alta vulnerabilidad, encontrando especies pertenecientes a las familias Plethodontidae e Hylidae. En comparación, la IUCN, solo clasifica tres especies de anfibios en alto riesgo, y la NOM-059-SEMARNAT-2010 solo categoriza dos especies en riesgo. En reptiles, el patrón se repite, obteniendo 48.33% especies en alta vulnerabilidad con el índice EVS y dos especies en las categorías VU de la IUCN y A de la NOM-059-SEMARNAT-2010. La discrepancia encontrada fue reportada por Mata-Silva et al. (2015), quienes indican que al comparar los criterios del EVS y de la IUCN, solo 37.4% de las especies de anfibios y reptiles de Oaxaca que se encuentran en la categoría más alta de vulnerabilidad del EVS se encuentran en alguna de las categorías de riesgo de la IUCN. Es posible atribuir esto a que las especies que se encuentran en una categoría de riesgo bajo dentro de la IUCN, en realidad deberían estar categorizadas en niveles más altos de riesgo, sin embargo, esto no es así (Mata-Silva et al., 2021).

Áreas de importancia en riqueza de especies de anfibios y reptiles

Las localidades Villa Sola de Vega, Santiago Colmatepec, San Juan Atepec, y Santa Catarina Lachatao, se encuentran dentro de los municipios considerados como áreas de particular

riqueza y gran número de endemismos de acuerdo con Ochoa-Ochoa et al. (2014a). Algunas localidades dentro del estado, a pesar de contener una notable riqueza de especies y un gran número de especies dentro de alguna categoría de riesgo del EVS, la IUCN y la SEMARNAT NOM-059, no se encuentran dentro de municipios considerados como Hot-spots por García (2006) y áreas de particular riqueza y endemismos por Ochoa-Ochoa et al. (2014a), tal es el caso de Villa de Tututepec, con 14 especies dentro de la categoría de alto riesgo del EVS (H), y siete especies dentro de la categoría de Amenazado (A) de la SEMARNAT, San Juan Lachao con siete especies dentro de la categoría (H) del EVS y cuatro en la categoría de sujeto a protección especial de la SEMARNAT (PR), así como Santa Catarina Juquila con seis especies dentro de la categoría (H) del EVS y cuatro en la categoría de sujeto a protección especial de la SEMARNAT (PR). Estos resultados muestran un patrón similar a lo encontrado por Sosa-Caballero (2015) en la distribución potencial de anfibios y reptiles del estado en relación con las Áreas Naturales Protegidas de carácter federal y estatal, donde se observó que los polígonos decretados no cubren aquellas zonas que requieren un nivel de protección mayor, siendo un enorme sesgo para la conservación de estos grupos de vertebrados. Por lo que, es necesario aumentar el esfuerzo de muestreo en sitios que tienen la premisa de ser de importancia para la herpetofauna de Oaxaca, así como aquellas zonas con un alto número de endemismos, siendo que las especies endémicas más vulnerables, son aquellas con un rango estrecho de ocurrencia en alguno de los hábitats, así como una distribución ecológica limitada (especies especialistas) comparadas con aquellas con un rango más amplio (Wilson et al., 2013a, 2013b), lo que las hace más susceptibles a la modificación del hábitat.

Conclusiones

En este estudio, se obtuvo un total de 26 especies de anfibios y 60 de reptiles lo que corresponde al 15.85% del total de especies para el caso de los anfibios y 18.29% para el caso de los reptiles registrados por Ramírez-Bautista et al., (2023a) para el estado.

Las provincias biogeográficas con la mayor cantidad de tipos de vegetación y usos de suelo, fueron aquellas con la mayor riqueza de especies siendo el caso de la Sierra Madre del Sur y las Tierras Bajas del Pacífico.

El bosque de pino-encino (BPE) posee la mayor riqueza de anfibios (⁰D) y la mayor diversidad (¹D) para ambos grupos, mientras que la mayor riqueza para el grupo de los reptiles, se presenta en el bosque tropical caducifolio (BTC). La mayor similitud se encontró entre la matriz

secundaria (MS) y los bosques tropicales (BTC y BTP) para el grupo de los anfibios, mientras que para los reptiles las zonas urbanas construidas y la MS son aquellos más similares.

De las especies evaluadas en este estudio 57 son especies endémicas para el país, y 13 son endémicas del estado. Existe discordancia entre la categorización del estado de conservación en las tres agencias que evalúan anfibios y reptiles mexicanos, el índice de vulnerabilidad ambiental (EVS), otorga mayor número de especies en categorías de peligro, tanto para anfibios como para reptiles.

Finalmente, se obtuvo información suficiente para identificar aquellos posibles sitios prioritarios para la conservación de anfibios y reptiles. Tal es el caso de Villa de Tututepec, San Juan Lachao y Santa Catarina Juquila.

Literatura citada

- Ahumada-Carrillo, I. T., Arenas-Monroy, J. C. Fernández-Nava, F. A. y Vázquez-Huizar, O. (2013). Nuevos registros de distribución para la rana ladrona pigmea *Craugastor pygmaeus* (Terrarana: Craugastoridae) en el occidente de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 1338-1342. <https://doi.org/10.7550/rmb.35774>
- Alemán, B. M., y Sunyer, J. (2014). *Aspidoscelis deppii*. Diet. *Mesoamerican Herpetology* 1: 155-156
- Arita, H. T. (1997). The non-volant mammal fauna of Mexico: species richness in a megadiverse country. *Biodiversity and Conservation*, 6, 787-795. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000010402.08813.ab>
- Badillo-Saldaña, L. M. (2013). Análisis de la herpetofauna en zonas conservadas y perturbadas de bosque tropical y bosque mesófilo en Tepehuacám de Guerrero, Hidalgo, México. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.
- Barreto-Oble, D. (2000). Análisis ecológico y distribucional de los anfibios y reptiles de la región de Nizanda, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.
- Baselga, A. (2012). The relationship between species replacement, dissimilarity derived from nestedness, and nestedness. *Global Ecology y Biogeography*, 21, 1223-1232. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00756.x>
- Baselga, A. y Orme, C. D. L. (2012). Betapart: An R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 3, 808-812. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x>
- Baselga A. y Leprieur, F. (2015). Comparing methods to separate components of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 6, 1069-1079. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12388>
- Baselga, A. y Gómez-Rodríguez, C. (2019). Diversidad alfa, beta y gamma: ¿Cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas?. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 26, 39-46.
- Beier, P. y Loe, S. (1992). In my experience: a checklist for evaluating impacts to wildlife movement corridors. *Wildlife Society Bulletin*, 20, 434-440.

