



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
Facultad de Estudios Superiores
Zaragoza

Carrera de Biología

Anfibios y reptiles de la localidad de
Aticpac, Zongolica, Veracruz, México.

TESIS

QUE PRESENTA:

DIEGO GARCÍA MORALES

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. URI OMAR GARCÍA VÁZQUEZ



CIUDAD DE MÉXICO

NOVIEMBRE 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos institucionales

Parte del financiamiento para el presente trabajo se realizó gracias al apoyo otorgado por la Dirección General de Apoyo al Personal Académico, Universidad Nacional Autónoma de México a Uri Omar García Vázquez (PAPIIT-IN 216619) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT A1-S-37838).

Agradezco a mi jurado: Dr. David Nahum Espinosa Organista, Dr. Manuel Feria Ortiz, Dr. Gabriel Gutiérrez Granados, Dra. Marysol Trujano Ortega y Dr. Uri Omar García Vázquez por la revisión, comentarios y todo el apoyo para que este trabajo se llevara a cabo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y en específico a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme el espacio y la oportunidad de formar parte de esta noble carrera.

Agradecimientos personales

Agradezco infinitamente al Dr. Uri Omar García Vázquez por toda su paciencia, confianza, amistad y conocimientos transmitidos a lo largo de todo este proceso, por todo su apoyo y disponibilidad, por alentar siempre mi gusto por el estudio de los reptiles y anfibios, y por permitirme ser parte del laboratorio de Sistemática Molecular.

Agradezco a Antonio (Toño), Romina, Carlos (Charly), Uri, Miguel (Mike), Aldair, Diego (Dieguito), Nelson y Diana por el apoyo durante el trabajo en campo.

A doña Vero, don Mariano, Marcelo (Chelo), Aldair, Erika, Diego, Lizeth y Marlene por toda su hospitalidad y apoyo en Aticpac.

A David y Erasmo por toda su hospitalidad en Zongolica.

A Charly por su ayuda con los mapas e índices.

A todos los compañeros del laboratorio, Toño, Romina, Charly, Gabo, Gaby, George, Alan, Uriel, Andrés, Leslie, Mabel y Fany.

A todos los amigos que me deja esta experiencia, Hermes, Brien, Eduardo, Lety, Karen, Azu, Liz, Bofo, Alex, Amado, Eli, Mike, Sul, Oscar (Ñero), Gabino, Karla, Chabela, Naye, Karencius, Aurora, Gallo, Alex, Esaú, Xanath, Mau, Yesua, Beida, A más que mis amigos ya son como hermanos Toño, Romina, Mario, Charly, Jessi, Fany y Mirella por cada momento de diversión y buenos consejos. Y con un reconocimiento especial para Raúl, hermano siempre estas presente.

A todos mis profesores por todos sus conocimientos transmitidos y guía sobre la carrera, Mtra. Carmen, Dra. Sandra, Dra. Alba Mónica, Dr. José Luis, Dra. Erika, Dr. David, Mtro. Fernando, Dr. Uri y los que me falta.

Agradecimiento total a mis padres José Félix García Morales y Marisol Morales Cedillo por toda su paciencia, confianza, amor y apoyo incondicional, por enseñarme que siempre puedo dar más, y en cada momento impulsarme a alcanzar mis objetivos, por cada llamada de atención tan necesarias y por cada consejo para tratar de ser mejor persona cada día, son los mejores padres los amo.

A mi hermana por estar siempre, por cada momento de risa y por siempre ser una inspiración, te amo Abrilita.

A mis abuelitas. A mis abuelos que ya no están, a mis tíos y primos por todo su apoyo incondicional, a Erik y Belinda por todo su apoyo y compañía.

ÍNDICE

Resumen	1
Introducción	2
<i>Marco teórico</i>	5
<i>Anfibios</i>	5
<i>Reptiles</i>	6
Antecedentes	7
<i>Estudios en la región</i>	7
Objetivos	9
<i>Objetivo general</i>	9
<i>Objetivos particulares</i>	9
Método	10
<i>Zona de estudio</i>	10
<i>Trabajo de campo</i>	11
<i>Trabajo de laboratorio</i>	13
<i>Análisis de los datos</i>	14
<i>Riqueza específica</i>	14
<i>Endemismo</i>	14
<i>Conservación</i>	14
<i>Curva de acumulación</i>	14
<i>Fenología</i>	16
<i>Grado de perturbación</i>	16
<i>Abundancia</i>	17
<i>Diversidad</i>	17
<i>Dominancia</i>	17
<i>Equidad</i>	17
Resultados	18
<i>Riqueza</i>	18
<i>Categorías de conservación</i>	18
<i>Endemismo</i>	19
<i>Curva de acumulación de especies</i>	23
<i>Distribución temporal</i>	24

<i>Riqueza por grado de perturbación</i>	26
<i>Abundancia</i>	26
<i>Diversidad alfa</i>	28
Índice de Shannon-Wiener	28
<i>Índice de dominancia de Simpson</i>	28
<i>Equidad de Pielou</i>	28
Discusión	29
Conclusiones	33
Referencias	34

Resumen

Veracruz es uno de los estados del país más estudiados en cuanto a su diversidad y en especial en referencia a su herpetofauna. Sin embargo, aún existen zonas sin ser estudiadas sistemáticamente como es el caso de la Sierra de Zongolica.

En este trabajo se presenta un inventario herpetofaunístico para la localidad de Aticpac, Zongolica, que se realizó entre septiembre de 2015 y agosto de 2016, con un esfuerzo de muestreo de ocho salidas de campo en dos zonas con diferente grado de perturbación.

Se registraron 34 especies; de las cuales 10 fueron anfibios divididos en ocho géneros, y cinco familias y 24 taxones son reptiles representados en 20 géneros y 11 familias. Del total de especies, 12 (35%) se encuentran en alguna categoría de riesgo por la NOM 059 (SEMARNAT, 2010) y seis (18%) en alguna categoría de riesgo dentro de la lista roja de la IUCN, 10 de las 34 especies (29%) son endémicas al país con *Anolis cymbops* y *Pseudoeurycea lineola* endémicas al estado de Veracruz.

Se registraron tres especies nuevas para el municipio de Zongolica y un registro nuevo para el estado de Veracruz. Se encontró una mayor riqueza en la zona perturbada con 24 especies; mientras que en la zona conservada se reportaron 18 especies.

Introducción

La ubicación de México en la confluencia de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, aunada a su orografía abrupta, su diversidad climática y a una historia geológica intrincada, han permitido una gama variada de condiciones que hacen posible la coexistencia de especies de origen tropical y boreal. Estos factores favorecieron el desarrollo de ecosistemas múltiples, por lo que a lo largo del territorio nacional es posible encontrar casi todos los tipos de vegetación que existen en el mundo y que albergan una riqueza de especies inmensa de plantas y animales (Pérez y Salcido, 1995; Ramamoorthy *et al.*, 1998; CONABIO, 2006; Sarukhán *et al.*, 2009). México en particular aporta entre el 10 y 12 % de la biodiversidad total del planeta, aunque el territorio nacional es tan solo el 1.4% de la superficie de la tierra (Jiménez-Sierra *et al.*, 2014)

Esta riqueza posiciona a nuestro país como el cuarto en diversidad de vertebrados terrestres (Jiménez-Sierra *et al.*, 2014), con 564 especies de mamíferos (28% endémicas) (Sánchez-Cordero, 2014), 1,150 especies de aves (entre 9 y 25% endémicas de acuerdo con la clasificación taxonómica que se siga) (Gill y Donsker, 2013), 137 especies de anfibios (67% endémicas) (Parra *et al.*, 2014) y 864 especies de reptiles (57% endémicas) (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014). Estas últimas cifras son la razón por la que a México se le considera el centro más importante de diversidad y endemismo de la herpetofauna de Mesoamérica (Wilson y Johnson, 2010) y lo incluye entre los 17 países megadiversos los cuales en conjunto albergan aproximadamente el 70% de todas las especies conocidas para el planeta (Mittermeier *et al.*, 1997).

Esta diversidad se pierde rápidamente, el cambio de uso de suelo y el cambio climático están amenazando el mantenimiento de la biodiversidad a nivel global, alterando las comunidades, los ecosistemas y los servicios ambientales asociados a éstos (Parmesan y Yohe, 2003; Cardinale *et al.*, 2012; Newbold *et al.*, 2016). Hasta 1976, México había perdido el 38% de su cubierta vegetal natural y en 1993 el 46% (Challenger y Dirzo, 2009). Entre 1993 y 2002 alrededor de 2.8 millones de ha cambiaron de bosques, selvas, matorrales y pastizales a sistemas agropecuarios donde los estados más alterados fueron: Veracruz con una pérdida del 19%, Tabasco 11% y Chiapas 8% (Jiménez-Sierra *et al.*, 2014). Este

deterioro del ambiente provoca el desplazamiento de especies de su habitat original y favorece a las especies más adaptadas a zonas perturbadas (Servín-Torres, 2004).

Los anfibios son el grupo de organismos más amenazados entre los vertebrados por estas alteraciones ambientales (Catenazzi, 2015). En cuanto a los reptiles, los declives de muchas poblaciones son similares a los que experimentan los anfibios en términos de amplitud taxonómica, distribución geográfica y gravedad (Gibbons *et al.*, 2000). Si bien existen algunas especies de anfibios y reptiles que pueden adaptarse e incluso verse beneficiadas, hay otras especies que pueden ser afectadas negativamente incluso al grado de llegar a la extinción local (Scott y Starret, 1974; Lever, 2001, 2003; Urbina-Cardona *et al.*, 2006; Almeida-Gómez y Rocha, 2014; Schneider-Maunoury *et al.*, 2016).