- Bennett, A. F. (2003). *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN.
- Berriozabal-Islas, C. (2012). Riqueza y Diversidad herpetofaunística del bosque tropical, cafetales y potreros del municipio de Huehuetla, Hidalgo, México. (*Tesis de Licenciatura*) Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.
- Berriozabal-Islas, C., Badillo-Saldaña, L. M., Ramírez-Bautista, A. y Moreno, C. E. (2017). Effects of habitat disturbance on lizard functional diversity in a tropical dry forest of the Pacific Coast of Mexico. *Tropical Conservation Science*, 10, 1-11. <https://doi.org/10.1177/1940082917704972>
- Berriozabal-Islas, C., Ramírez-Bautista, A., Cruz-Elizalde, R. y Hernández-Salinas, U. (2018). Modification of landscape as promoter of change in structure and taxonomic diversity of reptile's communities: an example in tropical landscape in the central region of Mexico. *Nature Conservation*, 28, 33-49. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.28.26186>
- Berriozabal-Islas, C., Ramírez-Bautista, A., Nava-Jiménez, I. A., Rojas-Domínguez, M., Reyes-Grajales, E. y Loc-Barragán, J. A. (2023). Ni conocidas, ni carismáticas: estado de conservación de las tortugas del género *Kinosternon* (Spix, 1824) (Testudines: Kinosternidae) y sus factores de amenaza. *Cuadernos de Biodiversidad*, 64, 6-18. <https://doi.org/10.14198/cdbio.20219>
- Botello, F., Sánchez-Cordero, V. y González, G. (2008). Diversidad de carnívoros en Santa Catarina Ixtepeji, Sierra Madre de Oaxaca, México. En: C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega. (Eds.), *Avances en el estudio de los mamíferos de México II* (pp. 335-354). México. Asociación Mexicana de Mastozoología, A. C.
- Briones-Salas, M., Luna-Krauletz, M. D., Marín-Sánchez, A. y Servín, J. (2006). Registros notables de dos especies de mamíferos de la Sierra Madre de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 77, 309-310. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2006.002.342>
- Briones-Salas, M., Hernández-Allende, A., Martínez -Coronel, M. y González-Pérez, G. (2012). New Records of the Endemic Chinanteco Deermouse *Habromys chinanteco* (Rodentia: Cricetidae) in the Sierra Madre de Oaxaca, Mexico. *The southwestern Naturalist*, 57, 221-222. <https://doi.org/10.1894/0038-4909-57.2.221>.
- Calderón-Patrón, J. M., Goyenechea, I., Ortiz-Pulido, R., Castillo-Cerón, J., Manriquez, N., Ramírez-Bautista, A., Rojas-Martínez, A. E., Sánchez-Rojas, G., Zuria, I. y Moreno, C.E. (2016). Beta Diversity in a Highly Heterogeneous Area: Disentangling Species and Taxonomic Dissimilarity for Terrestrial Vertebrates. *PLOS ONE*, 11, e0160438. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160438>
- Campbell, J. A., Solano-Zavaleta, I., Flores-Villela, O., Caviedes-Solis, I. W. y Frost, D. R. (2016). A New Species of *Abronia* (Squamata: Anguidae) from the Sierra Madre del Sur of Oaxaca, Mexico. *Journal of Herpetology*, 50, 149-156. <https://doi.org/10.1670/14-162>
- Canseco-Márquez, L. y Gutiérrez-Mayén, M. G. (2010). *Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. México: Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad/ Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A.C./ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Canseco-Márquez, L. y Ramírez-González, C. G. (2015). New herpetofaunal records for the state of Oaxaca, México. *Mesoamerican Herpetology*, 2, 363-367.

- Canseco-Márquez, L., Ramírez-González, C. G. y González-Bernal, E. (2017). Discovery of another new species of *Charadrahyla* (Anura, Hylidae) from the cloud forest of northern Oaxaca, México. *Zootaxa*, 4329, 064–072. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4329.1.2>
- Canseco-Márquez, L., Reyes Macedo, G. y Altamirano Medrano, E. (2023). Extensión del área de distribución de la serpiente chatilla *Loxocemus bicolor* (Loxocemidae) en Oaxaca y notas sobre su alimentación. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 6, 93-99. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2023.2.644>
- Carvajal-Cogollo J. E., Castaño-Mora O. V., Cárdenas-Arévalo G. y Urbina-Cardona J. N. (2007). Reptiles de áreas asociadas a humedales de la planicie del departamento de Córdoba, Colombia. *Caldasia*, 29, 427-438.
- Carvajal-Cogollo, J. E. y Urbina-Cardona J. N. (2008). Patrones de diversidad y composición de reptiles en fragmentos de bosque seco tropical en Córdoba, Colombia. *Tropical Conservation Science*, 1, 397-416. <https://doi.org/10.1177/194008290800100407>
- Casas-Andreu, G., Valenzuela-López, G. y Ramírez-Bautista, A. (1991). Como hacer una colección de anfibios y reptiles. Ciudad de México: Instituto de Biología UNAM.
- Casas-Andreu, G., Méndez de la Cruz, F.R. y Camarillo, J.L. (1996). Anfibios y Reptiles de Oaxaca. Lista, distribución y conservación. *Acta Zoológica Mexicana*, 69, 1-35. <https://doi.org/10.21829/azm.1996.69691928>
- Casas-Andreu, G. (1996). Notas para la historia de los estudios Herpetofaunísticos en el estado de Oaxaca, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 7, 21-26.
- Casas-Andreu, G., Méndez-de la Cruz, F. R. y Aguilar-Miguel, X. (2004). Anfibios y reptiles. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (pp. 375-390). México. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation.
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J. y Velázquez-Martínez, A. (2010). Diversidad Arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlan de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 1, 39-52. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v1i2.636>
- Chao, A. y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93, 2533-2547. <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Chao, A., Ma, K. H. y Hsieh, T. C. (2016) iNEXT Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inextonline/.
- Cisneros-Bernal, A. Y., Palacios-Aguilar, R., Medina-Rangel, G., Campillo-G, G. y Rivera-Reyes, R. (2020). New distributional records of amphibians and reptiles from the Mixteca region of Oaxaca, Mexico. *North-Western Journal of Zoology*, 16, 220-224.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2018). Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad del Estado de Oaxaca (ecusbeo). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 182.
- Cortes-Ávila, L. y Toledo. J. (2013). Estudio de la diversidad de serpientes en áreas de bosque perturbado y pastizal en San Vicente Del Caguán (Caquetá), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 35, 185-197. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.329117>

- Cortés-Gómez, A. M., Ruiz-Agudelo, C. A., Valencia-Aguilar, A. y Ladle, R. J. (2015). Ecological functions of neotropical amphibians and reptiles: a review. *Universitas Scientiarum*, 20, 229-245. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC20-2.efna>
- Cruz-Elizalde, R. y Ramírez-Bautista, A. (2012). Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 458-467. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.2.940>
- Cruz-Elizalde, R., Ramírez-Bautista, A. y Hernández-Salinas, U. (2016). Riqueza, Similitud y Diversidad Taxonómica de los anfibios y reptiles del Valle de México. En: M.G. Gutiérrez-Mayen, A. Ramírez-Bautista y E. Pineda-Arredondo (Eds.), *Ecología y Conservación de Anfibios y Reptiles de México* (pp. 331-346). México. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C.
- Cruz-Espinoza, A., González-Pérez, G. E. y Vázquez, P. (2012). Nota de la variación en la riqueza específica de mamíferos entre áreas de conservación y de aprovechamiento forestal en la Sierra Madre de Oaxaca. *THERYA*, 3, 327-332. <https://doi.org/10.12933/therya-12-88>
- Dávila, O., Ramírez, E., Rodríguez, M., Gómez, R. y Barrios, C. (2005). El manejo del potrero. INPASA.
- Ducatez, S., Sayol, F., Sol, D. y Lefebvre, L. (2018). Are Urban Vertebrates City Specialists, Artificial Habitat Exploiters, or Environmental Generalists? *Integrative and Comparative Biology*, 58, 929-938. <https://doi.org/10.1093/icb/icy101>
- Duellman, W. E. (1966). The Central American herpetofauna: an ecological perspective. *Copeia*, 1966, 700-719. <https://doi.org/10.2307/1441403>
- Duellman, W. E. (2001). Hylid Frogs of Middle America. Second Edition. Society for the study of amphibians and reptiles. E.U.A. 1154 p.
- Espinosa-Organista, D., Ocegueda-Cruz, S., Aguilar-Zúñiga, C., Flores-Villela O. y Llorente-Bousquets, J. (2008). *El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural*. En: Soberón, J., G. Halffter, y J. Llorente-Bousquets (Eds.), *Capital Natural de México, Vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad* (pp. 33-55.). México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Feinsinger, P. (2003). El diseño de estudios de campo para la conservación de la biodiversidad. Santa Cruz de la Sierra: FAN, 243 p.
- Ferrante, L., Baccaro, F. B., Ferreira, E. B., Sampaio, M. F. D. O., Santos, T., Justino, R. C., y Angulo, A. (2017). The matrix effect: how agricultural matrices shape forest fragment structure and amphibian composition. *Journal of Biogeography*, 44, 1911-1922. <https://doi.org/10.1111/jbi.12951>
- Flores-Villela, O.A., Mendoza-Quijano, F. y González-Porter, G. (1995). *Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, 285 p.
- Flores-Villela, O. A. y García-Vázquez, U. O. (2014). Biodiversity of reptiles in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 467-475. <https://doi.org/10.7550/rmb.43236>
- García, A. (2006). Using ecological niche modelling to identify diversity hotspots for the herpetofauna of Pacific lowlands and adjacent interior valleys of Mexico. *Biological Conservation*, 130, 25-46. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.11.030>
- García, E. (1964). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 71p.

- García-Grajales, J., Buenrostro-Silva, A. y Mata-Silva, V. (2016). Diversidad herpetofaunística del Parque Nacional Lagunas de Chacahua y La Tuza de Monroy, Oaxaca, México. *Acta zoológica mexicana*, 32, 90-100. <https://doi.org/10.21829/azm.2016.3201931>
- García-Grajales, J., Pineda-Ramos, B. y Buenrostro-Silva, A. (2018). Diversidad herpetofaunística en un ambiente urbano de ciudad de Puerto Escondido, Oaxaca, México. *Revista Biodiversidad Neotropical*, 8, 108-118. <http://dx.doi.org/10.18636/bioneotropical.v8i2.719>
- García-Grajales, J., López-López, Y. y Buenrostro-Silva, A. (2019). Diversidad herpetofaunística en un bosque tropical caducifolio de la Costa Central de Oaxaca, México. *Acta Universitaria*, 29, 1-11. <http://doi.org/10.15174/au.2019.2406>
- García-Mendoza, A. J., Ordóñez-Díaz, M. D. J. y Briones-Salas, M. (Eds.). (2004). *Biodiversidad de Oaxaca*. UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation.
- García-Morales, R., Moreno, C. E. y Bello-Gutiérrez, J. (2011). Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas: El número de especies efectivas de murciélagos en el sureste de Tabasco, México. *THERYA*, 2, 205-215. <https://doi.org/10.12933/therya-11-47>
- García-Padilla, E., DeSantis, D. L., Rocha, A., Mata-Silva, V., Johnson, J. D. y Wilson, L. D. (2020). Conserving the Mesoamerican herpetofauna: the most critical case of the priority level one endemic species. *Amphibian y Reptile Conservation*, 14, 73-132.
- García-Vázquez, U. O., Pavón-Vázquez, C. J., Feria-Ortiz, M. y Nieto-Montes De Oca, A. (2021). A New Species of Blue-Tailed Skink (Scincidae: Plestiodon) from the Sierra Madre del Sur, Mexico. *Herpetologica*, 77, 85–93. <http://doi.org/10.1655/0018-0831-77.1.85>
- Gascon, C., Lovejoy, T.E., Bierregaard, R.O., Malcolm, J.R., Stouffer, P.C., Vasconcelos, H.L., Laurence, W.F., Zimmerman, B., Tocher, M. y Borges, S. (1999). Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation*, 91, 223-229. [http://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00080-4](http://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00080-4)
- Germaine, S.S. y Wakeling, B.F. (2001). Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA. *Biological Conservation*, 97, 229-237. [http://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00115-4](http://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00115-4)
- González-Romero, A. y Murrieta-Galindo, R. (2008). Anfíbios y Reptiles. En: R. H. Manson, V. Hernández Ortiz, S. Gallina y K. Mehlreter (Eds.), *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz Biodiversidad, Manejo y Conservación* (pp. 135-147). México. INEECOL/INE-SEMARNAT.
- Gobierno de Oaxaca (Consulta 10 Agosto de 2023). Plan Estratégico Sectorial. Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial. https://www.finanzasoxaca.gob.mx/pdf/planes/planes_esectoriales/2016-2022/PES_Desarrollo_Urbano_y_Ordenamiento_Territorial.pdf
- Guevara, S., Meave, J., Moreno-Casasola, P., Laborde, J. y Castillo, S. (1994). Vegetación y flora de potreros en la sierra de los Tuxtlas, México. *Acta Botánica Mexicana*, 28, 1-27. <http://doi.org/10.21829/abm28.1994.714>
- Hanken, J. y Wake, D. B. (1994). Five new species of minute salamanders, genus *Thorius* (Caudata: Plethodontidae), from northern Oaxaca. *Copeia* 3, 573-590. <http://doi.org/10.2307/1447174>
- Hamer, A. J. y McDonnell, M. J. (2008). Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. *Biological conservation*, 141, 2432-2449. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.020>

- Hansen, N. A. Scheele, B. C., Driscoll, D. A. y Lindenmayer D. B. (2018). Amphibians in agricultural landscapes: the habitat value of crop areas, linear plantings and remnant woodland patches. *Animal Conservation*, 22, 72-82. <https://doi.org/10.1111/acv.12437>
- Hernández-Jiménez, C. A., Flores-Villela, O. y Campbell, J. A. (2019). A new species of patch-nosed snake (Colubridae: *Salvadora* Baird and Girard, 1853) from Oaxaca, Mexico. *Zootaxa*, 4564, 588–600. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4564.2.14>
- Hernández-Martínez, G. (2008). Clasificación agroecológica. En: R.H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehltreter (Eds.), *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz Biodiversidad, Manejo y Conservación* (pp.15-34). México. INECOL/INE-SEMARNAT.
- Hernández-Ordóñez, O., Martínez-Ramos, M., Arroyo-Rodríguez, V., González-Hernández, A., González-Zamora, A., Zarate, D. A. y Hugo-Reynoso, V. (2014). Distribution and conservation status of amphibian and reptile species in the Lacandona rainforest, Mexico: an update after 20 years of research. *Tropical Conservation Science*, 7, 1-25. <https://doi.org/10.1177/194008291400700101>
- Hierlihy, C. A., Garcia-Collazo, R., Chavez-Tapia, C. B., y Mallory, F. F. (2013). Sexual dimorphism in the lizard *Sceloporus siniferus*: support for the intraspecific niche divergence and sexual selection hypotheses. *Salamandra*, 49, 1-6.
- Illescas-Aparicio, M., Clark-Tapia, R., González-Hernández, A., Vásquez-Díaz, P. R. y Aguirre-Hidalgo V. (2016). Diversidad y riqueza herpetofaunística asociada al bosque de manejo forestal y áreas de cultivo, en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*, 32, 359-369. <http://doi.org/10.21829/azm.2016.323970>
- INEGI. (2004). Síntesis de Información geográfica del estado de Oaxaca. 180 p.
- INEGI. (2015). Guía para la interpretación de cartografía Uso de suelo y vegetación Escala 1:250000, serie V. 195 p.
- INEGI, (19/11/2021). 'Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000, Serie VII. Conjunto Nacional.', escala: 1:250 000. edición: 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México. Liga de descarga: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/usv/inegi/usv250s7gw
- IUCN. (2022). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2. <https://www.iucnredlist.org>. Accessed on [31 Agosto 2023].
- Javier-Vázquez, E. (2022). Diversidad de reptiles por tipo de vegetación en el ejido Tierra y Libertad, Jiquipilas, Chiapas, México. (*Tesis de Licenciatura*) Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Chiapas, México.
- Jiménez-Arcos, V. H., Calzada-Arcienega, R. A., Alfaro-Juantorena, L. A., Vázquez-Reyes, L. D., Blair, C. y Parra-Olea, G. (2019). A new species of *Charadrahyla* (Anura: Hylidae) from the cloud forest of western Oaxaca, Mexico. *Zootaxa*, 4554, 371–385. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4554.2.3>
- Johnson, J. D., Wilson, L. D., Mata-Silva, V., García-Padilla, E. y DeSantis, D. L. (2017). The endemic herpetofauna of Mexico: organisms of global significance in severe peril. *Mesoamerican Herpetology*, 4, 544–620.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113, 363 – 375. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.01.009>
- Kellogg, R. (1932). Mexican tailless amphibians in the United States National Museum. *Bulletin of the United States National Museum*, 160, 1-224.