Esta forma de reaccionar de las especies de anfibios y reptiles a los cambios en su ecosistema, los hace excelentes indicadores de las condiciones ambientales y del grado de alteración de comunidades en ecosistemas colindantes a urbanizaciones (Oropeza, 2004; Faeth *et al.*, 2005; FAO, 2013).

En la actualidad sigue cobrando terreno el cambio de uso de suelo para utilizar estas áreas en actividades como la agricultura, la cría de ganado, la extracción de madera y la urbanización (Foley *et al.*, 2005). El estudio de los reptiles y anfibios puede ayudar a entender el grado de perturbación provocado por estos cambios de uso de suelo tanto en las propias poblaciones de anfibios y reptiles como en los ecosistemas en general, de esta manera, si se conoce la biodiversidad de determinada zona es posible formular planes para el manejo y la conservación de la misma.

Una herramienta importante en el conocimiento de la diversidad son los inventarios biológicos donde se recaban los datos fundamentales de las especies que residen en algún lugar (Dirzo y Raven, 1994). Por otra parte, es importante considerar que la información obtenida de los inventarios constituye la unidad básica de la investigación biosistemática, por lo que la información derivada de éstos, es primordial para el avance de otras áreas como la biología evolutiva, biogeografía, anatomía comparada, ecología, paleontología y arqueología (Casas-Andreu *et al.*, 1991). Por esta razón, es necesario incrementar el número de trabajos de esta índole para contribuir en la generación de información necesaria para lograr una buena conservación (Estrada-Rodríguez *et al.*, 2006). Aunque en la actualidad el estudio de

la biodiversidad en México ha cobrado interés, se considera que el estudio de los reptiles y anfibios en México aún se encuentra incompleto (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014; Parra *et al.*, 2014).

Las selvas húmedas tienen los valores más elevados de riqueza de especies en comparación con otros ecosistemas terrestres. En particular, la selva alta perennifolia representa el tipo de vegetación más rico en especies; estas selvas se incluyen dentro de la categoría de bosques tropicales perennifolios las cuales se encuentran casi de manera exclusiva en la vertiente del Atlántico (Challenger y Soberón, 2008). La distribución original de estas selvas abarcaba aproximadamente 9.1% del territorio nacional (17.82 millones de hectáreas) (INEGI, 2003), que para el año 2005 se había reducido a 4.82% con 3.16 millones de hectáreas en condición primaria y 6.31 millones en condición secundaria (INEGI, 2005a). En el sur y sureste mexicano y en particular las zonas selváticas de Veracruz, disminuyeron drásticamente (Vázquez-Torres, 2011). La cubierta vegetal de Veracruz se integraba primordialmente por bosques tropicales y bosques templados, mismos que presentaban una distribución amplia a lo largo del territorio y se extendían hacia el sur del país (Castillo-Campos *et al.*, 2011). La gran diversidad de especies que los conforman, tanto de plantas como de animales, constituyen indudablemente el mayor de los valores intrínsecos; además, independientemente de cualquier otra visión utilitaria, juegan un rol primordial como proveedores de satisfactores y servicios ambientales insustituibles, como el agua (Castillo-Campos *et al.*, 2011).

Veracruz se localiza en la llanura costera del Golfo de México y en la Sierra Madre Oriental. Se extiende de norte a sur del paralelo 17°10' al 22°15' de latitud norte. Tiene una extensión territorial de 71,699 Km² y presenta desde climas cálidos y semicálidos hasta semiáridos y templados (Soto y García, 1989). Su diversidad biológica es alta debido a lo accidentado de su topografía que proporciona una gran variedad de condiciones físicas y biológicas dejando disponibles diferentes nichos. No obstante, es el estado con la segunda tasa más alta de deforestación, el 46% de su territorio es ocupado por pastizales (potreros) (Manson, 2005) y otra gran parte está cubierta por cultivos de café (Macip-Ríos y Casas-Andreu, 2008); por lo que conserva solo un 8.8% de la vegetación original (Manson, 2005), aunque reducida a fragmentos que en ocasiones se encuentran en forma de islas. Aun así, es una de las entidades donde se han realizado más trabajos herpetofaunísticos (Aguilar-López,

2007); sin embargo, solo algunas zonas del estado se han mantenido estudiadas sistemáticamente. En concreto, en la región de las altas montañas, los estudios que representan la diversidad de anfibios y reptiles son escasos, incluso en algunas zonas que se consideran de diversidad alta como la Sierra de Zongolica (Vázquez-Cruz, 2015).

Esta sierra es un cuerpo de montañas presentes en la porción centro de Veracruz que se deriva de la Sierra Madre Oriental, a partir de la fractura del Pico de Orizaba. Se extiende hacia el estado de Puebla, donde toma el nombre de Sierra Negra y hacia Oaxaca, donde se conoce como Sierra Mazateca. En esta área se presenta una diversidad de paisajes naturales con altitudes que van desde los 500 hasta los 2,500 (Rodríguez-López, 2010).

El municipio de Zongolica se encuentra en el centro de Veracruz ocupa el 0.39% de la superficie del estado y conserva la vegetación nativa en un 58% de su área total, con un 16% de bosque y 42% de selva (INEGI, 2009). La poca información con la que se cuenta de la zona crea la necesidad de generar inventarios biológicos en diferentes áreas de la Sierra de Zongolica, por lo que el presente estudio registra la herpetofauna presente en una porción de este sistema montañoso y en especial en la comunidad de Aticpac que pertenece al municipio de Zongolica.

Marco teórico

Anfibios

Los anfibios son un grupo de vertebrados que se distinguen como grupo monofilético por su biología que presenta las siguientes características en común: piel lisa y muy vascularizada que no cuenta con protección como escamas, la piel facilita el intercambio de gases lo cual le confiere una alta sensibilidad y capacidad para absorber contaminantes del entorno, acumulándolos en los tejidos y además incluye glándulas mucosas y lechosas que la humectan y secretan toxinas que funcionan como mecanismo de defensa y huevos sin membranas extraembrionarias que dependen de ambientes húmedos para evitar la desecación y de la temperatura externa para regular la temperatura corporal, estas características los hace organismos notablemente sensibles a los cambios ambientales, lo que favorece que se consideren indicadores biológicos de la salud de los ecosistemas (Blaustein y Wake, 1990; Duellman y Trueb, 1994; Young *et al.*, 2004; Halliday y Adler, 2007; Vitt y Caldwell, 2009).

Este grupo comprende tres órdenes: ápodos o cecílicos, los cuales carecen de patas; los anuros que son las ranas y sapos, y los urodelos o anfibios con cola como las salamandras (Requez, 2000).

Actualmente en México se han documentado 376 especies de anfibios que representan el 5.23% de las especies totales a nivel mundial, además siete de las 16 familias registradas para México presentan algún grado de endemismo en más del 50% de sus especies (Parra *et al.*, 2014).

Reptiles

Los reptiles han sido reconocidos como grupo desde la segunda mitad de la década de los 60s; sin embargo, se sabe que no forman un grupo natural. Los reptiles vivientes se definen como amniotas; que carecen de glándulas en el tegumento y poca vascularización; con escamas o placas epidérmicas; en algunas especies con osteodermos; con garras en los dedos, generalmente pentadáctilos, con cuatro extremidades, aunque algunos grupos presentan reducción o pérdida de las mismas; sin paladar secundario, excepto en cocodrilos; con un cóndilo occipital; con atlas y axis; presencia de caja torácica, puede estar modificada en tortugas; con fecundación interna, órganos copuladores, excepto en tuataras y con corazón tri-cavitario, excepto en cocodrilos (Vitt y Caldwell, 2009; Flores-Villela y García-Vázquez, 2014).

Debido a que existe desacuerdo en cómo clasificar a los grupos mayores de reptiles se ha propuesto no asignarles categoría linneana (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014). Los grupos que se reconocen son Testudines o Chelonia que son las tortugas, Lepidosauria que incluye tuataras, anfisbenias, lagartijas y serpientes y Archosauria con cocodrilos y aves (Pough *et al.*, 2004; Flores-Villela y García-Vázquez, 2014).

Actualmente en México se cuenta con 864 especies de reptiles que representan el 8.7% de las especies totales a nivel mundial, con más del 50% (493) de estas especies endémicas al país (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014).

Antecedentes

Estudios en la región

Veracruz es el tercer estado con mayor riqueza de especies de anfibios y reptiles en el país, se encuentra después de Oaxaca y Chiapas (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014; Parra *et al.*, 2014). Además, es de los estados mejor estudiados, muestra de ello es que el conocimiento de su herpetofauna ha variado a través del tiempo (Guzmán-Guzmán, 2011; Morales-Mávil *et al.*, 2011), actualmente se reconocen 96 especies de anfibios y 200 de reptiles. Sin embargo, la generación de este conocimiento es heterogéneo y se concentra en pocas localidades (Morales-Mávil *et al.*, 2011).