- Kennedy, J. P. (1968). Observations on the ecology and behavior of *Cnemidophorus guttatus* and *Cnemidophorus deppei* (Sauria, Teiidae) in southern Veracruz. *Journal of Herpetology*, 2, 87-96. <https://doi.org/10.2307/1563106>
- Köhler, G., Trejo-Pérez, R. G., Petersen, C. B. P. y Méndez-De la Cruz, F. R. (2014). A revision of the Mexican Anolis (Reptilia, Squamata, Dactyloidae) from the Pacific versant west of the Isthmus de Tehuantepec in the states of Oaxaca, Guerrero, and Puebla, with the description of six new species. *Zootaxa*, 3862, 1-210. <http://doi.org/10.11646/zootaxa.3862.1.1>
- Koleff, P., Gaston, K. J. y Lennon, J. J. (2003). Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology*, 72, 1055-1064. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00710.x>
- Koleff, P., Soberón, J., Arita, H. T., Dávila, P., Flores-Villela, O., Golubov, J., Halffter, G., Lira-Noriega, A., Moreno, C. E., Moreno, E., Mungia, M., Murguía, M., Navarro-Sigüenza, A. G., Téllez, O., Ochoa-Ochoa, L., Townsend-Peterson, A. y Rodríguez, P. (2008). Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. En: J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (Eds.), *Capital Natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad* (p.323-364). México, D.F. CONABIO.
- Lara-Tufiño, J. D. (2014). Diversidad de anfibios y reptiles en áreas de bosques primarios, agroecosistemas y potreros de Pisaflores, Hidalgo, México. (*Tesis de Licenciatura*). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.
- Lemos-Espinal, J. A., Smith, G. R. y Ballinger, R. E. (2001). Sexual dimorphism and body temperatures of *Sceloporus siniferus* from Guerrero, México. *Western North American Naturalist*, 61, 498-500.
- Leyte-Manrique, A., Hernández-Salinas, U., Ramírez-Bautista, A., Mata-Silva, V., y Marshall, J. C. (2017). Habitat use in eight populations of *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) from the Mexican Plateau. *Integrative Zoology*, 12, 198-210. <https://doi.org/10.1111/1749-4877.12239>
- Leyte-Manrique, L. A., Buelna-Chontal, A. A., Torres-Díaz, M. A., Berriozabal-Islas, C. y Maciel-Mata, C. A. (2019). A comparison of Amphibian and Reptile Diversity Between Disturbed and Undisturbed Environments of Salvatierra, Guanajuato, Mexico. *Tropical Conservation Science*, 12, 1-12. <http://doi.org/10.1177/1940082919829992>
- Macip-Ríos, R y Casas-Andreu, G. (2008). Los Cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana*, 24, 143-159. <http://doi.org/10.21829/azm.2008.242710>
- Macip-Ríos, R. y Muñoz-Alonso, A. (2008). Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el Soconusco chiapaneco. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79, 185-195. <http://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2008.001.527>
- Martín-Regalado, N., Gómez-Ugalde, R.M. y Cisneros-Palacios, E. (2011). Herpetofauna del cerro Guiengola Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*, 27, 359-376. <http://doi.org/10.21829/azm.2011.2727587>
- Martín-Regalado, N., Lavariega, M. C., Gómez-Ugalde, R. M. y Rodríguez-Pérez, C. (2016). Anfibios y reptiles de la sierra Cuatro Venados, Oaxaca, México. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, 14, 217-232. <https://doi.org/10.32800/amz.2016.14.0217>
- Martínez-Fonseca, J. G., Reid, F. A. y Sunyer, J. (2016). *Aspidoscelis deppii* (Weigmann, 1834). Diet. *Mesoamerican Herpetology* 3: 480-481
- Martínez-Coronel, M., López-Hernández, I. D., Canseco-Márquez, L. C., Rámirez-Rámirez, V. A., Sánchez-Morales, A., y Hernández-Flores, F. (2021). Lista Actualizada de los anfibios y reptiles

- de Zaachila y Santiago Clavellinas, Oaxaca. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 4, 85-107. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2021.02.254>
- Mata-Silva, V., y Ramírez-Bautista, A. (2005). Reproductive characteristics of two syntopic, widely foraging lizards, *Aspidoscelis deppii* and *Aspidoscelis guttata* from Oaxaca, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 50, 262-267. [http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909\(2005\)050\[0262:RCOTSW\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1894/0038-4909(2005)050[0262:RCOTSW]2.0.CO;2)
- Mata-Silva, V., Johnson, J.D., Wilson, L.D. y García-Padilla, E. (2015). The herpetofauna of Oaxaca, Mexico: composition, physiographic distribution, and conservation status. *Mesoamerican Herpetology* 2: 6-62.
- Mata-Silva, V., García-Padilla, E., Rocha, A., Desantis, D. L., Johnson, J. D., Ramírez-Bautista, A. y Wilson, L. D. (2021). A reexamination of the Herpetofauna of Oaxaca, Mexico: Composition Update, Physiographic Distribution, and Conservation Commentary. *Zootaxa* 4996, 201-252. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4996.2.1>
- McCranie, J. R. y Wilson, L. D. (2002). *The Amphibians of Honduras*. Ithaca: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Contribution to Herpetology 19, 625p.
- Medina-Rangel, G. F. (2011). Diversidad alfa y beta de la comunidad de reptiles en el complejo cenagoso de Zapatosa, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59, 935-968. <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3151>
- Mendelson, J.R. (1997). A New Species of Toad (Anura: Bufonidae) from Oaxaca, Mexico with Comments on the Status of *Bufo cavifrons* and *Bufo cristatus*. *Herpetologica*, 53, 268-286.
- Moreno, C. M., Barragan, F., Pineda, F. y Pavón, P. N. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249-1261. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- Morrone, J. J., Organista, D. E., Zúñiga, C. A., y Bousquets, J. L. (1999). Preliminary classification of the Mexican biogeographic provinces: a parsimony analysis of endemism based on plant, insect, and bird taxa. *The Southwestern Naturalist*, 44, 507-514. <https://doi.org/10.2307/3672351>
- Morrone, J. J. (2005). Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76, 207-252. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2005.002>
- Morrone, J. J. (2014). Biogeographical regionalisation of the Neotropical región. *Zootaxa*, 3782, 1-110. <https://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3782.1.1>
- Morrone, J. J. (2017). Neotropical Biogeography Regionalization and Evolution. Boca Ratón: CRC Press Taylor y Francis Group, 282 p. <https://doi.org/10.1201/b21824>
- Morrone, J. J. (2019). Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, 1-68. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Morrone, J. J. y Márquez, J. (2001). Halffter's Mexican Transition Zone, beetle generalized tracks, and geographical homology. *Journal of biogeography*, 28, 635-650. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00571.x>
- Morrone, J. J., Escalante, T., y Rodríguez-Tapia, G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa*, 4277, 277-279. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Ndriantsoa, S. H., Riemann, J. C., Raminosoa, N., Rödel, M. O., y Glos, J. S. (2017). Amphibian diversity in the matrix of a fragmented landscape around Ranomafana in Madagascar depends on matrix quality. *Tropical Conservation Science*, 10, 1-16. <https://doi.org/10.1177/1940082916686065>