En la Sierra de Zongolica y zonas aledañas únicamente se conocen trabajos aislados, que en su mayoría representan inventarios locales no publicados, extensiones de distribución y descripción de especies nuevas. Entre los inventarios cercanos a la zona de estudio, destaca el de Murrieta-Galindo (2007) quien realiza un análisis de la diversidad de anfibios en cafetales de la zona montañosa del centro de Veracruz en los municipios de Coatepec, Xico, Teocelo y Huatusco, y reporta 22 especies de anfibios distribuidos en ocho familias. Cerón-De La Luz *et al.* (2016) presentan una lista de anfibios y reptiles del Valle de Cuautlapan municipio de Ixtaczoquitlán, Veracruz y reportan 78 especies, 28 de anfibios y 50 de reptiles. Pérez-Sato *et al.* (2018) reportan para tres localidades del municipio de Amatlán de los Reyes en la zona de las Altas Montañas 13 especies de reptiles y ocho de anfibios. Finalmente, Vázquez-Cruz y Canseco-Márquez (2020) realizan el inventario de anfibios y reptiles de la colonia Agrícola Rincón de las Flores en el municipio de Tezonapa, Veracruz, en la que se reportan 16 especies de anfibios y 26 de reptiles.

Aunado a estos estudios Villegas-García *et al.* (2015) reportan para la Sierra Mazateca en el estado de Oaxaca un total de 72 especies, 27 anfibios y 45 reptiles, que a pesar de no estar dentro del estado de Veracruz, dicha sierra es parte de la misma formación geológica de la cual forma parte la Sierra de Zongolica (Rodríguez-López, 2010).

Además de los inventarios generados para diversas zonas de la Sierra de Zongolica, en la última década se han descrito dos especies nuevas de reptiles. García-Vázquez *et al.* (2010) describen una especie de lagartija nocturna del género *Lepidophyma* para la Sierra Negra de Puebla, la cual también es parte de la misma formación de la Sierra de Zongolica (Rodríguez-López, 2010). Por su parte, Canseco-Márquez *et al.* (2016) describen una especie

de culebra minera del género *Geophis* para las montañas de la Sierra de Zongolica en el centro-oeste del estado de Veracruz y la Sierra de Quimixtlán en el centro-este de Puebla.

Para la región, Kelly-Hernández *et al.* (2018) reportan registros de *Anolis schiedii* (Wiegmann, 1834) en los municipios de Chocamán y Alpatlahuac, Veracruz; De la Torre-Loranca *et al.* (2019) amplían la distribución de la serpiente *Cerrophidion petlalcalensis* (López-Luna, Vogt y De la Torre-Loranca, 1999) a los municipios de Atlahuilco, los Reyes y Tequila en Veracruz y a Huautla de Jiménez en Oaxaca. Peralta-Hernández y Perea-Pérez (2019) amplían la distribución de *Ptychohyla zophodes* (Campbell y Duellman, 2000) para el municipio de Ixtaczoquitlán en la región de las Altas Montañas en el centro de Veracruz. Peralta-Hernández (2019) registra *Hyalinobatrachium fleischmanni* (Boettger, 1893) para el municipio de Ixtaczoquitlán. Castillo-Juárez *et al.* (2020) reportan por primera vez a *Ophryacus smaragdinus* (Grünwald, Jones, Franz-Chávez y Ahumada-Carillo, 2015) para la región de las Altas Montañas en los municipios de Huatusco, Nogales y Alpatlahuac, Veracruz. De la Torre-Loranca *et al.* (2020) reportan registros nuevos de anfibios y reptiles en la Sierra de Zongolica en los estados de Veracruz y Puebla, dentro de las que destacan *Hyalinobatrachium fleischmanni*, *Exerodonta abdivita* (Campbell y Duellman, 2000), *Smilisca cyanosticta* (H.M. Smith, 1953), *Gerrhonotus liocephalus* (Wiegmann, 1828), *Ophisaurus ceroni* (Holman, 1965), *Dendrophidion vinitor* (Smith, 1941), *Pituophis lineaticollis* (Cope, 1861), *Tantilla schistosa* (Bocourt, 1883), *Clelia scytalina* (Cope, 1867), *Geophis lorancai* (Canseco-Márquez, Pavón-Vázquez, López-Luna y Nieto-Montes De Oca, 2016), *Sibon nebulatus* (Linnaeus, 1758), *Xenodon rabdocephalus* (Wied-Neuwied, 1824), *Crotalus scutulatus* (Kennicott, 1861), *Kinosternon integrum* (Le Conte, 1854 y *Claudius angustatus* (Cope, 1865).

Finalmente, parte de los resultados de este trabajo ya han sido publicados y se reportaron por primera vez tres especies para la Sierra de Zongolica, específicamente en la localidad de Aticpac. Valdenegro-Brito *et al.* (2016) reportan los primeros registros de *Scincella cherriei stuarti* (Smith, 1941), García-Morales *et al.* (2017a, b) señalan la presencia de *Tantillita lintoni* (Smith, 1940) y *Lepidophyma tuxtlae* (Werler y Shannon, 1957) en la localidad de interés.

Objetivos

Objetivo general

- Realizar un inventario de la herpetofauna del Sur de la Sierra de Zongolica en la comunidad de Aticpac, Zongolica, Veracruz.

Objetivos particulares

- Elaborar una lista de las especies de anfibios y reptiles presentes en la comunidad de Aticpac.
- Estimar la diversidad alfa y la estructura de la comunidad de los anfibios y reptiles de Aticpac.
- Identificar el sistema ambiental (conservado o perturbado) con mayor diversidad de herpetozoos.
- Señalar las especies que se encuentren en alguna categoría de riesgo tanto en la NOM 059 SEMARNAT 2010, como en la lista roja de la IUCN y con algún grado de endemismo.

Método

Zona de estudio

La localidad de Aticpac se encuentra en la Sierra de Zongolica en la zona centro del estado de Veracruz en las coordenadas 18° 32' y 18° 35' de latitud y 92° 52' y 92° 54' de longitud en el sur del municipio de Zongolica (Fig. 1).

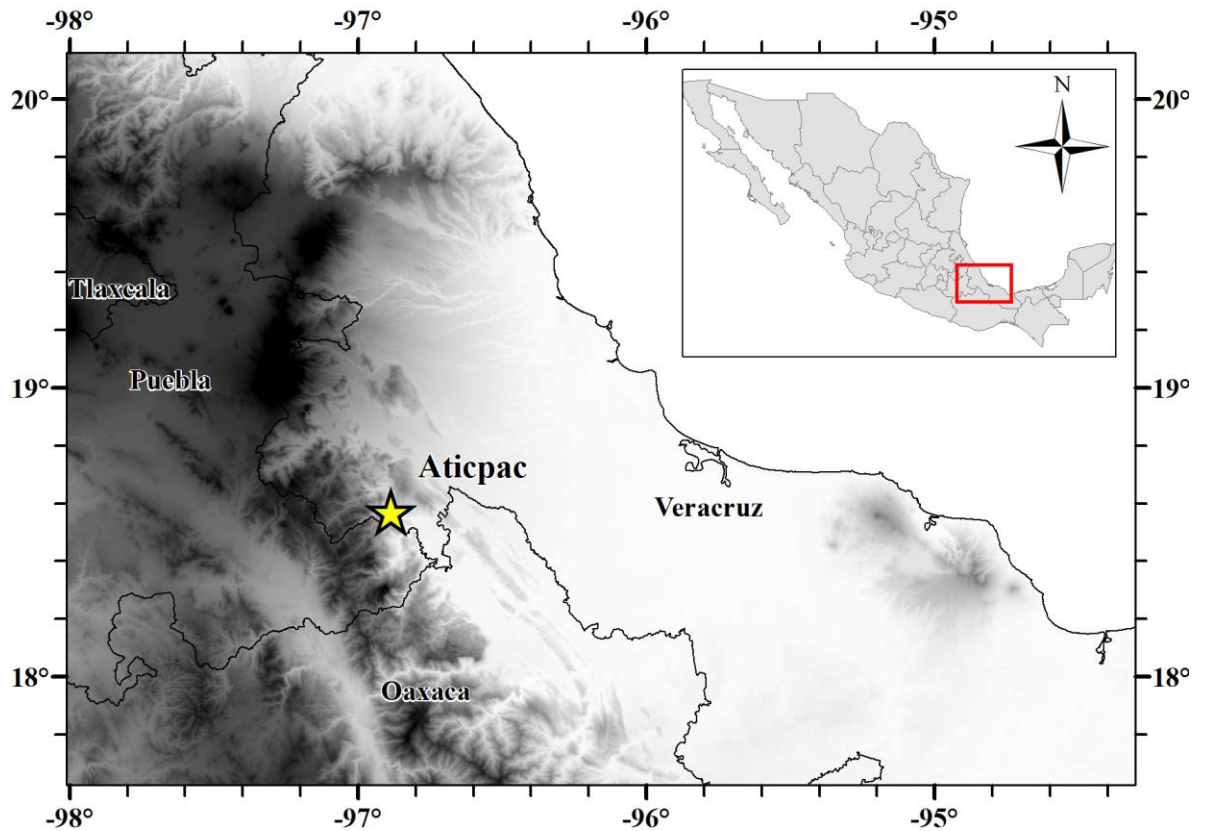


Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad de Aticpac, Veracruz, México.

Tiene un rango de altitud que va de los 500 a los 1800 msnm aproximadamente y cuenta con un clima de tipo cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y temperatura de 23°C; con una precipitación anual de 3000 mm. Su vegetación nativa es de tipo selva alta perennifolia (Fig. 2) (INEGI, 2005b, 2015). Parte de la vegetación esta modificada por las

actividades de los pobladores y se han transformado en plantaciones de café y en menor proporción en plantaciones de maíz (Fig. 3).



Figura 2. Vegetación conservada de tipo selva alta perennifolia presente en Aticpac, Sierra de Zongolica, Veracruz.



Figura 3. Cambio de uso de suelo de las áreas naturales a plantaciones de café en la comunidad de Aticpac, Sierra de Zongolica, Veracruz.

Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo a lo largo de 12 meses entre septiembre de 2015 y agosto de 2016, los muestreos se realizaron durante cinco días cada dos meses con un esfuerzo de búsqueda de al menos dos personas en recorridos de 09:00 a 15:00 y de 17:00 a

23:00 horas, para dichos muestreos se tomaron en cuenta áreas con un mayor grado de perturbación (perturbadas) y áreas donde se aprecia un menor grado de perturbación (conservadas) (Fig. 4). Dentro de las áreas perturbadas se consideró a zonas de cultivo y áreas con gran actividad humana como caminos y casas (Fig. 3); mientras que las áreas conservadas fueron designadas como zonas donde la vegetación conserva gran porcentaje de plantas nativas, o zonas perturbadas, pero con un marcado avance en el proceso de regeneración (Fig. 2).

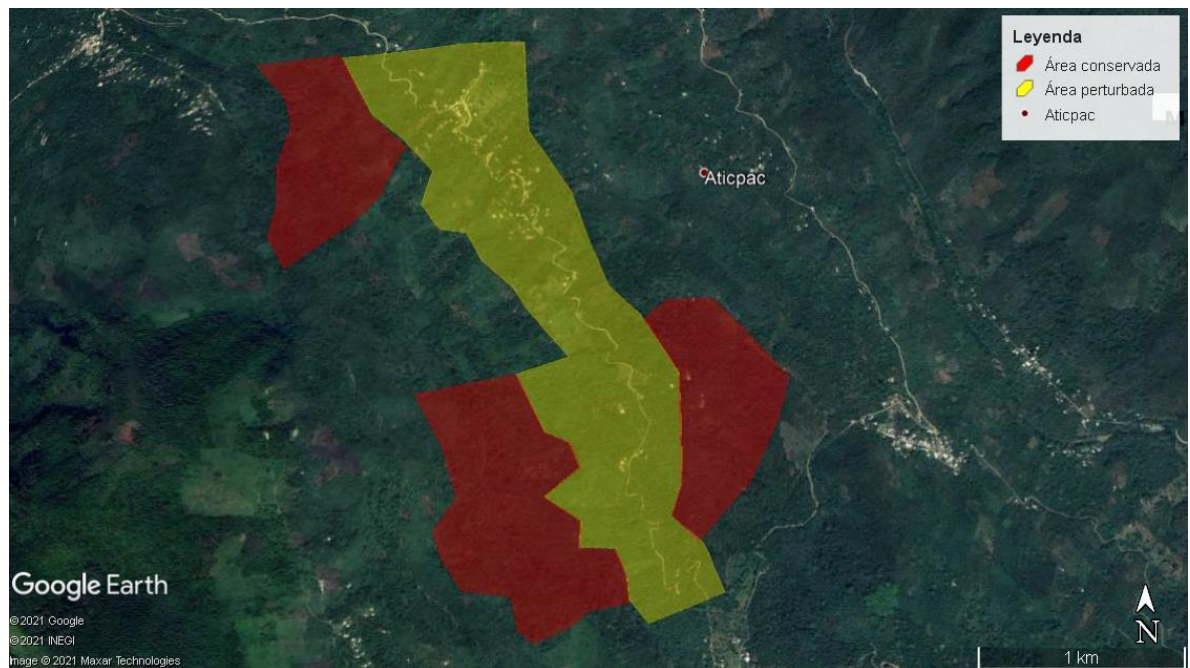


Figura 4. Localidad de Aticpac con áreas muestreadas y el grado de perturbación que presentan.

Se registraron todos los organismos observados y se tomaron muestras de algunas especies en las diferentes zonas de muestreo. Para la búsqueda de los organismos se realizaron recorridos con distancias variables por caminos, senderos, selva y cuerpos de agua (Altamirano, 2006), para internarse en las áreas con vegetación conservada y las zonas con cambio de uso de suelo. Se realizó una revisión dirigida entre la hojarasca, suelo, debajo de rocas y troncos en putrefacción, sobre árboles, arbustos, cultivos, paredes, techos y bardas cercanas a los poblados, así como estanques, ríos y arroyos (Gómez, 2007). La captura de anfibios se realizó de forma manual y con la ayuda de redes en el caso de encontrarse en

cuerpos de agua, la manipulación de anfibios se llevó a cabo con guantes estériles de látex para evitar infección por micosis de los organismos ya que los anfibios debido a la naturaleza de su piel son muy propensos a ser atacados por hongos (Poug *et al.*, 2001).

En el caso de los reptiles la captura de saurios se realizó de manera directa y con la ayuda de ligas de hule, que se lanzaron al organismo para inmovilizarlo y dar tiempo de captura antes de que este se incorporase y escapara (Aguirre-León y Cázares, 2009); además se utilizaron lazadas para algunas lagartijas. Las serpientes se capturaron manualmente en el caso de las no venenosas y con ganchos herpetológicos en el caso de las venenosas.

Los organismos recolectados se registraron en un diario de campo con los siguientes datos: siglas de colector, número de colecta, nombre de la localidad, coordenadas del sitio de captura, altitud, tipo de vegetación, características del microhábitat, hora y observaciones adicionales. Se fotografió a cada organismo recolectado para tener detalles de la coloración. Se colectaron entre dos y cinco organismos de cada especie por localidad para verificar las identificaciones a nivel de especie en el laboratorio y adicionalmente contar con ejemplares de referencia en la colección herpetológica de la FES Zaragoza para trabajos futuros. El trabajo de campo y la recolecta de ejemplares se realizó con el aval de SEMARNAT mediante la licencia de colector científico del titular Uri Omar García Vázquez con número FAUT-0243.

Trabajo de laboratorio

Los ejemplares recolectados se sacrificaron por medio de sobredosis de anestésico y fueron etiquetados para su manejo (Casas- Andreu *et al.*, 1991). Se tomó una muestra de tejido hepático y/o muscular de cada organismo para contar con un acervo genético de los organismos recolectados para que se utilice en trabajos posteriores.

Los anfibios se preservaron mediante inyección con formol al 10% en la cavidad corporal para la fijación del contenido del tubo digestivo; mientras que los reptiles se inyectaron con formol al 10% en la cavidad corporal, cola, cabeza y extremidades. Todos los organismos sacrificados se sometieron a un tratamiento con formol (10%) durante una semana, después se lavaron con agua por un día y finalmente se conservaron en alcohol al

70% (Casas-Andreu *et al.*, 1991). Todos los organismos recolectados se depositaron en la Colección Herpetológica de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

La identificación se hizo con la ayuda de claves taxonómicas a niveles de familia y género (Casas-Andreu y McCoy, 1987); para especies se utilizó la recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México (Flores-Villela *et al.*, 1995), además de utilizar el apoyo de las actualizaciones taxonómicas de los diferentes grupos. Todas las especies identificadas tanto las observadas como las recolectadas se incluyeron en una base de datos con información taxonómica, curatorial y geográfica como: siglas de colector, número de colector, taxón, fecha y hora de registro, coordenadas y altitud donde se encontró el ejemplar, actividad del organismo, entre otros datos para tratar de almacenar la mayor información posible del organismo.

Análisis de los datos

Riqueza específica

Es la forma más sencilla de representar la diversidad ya que se basa únicamente en el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia de éstas (Moreno, 2001).

Endemismo

Se revisó bibliografía de distribución de las especies registradas para poder saber si se trataba de una especie endémica y de serlo a qué nivel de endemismo está.

Conservación

Para determinar el estado de conservación de las especies se consultó la NOM 059 SEMARNAT (2010) y la lista roja de las especies de la IUCN.

Curva de acumulación

Se construyó una curva de acumulación de especies a partir de los muestreos como unidad de esfuerzo, para contar con una estimación de la riqueza de especies de herpetozoos en la comunidad de Aticpac (Colwell y Coddington, 1994). La forma de la curva puede variar en

función del orden en que se consideran las diferentes muestras, de tal forma que un conjunto de datos puede dar lugar a toda una familia de curvas según el orden en que se den las muestras, por tanto, es necesario un proceso previo de “suavizado” de la curva, en el que el orden de entrada de las unidades de esfuerzo de muestreo (n) es aleatorizado y el número medio de especies (S_n) calculado para los valores de n comprendidos entre 1 y el número total de unidades de esfuerzo (Colwell, 2000). De esta manera se obtuvo la curva ideal o el promedio estadístico de adición de especies con el aumento de esfuerzo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003) los datos se aleatorizaron 100 veces con el programa EstimateS 7.0 (Colwell, 2004; Chao *et al.*, 2005).