- Nieto-Montes de Oca, A., Castresana-Villanueva, N., Canseco-Márquez, L. y Campbell, J. A. (2022). A new species of *Xenosaurus* (Squamata: Xenosauridae) from the Sierra de Juárez of Oaxaca, Mexico. *Herpetologica* 78, 40-50. <https://doi.org/10.1655/Herpetologica-D-21-00041.1>
- Noss, R. F. (1991). Landscape Connectivity: Different Functions at Different Scales. En: W.E. Hudson (Ed.), *Landscape Linkages and Biodiversity* (pp. 27-39). Washington. Island Press.
- Ochoa-Ochoa, M. y Flores-Villela, O. (2006). *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. Ciudad de México: UNAM-CONABIO, 211p.
- Ochoa-Ochoa, L. M., Campbell, J. A. y Flores-Villela, O. A. (2014a). Patterns of richness and endemism of the Mexican herpetofauna, a matter of spatial scale?. *Biological Journal of the Linnean Society*, 111, 305-316. <https://doi.org/10.1111/bij.12201>
- Ochoa-Ochoa, L.M., Munguía, M., Lira-Noriega, A., Sánchez-Codero, V., Flores-Villela, O., Navarro-Sigüenza, A. y Rodríguez, P. (2014b). Spatial scale and β -diversity of terrestrial vertebrates in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 918-930. <https://doi.org/10.7550/rmb.38737>
- Oliveira, J. C. F., Pereira-Ribeiro, J., Wink, G. y Rocha, C. F. D. (2019). Lizard assemblages on sandy coastal plains in southeastern Brazil: An analysis of occurrence and composition, and the role of habitat structure. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 91, 1-12. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170403>
- Ordóñez, M. J. (2000). El territorio del estado de Oaxaca: una revisión histórica. *Investigaciones Geográficas*, 42, 67-86. <https://doi.org/10.14350/rig.59115>
- Ortíz-Pérez, M. A., Hernández-Santana, J. R., Figueroa-Mah-Eng, J. M. (2004). Reconocimiento Fisiográfico y Geomorfológico. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas, (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (p. 43-54.). México. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation.
- Owen, J. G. (1989). Patterns of the herpetofaunal species richness: relation to temperature, precipitation, and variance in elevation. *Journal of Biogeography*, 16, 141-150. <https://doi.org/10.2307/2845088>
- Parra-Olea, G., Rovito, S. M., García-París, M., Maisano, J. A., Wake, D. B. y Hanken, J. (2016). Biology of tiny animals: three new species of minute salamanders (Plethodontidae: *Thorius*) from Oaxaca, Mexico. *PeerJ* 4, 1-40. <https://doi.org/10.7717/peerj.2694>
- Pearman, P. B. (1996). Correlates of Amphibian Diversity in an Altered Landscape of Amazonian Ecuador. *Conservation Biology*, 11, 1211-1225. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1997.96202.x>
- Peña-Joya, K. E., Cupul-Magaña, F. G., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Moreno, C. E. y Téllez-López, J. (2020). Spatio-temporal discrepancies in lizard species and functional diversity. *Community Ecology*, 21, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s42974-020-00005-8>
- Pineda-López, R. (2019). Estimadores de la riqueza de especies. En: Moreno CE (Ed.) *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio* (pp. 159-174). Ciudad de México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, México.
- Qian, H. (2010). Environment-richness relationships for mammals, birds, reptiles, and amphibians at global and regional scales. *Ecological Research* 25, 629-637. <https://doi.org/10.1007/s11284-010-0695-1>
- R Core Team. (2023). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.

- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U., Cruz-Elizalde, R., Berriozabal-Islas, C., Lara-Tufiño, D., Mayer-Goyenechea, I. G. y Castillo-Céron, J. M. (2014). *Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación*. México: Lito impresos Bernal, S.A. 417 p.
- Ramírez-Bautista, A., Luría-Manzano, R., Cruz-Elizalde, R., Pavón, N. P. y Wilson, L. D. (2015). Variation in reproduction and sexual dimorphism in the long-tailed spiny lizard, *Sceloporus siniferus*, from the southern Pacific coast of Mexico. *Salamandra*, 51, 73-82.
- Ramírez-Bautista, A. y Cruz-Elizalde, R. (2017). Importancia de los tipos de vegetación y provincias biogeográficas en la herpetofauna de Hidalgo. En: A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (Eds.), *Biodiversidad del estado de Hidalgo Tomo II*. (p. 607-622). México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Ramírez-Bautista, A., Torres-Hernández, L. A., Cruz-Elizalde, R., Berriozabal-Islas, C., Hernández-Salinas, U., Wilson, L. D., Johnson, J. D., Porras, L. W., Balderas-Valdivia, C. J., González-Hernández, A. J. X. y Mata-Silva, V. (2023a). An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. *Zookeys*, 1166, 287-306. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1166.86986>
- Ramírez-Bautista, A., Díaz-Marín, C. A., García-Rosales, A. y Berriozabal-Islas, C. (2023b). ¿Atrapados sin salida?: El caso de los anfibios y reptiles en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México. *Biología y Sociedad*, 6, 34-41.
- Ramírez-González, C. G., Lara-Brenis, Á., y Mijangos-Arrazola, T. (2014). New distributional records of amphibians and reptiles from northern Oaxaca, México. *Check List*, 10, 679-681. <https://doi.org/10.15560/10.3.679>
- Rendón, A., Álvarez, T., Flores-Villela, O. (1998). Herpetofauna de Santiago Jalahui, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 75, 17-45. <https://doi.org/10.21829/azm.1998.75751706>
- Rioja-Paradela, T., Carrillo-Reyes, A., Castañeda, G., y López, S. (2013). Diversidad herpetofaunística al norte de la laguna Inferior, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Acta zoológica mexicana*, 29, 574-595.
- Rodda, G. H. y Tyrrell, C. L. (2008). Introduced species that invade and species that thrive in town: are these two groups cut from the same cloth?. En: J. C. Mitchell, R. E. Jung Brown y B. Bartholomew (Eds.), *Urban Herpetology* (p. 327-342). Utah, U. S. A. Society for the Study of Amphibians and Reptiles.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1º Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504p.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2017). Oaxaca, sólido productor agrícola y gastronómico. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/oaxaca-solido-productor-agricola-y-gastronomico>
- SAGAR-Consejo Mexicano del Café. (1999). El Cultivo del café bajo sombra en México y su relación con la conservación de la diversidad biológica. Dirección General de Operación. México.
- Sánchez-De La Vega, G., Mata-Silva, V. y García-Mendez, A. (2014). *Sceloporus siniferus* (long-tailed spiny lizard) diet. *Herpetological Review* 45, 133-134.
- Santos-Barrera, G. y Urbina-Cardona, N. (2011). La dinámica del borde-matriz en bosques mesófilos fragmentados y su papel en la conservación de anfibios. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 679-687.
- Santos-Benítez, A. R., Hernández-Ramírez, A. L., Lavariega, M. C. y Gómez-Ugalde, R. M. (2013). Diversidad de aves en cultivos de Santa María Yahuique, Sierra Madre de Oaxaca, México.