Para evaluar la calidad del muestreo se debe encontrar un modelo matemático que describa su curva de acumulación, se han propuesto varias funciones diferentes para modelar la relación entre el esfuerzo de muestreo y el número de especies encontrado (Soberón y Llorente, 1993; Colwell y Coddington, 1994; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

Se utilizan principalmente tres modelos para ajustar las curvas de acumulación de especies (Magurran, 1988, 2004; Soberón y Llorente, 1993; Escalante-Espinosa, 2003):

- Logarítmico. Conforme la lista de especies aumenta, la probabilidad de añadir una nueva especie a la lista en cierto intervalo de tiempo disminuye proporcionalmente con el tamaño actual de la lista, hasta que eventualmente alcanza cero, es un modelo útil para muestreos de áreas relativamente pequeñas, un grupo bien conocido, o ambos, y eventualmente todas las especies serán registradas (Soberón y Llorente, 1993).
- Exponencial. Conforme la lista de especies aumenta, la probabilidad de añadir una especie nueva a la lista disminuye de forma exponencial. Se utiliza cuando la región donde se hace el muestreo es grande o los taxones son poco conocidos, de forma que la probabilidad de encontrar una especie nueva nunca será cero (Soberón y Llorente, 1993).
- Ecuación de Clench. La probabilidad de encontrar una especie nueva aumentará (hasta un máximo) conforme más tiempo se pase en el campo, es decir, la probabilidad de añadir especies nuevas eventualmente disminuye, pero la experiencia en el campo la aumenta (Soberón y Llorente, 1993).

No es posible saber *a priori* cual es el modelo que mejor se ajusta a los datos, por lo que es aconsejable realizar una prueba preliminar con los tres modelos y de esta forma poder evaluar qué modelo se ajusta mejor a las comunidades del taxón estudiado y la unidad de esfuerzo de muestreo utilizada (Soberón y Llorente, 1993; Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Esta evaluación se realizó con una regresión no lineal en el programa Statistica (StatSoft, 1998) con el método de ajuste Simplex & Quasi-Newton por ser uno de los más robustos (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). El coeficiente de determinación (R^2) se utilizó para conocer el ajuste de los modelos matemáticos a los datos observados, es una medida descriptiva de la proporción de varianza explicada por la función; sus valores van de 0 a 1, más cercanos a este último cuando mejor se ajusta la función a los datos, en otras palabras, cuando mejor se ajustan los datos observados a los estimados por el modelo (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003; Ávalos, 2007).

Fenología

Se tabularon los datos de riqueza específica respecto a cada mes de muestreo para poder identificar los meses con mayor y menor riqueza. Esta tabulación se realizó separando anfibios y reptiles y de esta forma identificar también la riqueza específica por mes respecto a cada uno de los dos taxones. Se identificaron las especies que forman parte de esta riqueza por mes, lo que contribuyó a conocer que especies se encontraron a lo largo de todo el muestreo y cuales se registraron en temporadas menores.

Adicionalmente se tabularon los datos de abundancia respecto a cada mes de muestreo, se separaron anfibios y reptiles para identificar la abundancia por mes respecto a cada grupo.

Grado de perturbación

Se tabuló la riqueza específica por familia respecto a los dos diferentes grados de perturbación para identificar las familias con mayor riqueza y el grado de perturbación donde se distribuye. Adicionalmente se identificaron las especies que se registraron en ambos grados de perturbación.

Abundancia

Se tabuló la abundancia relativa de las especies para la localidad de Aticpac, Veracruz, se tomó en cuenta la abundancia que presentó cada especie en los dos diferentes grados de perturbación.

Diversidad

La diversidad fue estimada por medio del índice de Shannon-Wiener (H') (Brower y Zar, 1984) con la siguiente fórmula:

$$H' = \sum [P_i \cdot \ln(P_i)]$$

Donde $P_i = n_i/N =$ Proporción de individuos de la especie i (n_i) con respecto al total de individuos de la muestra (N).

Dominancia

La dominancia se calculó con la ayuda del índice de Simpson que manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, es un índice influido por la importancia de las especies más dominantes (Peet, 1974; Magurran, 1988).

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde $p_i =$ abundancia proporcional de la especie i ; es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Equidad

La equidad fue estimada por medio del índice de Equidad de Pielou que mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

$$J' = H'/H'_{\max}$$

Donde $H'_{\max} = \ln(S)$ y $S =$ Riqueza de especies

Resultados

Riqueza

Durante el presente trabajo se registró un total de 126 organismos divididos en 16 familias, cinco de anfibios (cuatro de anuros y una de urodelos) y 11 de reptiles (seis de lacertilios y cinco de ofidios); en 28 géneros, ocho de anfibios (seis de anuros y dos de urodelos) y 20 de reptiles (siete lacertilios y 13 ofidios) (Cuadro 1) y con una riqueza de 34 especies de las cuales 10 son anfibios (7 anuros y 3 urodelos) y 24 reptiles (11 de lacertilios y 13 de ofidios), que representan el 30% y 70% del total de anfibios y reptiles respectivamente registrado en la comunidad de Aticpac. Las 34 especies reportadas representan el 2.7% y el 7.3% de anfibios y reptiles registrados para México y el 10.4% y 12% registrados para Veracruz respectivamente. Es importante resaltar que de todos los organismos registrados solo se recolectó un total de 72 ejemplares distribuidos en 31 especies diferentes.

Cuadro 1. Composición de la herpetofauna presente en la localidad de Aticpac, Zongolica. Veracruz.

Clase	Orden		Género	Especie	Especies registradas	
	Suborden	Familia			(%)	Total
Amphibia	Anura	4	6	7	21	30
	Caudata	1	2	3	9	
Reptilia	Lacertilia	6	7	11	32	70
	Ophidia	5	13	13	38	
	Total	16	28	34	100	100

Categorías de conservación

De las 34 especies que fueron registradas 12 (35%) se encuentran bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM 059 (SEMARNAT, 2010); cinco de anfibios y siete de

reptiles. Bajo la categoría Sujeta a protección especial (Pr) se tienen nueve especies y las tres restantes bajo la categoría de Amenazada (A) (Cuadros 2 y 3).

Para la IUCN seis especies (18%) se incluyen en alguna categoría de riesgo; cinco de anfibios y una de reptil, con una especie en peligro crítico (CR), una en peligro (EN), dos especies vulnerables (VU) y dos más como casi amenazadas (NT). Cabe señalar que dos especies más de reptiles carecen de datos suficientes para que la IUCN pueda asignar alguna categoría (Cuadros 2 y 3).

Endemismo

De las 34 especies registradas 10 (29%) son endémicas al país, cabe resaltar la presencia de *Anolis cymbops* (Cope, 1864) y *Pseudoeurycea lineola* (Cope, 1865), ya que tienen una distribución restringida al estado de Veracruz (Flores-Villela y Rubio-Pérez, 2008; Hernández-Baz y Rodríguez-Vargas, 2014) y *Lepidophyma zongolica* (García-Vázquez, Canseco-Márquez y Aguilar-López, 2010) es una especie endémica de la Sierra de Zongolica (García-Vázquez *et al.*, 2010) (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 2. Lista de especies de anfibios registrados en la localidad de Aticpac, Zongolica en Veracruz con categorías de riesgo de la NOM-059 (E) probablemente extinto en el medio silvestre, (P) en peligro de extinción, (A) amenazada, (Pr) sujeta a protección especial; la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (DD) datos insuficientes, (LC) preocupación menor, (NT) casi amenazado, (VU) vulnerable, (EN) en peligro, (CR) en peligro crítico, (EW) extinto en estado silvestre, (EX) extinto; además se muestran niveles de endemismo (M) endemismo para México, (V) endemismo para Veracruz y el sistema ambiental donde fue registrasda la especie (C) conservado y (P) perturbado.

Clase Amphibia				
Taxón	NOM-059	IUCN	Endemismo	Sistema ambiental
ORDEN CAUDATA				
FAMILIA PLETHODONTIDAE				
<i>Bolitoglossa platydactyla</i> (Gray, 1831)	Pr	NT	M	P
<i>Bolitoglossa rufescens</i> (Cope, 1869)	Pr			C, P
<i>Pseudoeurycea lineola</i> (Cope, 1865)	Pr	EN	V	P
ORDEN ANURA				
FAMILIA BUFONIDAE				
<i>Incilius valliceps</i> (Wiegmann, 1833)				P
<i>Rhinella horribilis</i> (Wiegmann, 1833)				P
FAMILIA CENTROLLENIDAE				
<i>Hyalinobatrachium viridissimum</i> (Taylor, 1942)				C
FAMILIA CRAUGASTORIDAE				
<i>Craugastor decoratus</i> (Taylor, 1942)	Pr	VU	M	C, P
<i>Craugastor loki</i> (Shannon and Werler, 1955)				C, P
FAMILIA HYLIDAE				
<i>Bromeliohyala dendroscarta</i> (Taylor, 1940)	Pr	CR	M	C
<i>Smillisca cyanosticta</i> (Smith, 1953)		NT		P

Cuadro 3. Lista de especies de reptiles registrados en la localidad de Aticpac, Zongolica en Veracruz con categorías de riesgo de la NOM-059 (E) probablemente extinto en el medio silvestre, (P) en peligro de extinción, (A) amenazada, (Pr) sujeta a protección especial; la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (DD) datos insuficientes, (LC) preocupación menor, (NT) casi amenazado, (VU) vulnerable, (EN) en peligro, (CR) en peligro crítico, (EW) extinto en estado silvestre, (EX) extinto; además se muestran niveles de endemismo (M) endemismo para México, (V) endemismo para Veracruz y el sistema ambiental donde fue registrada la especie (C) conservado y (P) perturbado.

Clase Reptilia				
Taxón	NOM-059	IUCN	Endemismo	Sistema ambiental
ORDEN SQUAMATA				
SUBORDEN SAURIA				
FAMILIA PHRYNOSOMATIDAE				
<i>Sceloporus variabilis</i> (Wiegmann, 1834)		LC		P
FAMILIA CORYTOPHANIDAE				
<i>Basiliscus vittatus</i> (Wiegmann, 1828)		LC		C, P
<i>Corytophanes hernandesii</i> (Wiegmann, 1831)		LC		C
FAMILIA DACTYLOIDAE				
<i>Anolis biporcatus</i> (Wiegmann, 1834)				P
<i>Anolis cymbops</i> (Cope, 1864)	A	DD	V	C
<i>Anolis tropidonotus</i> (Peters, 1863)		LC		C, P
FAMILIA SCINCIDAE				
<i>Scincella cherriei</i> (Cope, 1893)		LC		P
<i>Scincella silvicola</i> (Taylor, 1937)		LC	M	P
FAMILIA XANTUSIDAE				
<i>Lepidophyma tuxtlae</i> (Werler y Shanon, 1957)	A	DD	M	C
<i>Lepidophyma zongolica</i> (García-Vázquez, Canseco-Márquez y Aguilar-López, 2010)			M	C
FAMILIA XENOSUARIDAE				

<i>Xenosaurus grandis</i> (Gray, 1856)	PR	VU		C, P
SUBORDEN SERPENTES				
FAMILIA BOIDAE				
<i>Boa imperator</i> (Daudin, 1803)		LC		C
FAMILIA COLUBRIDAE				
<i>Drymobius margaritiferus</i> (Schlegel, 1837)		LC		P
<i>Mastigodryas melanolomus</i> (Cope, 1868)		LC		P
<i>Ninia sebae</i> (Duméril, Bibron y Duméril, 1854)		LC		P
<i>Pituophis lineaticolis</i> (Cope, 1861)		LC		P
<i>Sibon nebulatus</i> (Linnaeus, 1758)		LC		P
<i>Tantillita lintoni</i> (Smith, 1940)	PR	LC		P
FAMILIA DIPSADIDAE				
<i>Coniophanes imperialis</i> (Baird y Girard, 1859)		LC		P
<i>Geophis semidoliatus</i> (Duméril, Bibron y Duméril, (1854)		LC		C, P
<i>Rhadinaea cuneata</i> (Myers, 1974)	PR	DD	M	P
FAMILIA ELAPIDAE				
<i>Micrurus diastema</i> (Duméril, Bibron y Duméril, 1854)	PR	LC	M	C
FAMILIA VIPERIDAE				
<i>Bothrops asper</i> (Garman, 1883)				C, P
<i>Metlapilcoatlus nummifer</i> (Rüpel, 1845)	A	LC		C

La familia mejor representada de reptiles fue Colubridae con un 18% que incluye las especies *Drymobius margaritiferus* (Schlegel, 1837), *Mastigodryas melanolomus* (Cope, 1868), *Ninia sebae* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854), *Pituophis lineaticolis*, *Sibon nebulatus* y *Tantillita lintoni* seguida de Dactyloidae con un 9% representada por *Anolis biporcatus* (Wiegmann, 1834), *A. cymbops* (Cope, 1864) y *A. tropidonotus* (Peters, 1863), a la par de Dipsadidae con 9% representada por *Coniophanes imperialis* (Baird y Girard,

1859), *Geophis semidoliatus* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854) y *Rhadinaea cuneata* (Myers, 1974). Respecto a los anfibios la familia mejor representada fue Pletodontidae con un 9% con dos géneros y tres especies *Bolitoglossa platydactyla* (Gray, 1831), *B. rufescens* (Cope, 1869), *Pseudoeurycea lineola*, cabe mencionar que esta familia es la única que se registró del orden Caudata (Fig. 5).

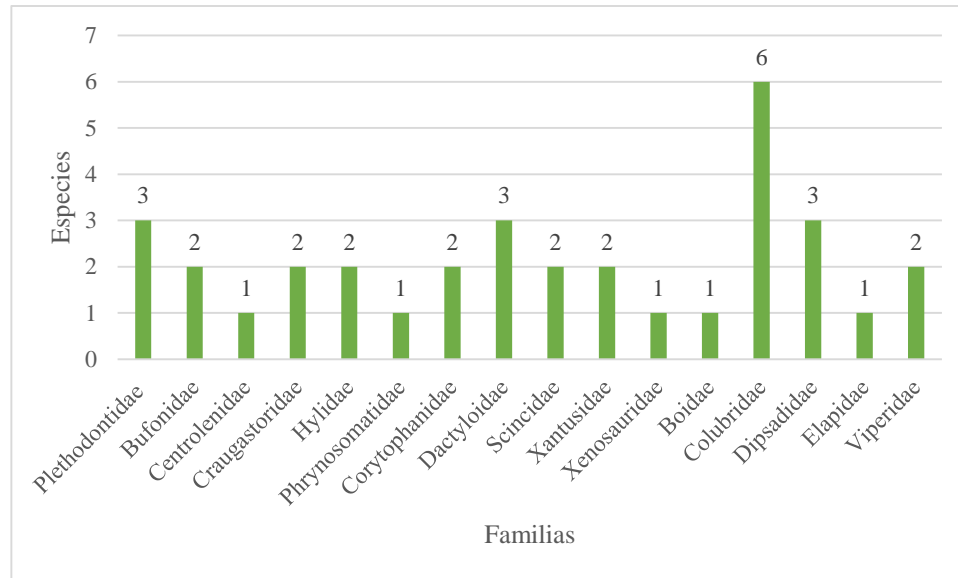


Figura 5. Riqueza observada por familia de las especies registradas en la localidad de Aticpac, Zongolica, Veracruz.

Curva de acumulación de especies

El número de especies aumentó en función al esfuerzo, pero no llega a fase asintótica en la curva, lo que indica que hace falta agregar al inventario especies y muestreos. El modelo de Clench fue el que mejor se ajustó a los datos (cuadro 4), con un coeficiente de determinación de $R^2= 0.99982622$. Este modelo predice un total de 58 especies para la localidad de Aticpac, por lo que las 34 especies registradas representan el 58% de las especies estimadas. Para registrar el 95% de especies se necesitaría de seis muestreos adicionales.

Cuadro 4. Modelos de acumulación de especies.

Modelo	R^2	Ajuste en porcentaje
Clench	0.99982622	99.98%
Exponencial	0.99844916	99.84%
Logarítmico	0.99973017	99.97%

Distribución temporal

Enero fue el mes con mayor número de especies registradas con 12 en total, cuatro de las cuales son anfibios *Bolitoglossa rufecens*, *Craugastor decoratus* (Taylor, 1942), *C. loki* (Shannon and Werler, 1955) y *Smilisca cyanosticta*. Septiembre también registró cuatro especies de anfibios *Bolitoglossa rufescens*, *Bromeliophyla dendroscarta* (Taylor, 1940), *Craugastor loki* e *Incilius valliceps* (Wiegmann, 1833), por lo que constituyen los meses con mayor número de especies de anfibios registradas. Los meses con mayor número de especies de reptiles fueron enero y marzo con ocho especies cada uno *Anolis biporcatus*, *A. cymbops*, *A. tropidonotus*, *Lepidophyma zongolica*, *Mastigodryas melanolomus*, *Rhadinaea cuneata*, *Sceloporus variabilis* (Wiegmann, 1834) y *Scincella cherriei stuarti*, además de *Anolis cymbops*, *A. tropidonotus*, *Basiliscus vittatus* (Wiegmann, 1828), *Coniophanes imperialis*, *Ninia sebae*, *Pituophis lineaticollis*, *Sceloporus variabilis* y *Scincella silvicola* (Taylor, 1937), respectivamente (Fig. 6). El mes con menor número de especies de anfibios registradas fue abril con una especie *Pseudoeurycea lineola*, único registro de la especie en el estudio; mientras que para reptiles los meses con menor riqueza específica fueron noviembre y julio, ambos con cuatro especies *Geophis semidoliatus*, *Lepidophyma zongolica*, *Sceloporus variabilis* y *Xenosaurus grandis* (Gray, 1856) y *Basiliscus vittatus*, *Sceloporus variabilis*, *Scincella cherriei* y *Sibon nebulatus*, respectivamente (Fig. 6).

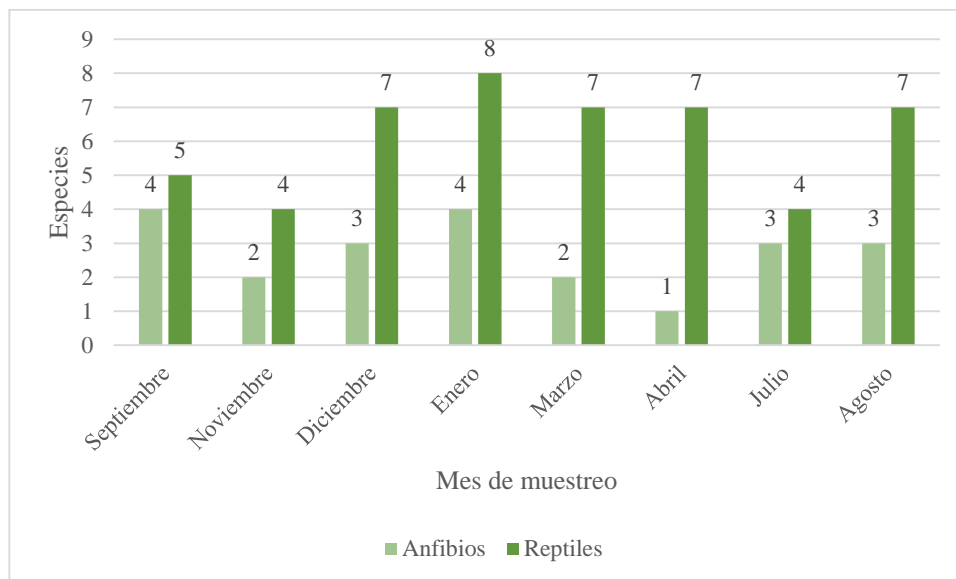


Figura 6. Riqueza de especies de anfibios y reptiles respecto al mes de muestreo.