- Savage, J. M. (1982). The enigma of the Central American herpetofauna: dispersals or vicariance?. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 69, 464-547.
<https://doi.org/10.2307/2399082>
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2019). MODIFICACIÓN del Anexo Normativo III, Lista de especies en riesgo de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010. Diario Oficial de la Federación.
- Smith, H. y Taylor, E. (1966). Herpetology of Mexico annotated checklist and keys to the amphibians and reptiles. A reprint of bulletins 187, 194 and 199 of the U. S. National Museum, with a list of subsequent taxonomic innovations. Ashton: Eric Lundberg, 610p.
- Sosa-Caballero, L. E. (2015). Patrones de distribución y estado de conservación de la herpetofauna de Oaxaca, México. (*Tesis de licenciatura*). Universidad Nacional Autónoma Nacional de México. Ciudad de México, México.
- Stresemann, E. (1954). Ferdinand Deppe's travels in Mexico, 1824-1829. *The Condor*, 56, 86-92.
- Stuart, S., Hoffmann, M., Chanson, J., Cox, N., Berridge, R., Ramani, P. y Young, B. (2008). *Threatened Amphibians of the World*. Barcelona: Lynx Edicions, 747 p.
- Suazo-Ortuño, I., Alvarado-Díaz, J. y Martínez-Ramos, M. (2008). Effects of conversion of dry forest to Agricultural Mosaic on Herpetofaunal Assemblages. *Conservation Biology*, 22(2): 362-374.
- Suazo-Ortuño, I., Ramírez-Bautista A. y Alvarado-Díaz, J. (2023). Amphibians and Reptiles of México: Diversity and Conservation. En: R. W. Jones, C.P. Ornelas-García, R. Pineda-López y F. Alvarez (Eds.), *Mexican Fauna in the Anthropocene* (p. 105-127). Switzerland. Springer Nature Switzerland AC.
- Torres-Colín, R. (2004). Tipos de vegetación. En: A.J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (p. 105-117). México. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation.
- Torres-Barragán, C.C.A. (2012). Estudio de la herpetofauna del Monumento Natural Yagul, Tlacolula, Oaxaca (*Tesis de licenciatura*). Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca. Oaxaca. México.
- Torres-Hernández, L. A., Ramírez-Bautista, A., Cruz-Elizalde, R., Hernández-Salinas, U., Berriozabal-Isas, C., DeSantis, D. L., Johnson, J. D., Rocha, A., García-Padilla, E., Mata-Silva, V., Fucsko, L. A. y Wilson, L. D. (2021). The herpetofauna of Veracruz, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian y Reptile Conservation*, 15, 72-155.
- Townsend, P. A., Canseco-Márquez, L., Contreras-Jimenez, J. L., Escalona-Segura, G., Flores-Villela, O., García-López, J., Hernández-Baños, B., Jiménez-Ruiz, C. A., León-Paniagua, L., Mendoza-Amaro, S., Navarro-Sigüenza, A. G., Sánchez-Cordero, V. y Willard, D. E. (2004). A preliminary biological survey of Cerro Piedra Larga, Oaxaca, Mexico: Birds, mammals, reptiles, amphibians, and plants. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 75, 439-466.
- Trejo, I. (2004). Clima. En: A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. Briones-Salas (Eds.), *Biodiversidad de Oaxaca* (p. 67-85). México. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation.
- Vial, J. L., y Saylor, L. (1993). *The status of amphibian populations: a compilation and analysis*. Gland: IUCN Species Survival Commission, 98 p.

- Villegas-García, R., Vázquez-Vega, L. F., Caviedes-Solis, I. W., Solano-Zavaleta, I. y Flores-Villela, O. (2015). Estudio herpetofaunístico de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Informe final SNIB-CONABIO, proyecto No. JF058. México.
- Vitt, L. J., Zani, P. A., Caldwell, J. P. y Durtsche, R. D. (1993). Ecology of the whiptail lizard *Cnemidophorus deppii* on a tropical beach. *Canadian Journal of Zoology*, 71, 2391-2400. <https://doi.org/10.1139/z93-334>
- Vitt, L. J. y Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology. An introductory biology of amphibians and reptiles*. Oklahoma: Academic Press, 776 p.
- Wilson, L. D. y Johnson, J. D. (2010). Distributional Patterns of the Herpetofauna of Mesoamerica, a Biodiversity Hotspot En: L. D. Wilson, J. H. Townsend y J. D. Johnson (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibian and Reptiles* (p.31-235). Utah. Eagle Mountain Publishing.
- Wilson, L. D., y McCranie, J. R. (1992). Status of amphibian populations in Honduras. *Unpublished Report to the Declining Amphibian Populations Task Force*.
- Wilson, L. D., y McCranie, J. R. (2004). The conservation status of the herpetofauna of Honduras. *Amphibian and Reptile Conservation*, 3, 6-33. <https://doi.org/10.1514/journal.arc.0000012>
- Wilson, L. D. y Townsend, J. H. (2010). The Herpetofauna of Mesoamerica: Biodiversity, significance, conservation status, and future challenges. En: L. D. Wilson, J. H. Townsend y J. D. Johnson (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibian and Reptiles* (p.761-812). Utah. Eagle Mountain Publishing.
- Wilson, L. D., Mata-Silva, V. y Johnson, J. D. (2013a). A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian y Reptile Conservation* 7, 1-47.
- Wilson, L. D., Mata-Silva, V. y Johnson, J.D. (2013b). A conservation reassessment of the amphibians of Mexico based on the EVS measure. *Amphibian y Reptile Conservation* 7, 97-127.
- Whittaker, R.H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 280-338. <https://doi.org/10.2307/1943563>

Material suplementario

Tabla suplementaria 1. Lista de las especies de anfibios y reptiles por tipos de vegetación (BMM=Bosque Mesófilo de Montaña, BP=Bosque de pino, BPE=Bosque de Pino y Encino, BTC=Bosque tropical caducifolio, BTP=Bosque Tropical Perennifolio y VG=Vegetación de galería) y usos de suelo (C=Cultivos, P=Potreros y ZUC=Zona Urbana Construida) y provincias biogeográficas. Las abreviaciones en provincias biogeográficas son; TBP = Tierras Bajas del Pacífico, DB= Depresión de Balsas y SMS= Sierra Madre del Sur.