Enero también fue el mes con mayor abundancia de organismos registrados con 28 en total de los cuales 21 corresponden a reptiles y siete a anfibios, noviembre fue el mes con menor abundancia total con 9 organismos registrados y también es el mes con menor abundancia de reptiles con siete organismos. Abril fue el mes con menor abundancia de anfibios con un único organismo registrado (Fig. 7).

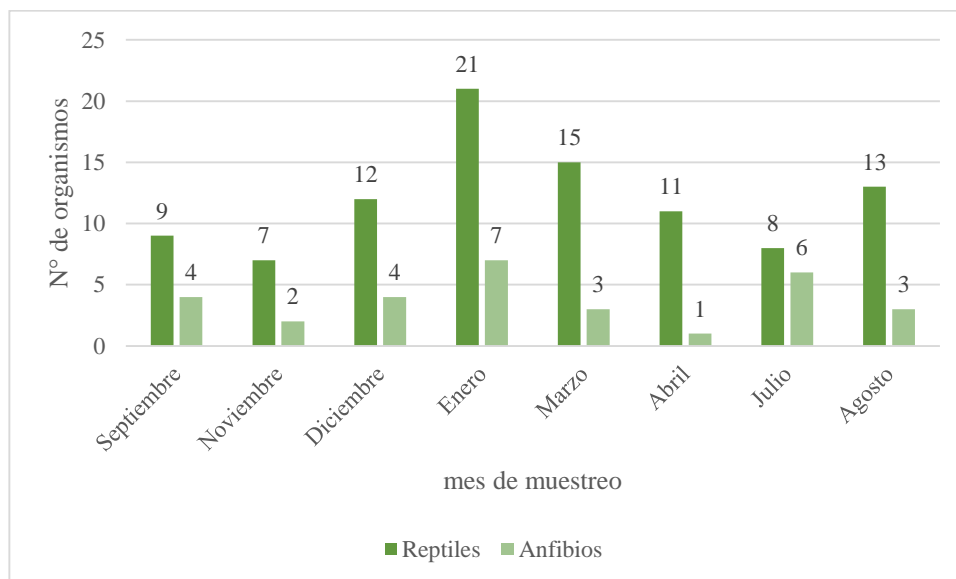


Figura 7. Abundancia de anfibios y reptiles respecto al mes de muestreo.

Riqueza por grado de perturbación

El área perturbada obtuvo la mayor riqueza con 24 especies, ocho de anfibios y 16 de reptiles incluidas en 11 familias, de las cuales Hylidae, Phrynosomatidae, Corytophanidae, Scincidae y Viperidae están representadas por una especie; Bufonidae y Craugastoridae por dos; Plethodontidae, Dactyloidae y Dipsadidae por tres y; Colubridae por seis especies. Por otra parte, para la zona conservada se registraron 18 especies, cinco de anfibios y 13 de reptiles incluidas en 13 familias, de las cuales Plethodontidae, Centrolenidae, Hylidae, Crytophanidae, Xenosauridae, Boidae, Dipsadidae y Elapidae se representan por una especie; mientras que Craugastoridae, Dactyloidae, Scincidae, Xantusidae y Viperidae por dos especies (Fig. 8). *Bolitoglossa rufescens*, *Craugastor decoratus*, *Craugastor loki*, *Basiliscus vittatus*, *Anolis tropidonotus*, *Xenosaurus grandis*, *Geophis semidoliatus* y *Bothrops asper* (Garman, 1883) son las especies que estuvieron presentes en ambos grados de perturbación.

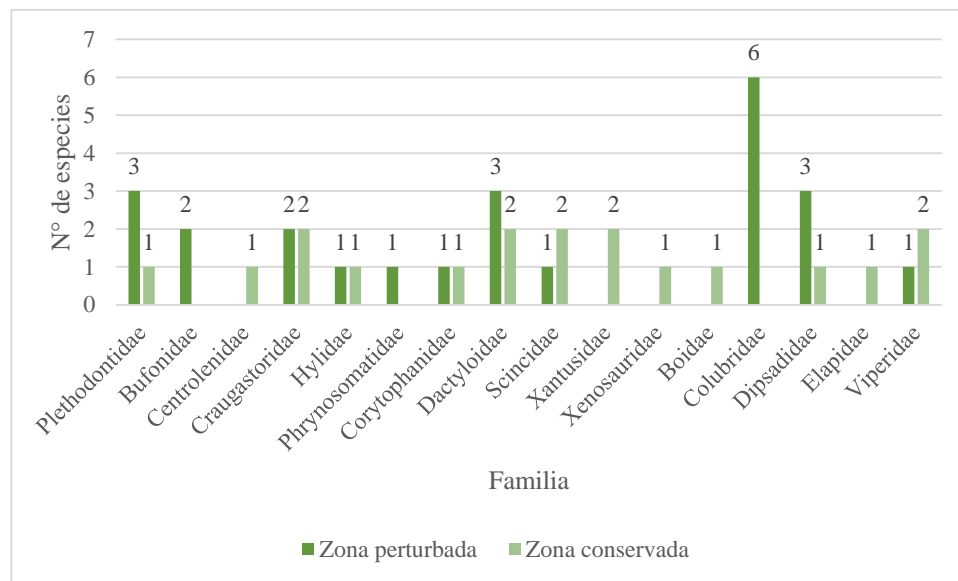


Figura 8. Riqueza de especies por familia respecto al grado de perturbación.

Abundancia

La especie más abundante fue *Sceloporus variabilis* con 40 organismos registrados, seguida de *Xenosaurus grandis* con siete organismos y *Craugastor loki*, *Lepidophyma zongolica*, *Anolis tropidonotus* y *Scincella cherriei* con seis, las especies menos abundantes fueron *Boa imperator*, *Bromeliohyala dendrocarta*, *Metlapilcoatlus nummifer* (Rûpel, 1845),

Mastigodryas melanolomus, *Anolis biporcatus*, *Rhadinaea cuneata*, *Rhinella horribilis* (Wiegmann, 1833), *Pituophis lineaticollis*, *Scincella silvicola*, *Corytophanes hernandezi* (Wiegmann, 1831), *Micrurus diastema* (Duméril, Bibron y Duméril, 1854), *Pseudoeurycea lineola*, *Sibon nebulatus*, *Tantillita lintoni*, *Drymobius margaritiferus* y *Bolitoglossa platydactyla*, con un solo organismo registrado y *Bothrops asper*, *Geophis semidoliatus*, *Coniophanes imperialis* y *Lepidophyma tuxtlae* con dos organismos cada una, las especies con más registros en la zona conservada fueron *Xenosaurus grandis* con un 19%, *Lepidophyma zongolica* con un 16% y *Hyalinobatrachium viridissimum* (Taylor, 1942) con un 11%, mientras que en la zona perturbada fueron *Sceloporus variabilis* con un 45% seguida de *Anolis tropidonotus*, *Scincella cherriei* y *Smilisca cyanosticta*, las tres con un 6% (Fig. 9).

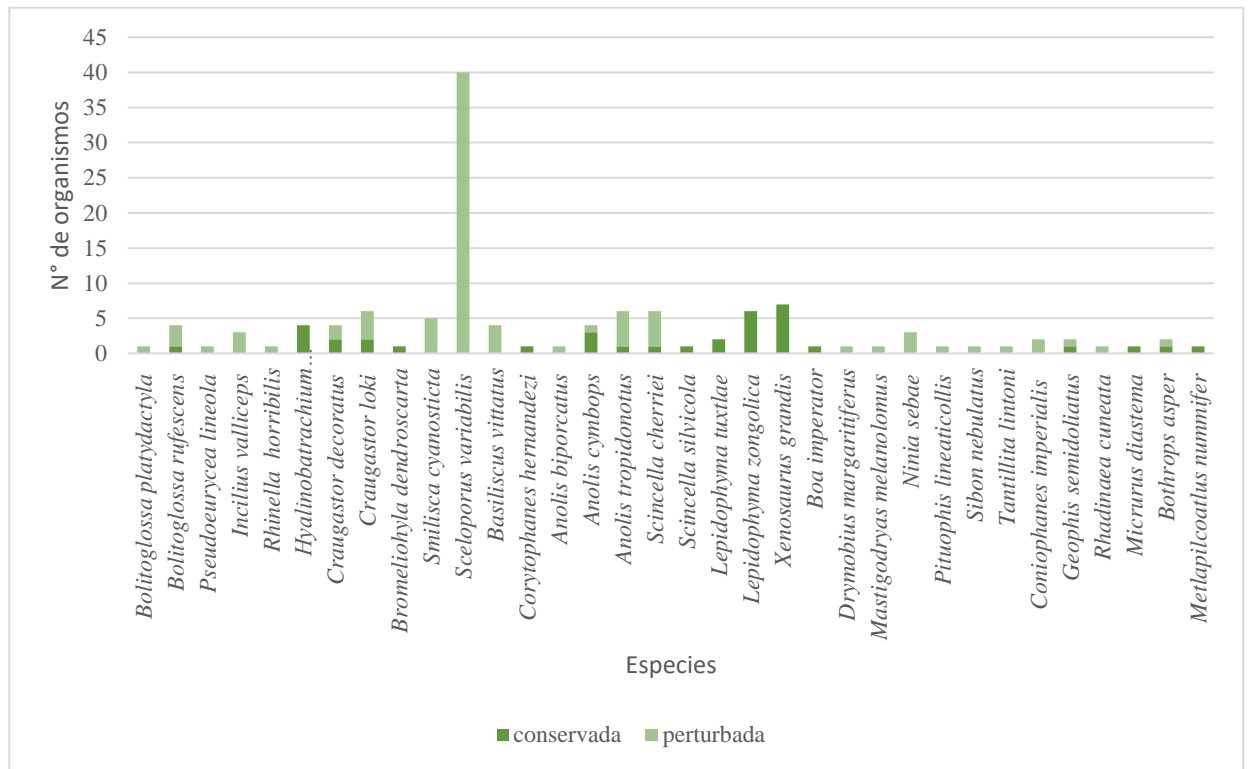


Figura 9. Abundancia de especies respecto al grado de perturbación y totales registradas en Aticpac, Zongolica, Veracruz.