Clase AMPHIBIA	Tipos de vegetación y usos de suelo									Provincias biogeográficas		
	BMM	BP	BPE	BTC	BTP	C	P	VG	ZUC	TBP	DB	SMS
<i>Craugastor mexicanus</i>		X									X	
<i>Craugastor pygmaeus</i>	X		X		X	X				X		X
<i>Craugastor rugulosus</i>					X					X		
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>									X	X		
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>				X		X		X		X		X
<i>Charadrahyla nephila</i>	X											X
<i>Dendropsophus sartori</i>									X			
<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>			X	X						X	X	
<i>Exerodonta sumichrasti</i>			X					X				X
<i>Plectrohyla hazelae</i>			X									X
<i>Ptychohyla leonardshultzei</i>									X			X
<i>Ptychohyla zophodes</i>	X											X
<i>Sarcohyla bistrincta</i>			X									X
<i>Sarcohyla thorectes</i>	X		X									X
<i>Scinax stauferi</i>									X	X		
<i>Smilisca baudinii</i>					X	X				X		
<i>Tlalocohyla smithii</i>				X		X			X	X		X
<i>Hypopachus ustus</i>									X	X		
<i>Lithobates forreri</i>	X							X		X		X
<i>Lithobates sierramadrensis</i>			X						X			X
<i>Lithobates sp</i>								X				
<i>Bolitoglossa chinanteca</i>	X											X
<i>Bolitoglossa oaxacensis</i>			X									X
<i>Isthmura maxima</i>						X				X		
<i>Pseudoeurycea sp</i>			X									
<i>Pseudoeurycea conanti</i>			X									X
<i>Thorius boreas</i>		X									X	
<i>Dermophis oaxacae</i>									X			X
Clase REPTILIA												
<i>Abronia cuetzpali</i>			X									X
<i>Abronia mixteca</i>			X									X
<i>Basiliscus vittatus</i>				X	X	X		X		X		
<i>Anolis cuprinus</i>			X									X
<i>Anolis nebuloides</i>			X									X
<i>Anolis nebulosus</i>			X									X

<i>Anolis sericeus</i>			X			X			X	
<i>Anolis</i> sp					X					
<i>Anolis stevepoei</i>	X	X								X
<i>Anolis subocularis</i>			X	X	X	X	X	X	X	
<i>Phyllodactylus magnus</i>					X			X	X	
<i>Heloderma alvarezii</i>			X							X
<i>Marisora brachypoda</i>			X					X	X	
<i>Sceloporus aureolus</i>		X	X					X	X	X
<i>Sceloporus cryptus</i>	X								X	
<i>Sceloporus formosus</i>		X					X	X	X	X
<i>Sceloporus grammicus</i>		X								X
<i>Sceloporus</i> sp					X					
<i>Sceloporus melanorhinus</i>			X	X	X			X	X	
<i>Sceloporus siniferus</i>		X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Sceloporus smithi</i>			X					X	X	
<i>Urosaurus bicarinatus</i>			X	X	X	X	X	X	X	
<i>Plestiodon brevisrostris</i>		X							X	
<i>Sphenomorphus assatus</i>					X			X	X	
<i>Aspidoscelis deppii</i>			X	X	X		X	X	X	
<i>Aspidoscelis guttata</i>			X	X	X		X	X	X	
<i>Holcosus undulatus</i>	X		X				X	X	X	X
<i>Lepidophyma smithii</i>	X									X
<i>Xenosaurus agrenon</i>	X									X
<i>Coniophanes fissidens</i>	X					X		X	X	X
<i>Conopsis lineata</i>		X			X					X
<i>Conopsis megalodon</i>		X							X	
<i>Drymarchon melanurus</i>						X		X	X	
<i>Lampropeltis polyzona</i>						X		X	X	
<i>Leptophis diplotropis</i>			X	X				X	X	
<i>Masticophis mentovarius</i>		X	X			X		X	X	X
<i>Mastigodryas melanolomus</i>		X								X
<i>Pituophis lineaticollis</i>	X									X
<i>Pseudelaphe flavirufa</i>			X					X	X	
<i>Salvadora intermedia</i>	X									X
<i>Salvadora mexicana</i>							X	X	X	
<i>Stenorrhina freminvillei</i>			X		X			X	X	
<i>Trimorphodon biscutatus</i>		X	X				X	X	X	X
<i>Geophis dubius</i>		X							X	
<i>Geophis laticollaris</i>		X								X
<i>Geophis sallei</i>		X								X
<i>Leptodeira maculata</i>							X	X	X	
<i>Leptodeira septentrionalis</i>		X					X	X	X	X
<i>Manolepis putnami</i>			X			X		X	X	X

<i>Rhadinaea hesperia</i>	X					X
<i>Tropidodipsas philippii</i>	X					X
<i>Conophis vittatus</i>				X	X	
<i>Thamnophis bogerti</i>			X		X	X
<i>Thamnophis chrysocephalus</i>		X			X	X
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>			X		X	
<i>Thamnophis godmani</i>	X				X	
<i>Thamnophis lineri</i>		X				X
<i>Crotalus culminatus</i>			X		X	X
<i>Crotalus intermedius</i>		X				X
<i>Ophryacus undulatus</i>	X					X
<i>Porthidium dunni</i>			X		X	
<i>Kinosternon oaxacae</i>				X	X	

Tabla suplementaria 2. Estado de conservación y medidas de distribución de las especies de anfibios nativas y no-nativas de Oaxaca, México. Medidas de distribución: SE= Endémica para el estado de Oaxaca; CE= Endémica para México, NE= No endémica y NN=No nativa. Environmental Vulnerability Score (tomado de Wilson et al., 2013 a, b; Johnson et al., 2017; García-Padilla et al., 2020; Mata-Silva et al., 2021); Low (L) Vulnerability species (EVS de 3-9); Medium (M) Vulnerability species (EVS de 10–13); High (H) Vulnerability species (EVS de 14–20). IUCN Categorization: CR =peligro crítico; EN = en peligro; VU = vulnerable; NT = casi amenazado; LC = poca consideración; DD = deficiencia de datos; NE = no evaluado. Estatus según la SEMARNAT: P =Peligro de extinción; A = Amenazada; Pr = Sujeta a protección especial; NS = No enlistado.

Clase AMPHIBIA	Endemismo	EVS	IUCN	SEMARNAT
<i>Craugastor mexicanus</i>	CE	H (16)	LC	NS
<i>Craugastor pygmaeus</i>	NE	L (9)	VU	NS
<i>Craugastor rugulosus</i>	CE	M(13)	LC	NS
<i>Eleutherodactylus nitidus</i>	CE	M(12)	LC	NS
<i>Eleutherodactylus pipilans</i>	NE	M(11)	LC	NS
<i>Charadrahyla nephila</i>	CE	M(13)	VU	NS
<i>Dendropsophus sartori</i>	CE	H(14)	LC	A
<i>Dryophytes euphorbiaceus</i>	CE	M(13)	NT	NS
<i>Exerodonta sumichrasti</i>	CE	L (9)	LC	NS
<i>Plectrohyla hazelae</i>	SE	M(12)	CR	Pr
<i>Ptychohyla leonardshultzei</i>	CE	M(12)	EN	Pr
<i>Ptychohyla zophodes</i>	CE	M(13)	DD	NS
<i>Sarcohyla bistrincta</i>	CE	L(9)	LC	Pr
<i>Sarcohyla thorectes</i>	SE	M(13)	CR	Pr
<i>Scinax staufferi</i>	NE	L(4)	LC	NS
<i>Smilisca baudinii</i>	NE	L(3)	LC	NS
<i>Tlalocohyla smithii</i>	CE	M(11)	LC	NS
<i>Hypopachus ustus</i>	NE	L(7)	LC	Pr
<i>Lithobates forreri</i>	NE	L(3)	LC	Pr
<i>Lithobates sierramadrensis</i>	CE	M(13)	VU	Pr
<i>Bolitoglossa chinanteca</i>	SE	H(18)	NE	NS

<i>Bolitoglossa oaxacensis</i>	SE	H(17)	DD	NS
<i>Isthmura maxima</i>	CE	H(17)	DD	NS
<i>Pseudoeurycea conanti</i>	SE	H(16)	EN	A
<i>Thorius boreas</i>	SE	H(18)	EN	NS
<i>Dermophis oaxacae</i>	CE	M(12)	DD	Pr
Clase REPTILIA				
<i>Abronia cuetzpali</i>	SE	H(17)	NE	NS
<i>Abronia mixteca</i>	CE	H(18)	VU	A
<i>Basiliscus vittatus</i>	NE	L(7)	NE	NS
<i>Anolis cuprinus</i>	CE	H(16)	LC	Pr
<i>Anolis nebuloides</i>	CE	H(14)	LC	Pr
<i>Anolis nebulosus</i>	CE	H(13)	LC	NS
<i>Anolis sericeus</i>	NE	L(8)	NE	NS
<i>Anolis stevepoei</i>	SE	H(14)	LC	NS
<i>Anolis subocularis</i>	CE	H(15)	DD	Pr
<i>Phyllodactylus magnus</i>	CE	M(13)	NE	NS
<i>Heloderma alvarezii</i>	NE	H(15)	NE	NS
<i>Marisora brachypoda</i>	NE	L(6)	NE	NS
<i>Sceloporus aureolus</i>	CE	H(15)	NE	NS
<i>Sceloporus cryptus</i>	SE	H(14)	LC	Pr
<i>Sceloporus formosus</i>	CE	H(15)	LC	NS
<i>Sceloporus grammicus</i>	NE	L(9)	LC	Pr
<i>Sceloporus mcdugalii</i>	CE	H(16)	LC	Pr
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	NE	L(9)	LC	NS
<i>Sceloporus siniferus</i>	NE	M(11)	LC	NS
<i>Sceloporus smithi</i>	CE	H(15)	LC	NS
<i>Urosaurus bicarinatus</i>	CE	M(12)	LC	NS
<i>Plestiodon brevirostris</i>	CE	M(11)	LC	NS
<i>Sphenomorphus assatus</i>	NE	M(10)	NE	NS
<i>Aspidoscelis deppii</i>	NE	L(8)	LC	NS
<i>Aspidoscelis guttata</i>	CE	M(12)	LC	NS
<i>Holcosus undulatus</i>	CE	H(15)	NE	NS
<i>Lepidophyma smithii</i>	NE	L(8)	NE	Pr
<i>Xenosaurus agrenon</i>	CE	M(12)	NE	NS
<i>Coniophanes fissidens</i>	NE	L(7)	NE	NS
<i>Conopsis lineata</i>	CE	M(13)	LC	NS
<i>Conopsis megalodon</i>	CE	H(14)	LC	NS
<i>Drymarchon melanurus</i>	NE	L(6)	LC	NS
<i>Lampropeltis polyzona</i>	NE	L(8)	NE	NS
<i>Leptophis diplotropis</i>	CE	H(14)	LC	A
<i>Masticophis mentovarius</i>	NE	L(6)	NE	A
<i>Mastigodryas melanolomus</i>	NE	L(6)	LC	NS
<i>Pituophis lineaticollis</i>	NE	L(8)	LC	NS
<i>Pseudelaphe flavirufa</i>	NE	M(10)	LC	NS
<i>Salvadora intermedia</i>	CE	H(16)	LC	Pr
<i>Salvadora mexicana</i>	CE	H(15)	LC	Pr

<i>Stenorrhina freminvillei</i>	NE	L(7)	NE	NS
<i>Trimorphodon biscutatus</i>	NE	L(7)	NE	NS
<i>Geophis dubius</i>	CE	M(13)	LC	Pr
<i>Geophis laticollaris</i>	SE	H(16)	DD	Pr
<i>Geophis sallei</i>	SE	H(15)	DD	Pr
<i>Leptodeira maculata</i>	NE	L(7)	LC	Pr
<i>Leptodeira septentrionalis</i>	NE	L(8)	NE	NS
<i>Manolepis putnami</i>	CE	M(13)	LC	NS
<i>Rhadinaea hesperia</i>	CE	M(10)	LC	Pr
<i>Tropidodipsas philippii</i>	CE	H(14)	LC	Pr
<i>Conophis vittatus</i>	NE	M(11)	LC	NS
<i>Thamnophis bogerti</i>	SE	H(16)	NE	NS
<i>Thamnophis chrysocephalus</i>	CE	H(14)	LC	A
<i>Thamnophis cyrtopsis</i>	NE	L(7)	LC	A
<i>Thamnophis godmani</i>	CE	H(14)	LC	A
<i>Thamnophis lineri</i>	SE	H(17)	NE	NS
<i>Crotalus culminatus</i>	CE	H(15)	NE	NS
<i>Crotalus intermedius</i>	CE	H(15)	LC	A
<i>Ophryacus undulatus</i>	CE	H(15)	VU	Pr
<i>Porthidium dunni</i>	CE	H(16)	LC	A
<i>Kinosternon oaxacae</i>	CE	H(14)	DD	Pr

Anexo fotográfico de las especies

Anfibios



Figura 12. *Craugastor mexicanus*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 13. *Craugastor pygmaeus*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 14. *Eleutherodactylus pipilans*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 15. *Dendropsophus sartori*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 16. *Scinax staufferi*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 17. *Smilisca baudinii*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 18. *Tlalocohyla smithii*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 19. *Sarcophyla thorectes*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 20. *Lithobates forreri*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 21. *Lithobates sierramadrensis*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 22. *Bolitoglossa chinanteca*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 23. *Bolitoglossa oaxacensis*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 24. *Isthmura maxima*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 25. *Thorius boreas*. Fotografía de Vicente Mata-Silva

Reptiles



Figura 26. *Basiliscus vittatus*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 27. *Anolis subocularis*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 28. *Sceloporus cryptus*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 29. *Sceloporus siniferus*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 30. *Urosaurus bicarinatus*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 31. *Aspidoscelis deppii*. Fotografía de Vicente Mata-Silva



Figura 32. *Holcosus undulatus*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 33. *Coniophanes fissidens*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 34. *Leptophis diplotropis*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 35. *Pseudelaphe flavirufa*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 36. *Leptodeira maculata*. Fotografía de Christian Berriozabal-Islas



Figura 37. *Thamnophis lineri*. Fotografía de Vicente Mata-Silva