Diversidad alfa

Índice de Shannon-Wiener

Se obtuvo un valor de $H' = 2.835$ para Aticpac con la ayuda del índice de Shannon-Wiener, lo que indica que Aticpac es un área con alta diversidad herpetofaunística debido a que el valor encontrado es muy cercano a 3 que es el valor máximo normal para este índice.

Índice de dominancia de Simpson

Se obtuvo una dominancia de $\lambda = 0.122700932$.

Sceloporus variabilis fue la especie más común con un valor de 0.100781053 lo cual nos indica que, de cada 100 organismos recolectados, 10 serán de esta especie.

Por el contrario las especies menos representadas en el muestreo fueron *Anolis biporcatus*, *Metlapilcoatlus nummifer*, *Boa imperator* (Daudin, 1803), *Bolitoglossa platydactyla*, *Bromeliohyala dendrocarta*, *Corytophanes hernandesii*, *Drymobius margaritiferus*, *Mastigodryas melanolomus*, *Micrurus diastema*, *Pituophis lineaticollis*, *Pseudoeurycea lineola*, *Rhadinaea cuneata*, *Rhinella horribilis*, *Scincella silvicola*, *Sibon nebulatus* y *Tantillita lintoni* con un valor de 0.000062.

Equidad de Pielou

Se obtuvo una equidad de $J = 0.80$ lo que indica que la comunidad de anfibios y reptiles tiene un valor de equitatividad alto, dado que su valor puede ir de cero a uno, de forma que uno corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran, 1988).

Discusión

Las 34 especies registradas en Aticpac equivalen al 11.44% del total de herpetozoos reportados para el estado, 10 de anfibios (10.41%) y 24 de reptiles (11.94%); sin embargo, según la ecuación de Clench que es el modelo mejor ajustado a la curva, estas 38 especies representan tan solo el 58% de completitud de la herpetofauna presente en Aticpac, por lo que se espera que la riqueza específica de Aticpac sea mayor. Al comparar los datos obtenidos en este trabajo con los obtenidos en estudios recientes en zonas aledañas se observa una mayor riqueza que la reportada por Pérez-Sato *et al.* (2018), quienes registran ocho especies de anfibios y 13 de reptiles, cabe mencionar que, en este último estudio los muestreos se realizaron del mes de agosto a diciembre lo que posiblemente explica la menor riqueza reportada debido a que solo se muestreó la mitad del año. De igual modo la riqueza hallada es menor a la mitad de la riqueza que reportan Cerón-De La Luz *et al.* (2016) en el valle de Cuautlapan municipio de Ixtaczoquitlán con 78 especies, cabe resaltar que dicho estudio es una compilación de registros a lo largo de más de dos décadas por lo que dicha zona cuenta con un mayor tiempo y esfuerzo en el muestreo, lo que explica probablemente la riqueza elevada del mismo, aun si se compara con las 58 especies que predice la ecuación de Clench para Aticpac, la riqueza herpetofaunística es mayor en el Valle de Cuautlapan. Otra característica a considerar del Valle de Cuautlapan es su ubicación en la zona donde convergen dos provincias biogeográficas la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra de Zongolica que se deriva de la Sierra Madre Oriental, lo que favorece que en la zona existan especies provenientes de ambas formaciones con diferentes edades geológicas, a diferencia de Aticpac, que sólo se encuentra dentro de la Sierra de Zongolica (Olguín-Falcón, 2008), lo que podría explicar la presencia de menos especies; es decir, solo las de afinidad de la provincia Sierra Madre Oriental.

El mismo patrón se presenta al comparar la riqueza con la reportada por Vázquez-Cruz y Canseco-Márquez (2020) en la colonia Agrícola Rincón de las Flores municipio de Tezonapa ya que estos autores mencionan 42 especies en su estudio. Las razones parecen ser similares, ya que dicho estudio contó con 19 salidas al campo, a diferencia de las ocho realizadas en Aticpac. Otra condición que puede interferir es que se muestreó una zona perturbada, otra con vegetación Selva Mediana Subperennifolia y un ecotono entre Selva Mediana Subperennifolia y Bosque Mesófilo de Montaña. Este último tipo de vegetación es

importante porque las zonas de ecotono cuentan con una composición faunística y florística mayor que la suma de cada uno de los componentes de las comunidades adyacentes, lo que implica un incremento en la riqueza y biodiversidad de dichas regiones (Escribano *et al.*, 1997).

El análisis de la estructura muestra que para Aticpac los anfibios representan el 30% de la herpetofauna y los reptiles el 70%, este patrón es similar al encontrado por Cerón-De La Luz *et al.* (2016) en el valle de Cuautlapan donde los anfibios representan el 36% de su herpetofauna mientras que los reptiles el 64%. Los resultados obtenidos por Vázquez-Cruz, y Canseco-Márquez (2020) en la colonia Agrícola Rincón de las Flores también muestran una similitud ya que los anfibios están representados por un 38% mientras que sus reptiles por un 62%, esta riqueza mayor de anfibios puede estar influenciada por el hecho que los muestreos de dicho estudio fueron realizados casi de manera exclusiva durante la temporada de lluvias lo que promueve la presencia de anfibios. También es posible observar una diferencia con los resultados de Reyna-Álvarez *et al.* (2010) con 17% de anfibios y un 83% de reptiles, estudio que cabe mencionar fue realizado en tipos de vegetación con un menor porcentaje de humedad que la Selva Alta Perennifolia presente en Aticpac, lo que puede explicar la menor riqueza de anfibios en dicho estudio; sin embargo, todos conservan la misma proporción de herpetofauna con una mayor diversidad de reptiles y un número más reducido de especies de anfibios.

Al igual que en otros estudios (Fernández-Badillo y Goyenechea-Mayer, 2010; Medina-Aguilar *et al.*, 2011; Cerón-De La Luz *et al.*, 2016; Vázquez-Cruz, y Canseco-Márquez 2020), se observa una riqueza elevada en el grupo de las serpientes con un 38% de las especies totales. Esta diversidad alta se ve favorecida por las adaptaciones ecológicas del grupo como requerimientos fisiológicos, gran capacidad de dispersión y una gran plasticidad para adaptarse a ambientes antropogénicos (Vásquez-Díaz y Quintero-Díaz, 2005; Urbina-Cardona *et al.*, 2008).

Sceloporus variabilis fue la especie con un mayor número de individuos registrados, es una especie con una distribución amplia que va desde el sur de Texas, la vertiente del Golfo de México y hasta Costa Rica (Sites *et al.* 1992 y Peña-Herrera, 2018). Además, es una especie adaptada a ambientes templados y tropicales, así como a altitudes desde el nivel

del mar hasta superiores a los 1800 msnm (García-Collazo *et al.*, 1993; Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista, 2016), lo que indica una gran capacidad adaptativa. Los 40 registros de la especie obtenidos durante el presente estudio, se registraron en el área perturbada, lo que repite el patrón donde la urbanización promueve una homogenización de la riqueza de especies, provocando que pocas especies con una gran abundancia dominen las áreas urbanas (Kuhn y Klotz, 2006); es decir, especies generalistas con amplios rangos de tolerancia persisten en remanentes pequeños y degradados de vegetación dentro de los núcleos urbanos (Jellineck *et al.*, 2004).

El mes con mayor riqueza de reptiles fue enero, probablemente provocado por el hecho que fue el mes con el mayor esfuerzo de muestreo; mientras que septiembre y diciembre fueron los meses con mayor riqueza de anfibios, contrario a lo mencionado por Cerón-de la Luz (2010) para el Valle de Cuautlapan donde reporta a julio con mayor riqueza de anfibios y abril y mayo con mayor riqueza de reptiles, cabe mencionar que la comparación no es totalmente equitativa debido a que para el trabajo de Cuautlapan solo se muestro del mes de marzo a agosto por lo que no es posible comparar los meses de enero, septiembre y diciembre del presente trabajo. También es posible observar una disimilitud a los resultados encontrados por Flores-Guzmán *et al.* (2016) en selvas perennifolias del estado de Hidalgo, ya que septiembre fue el mes con mayor riqueza de reptiles y marzo con mayor riqueza de anfibios.

Almaraz-Vidal y Navarro-Pérez (2016) mencionan que el Bosque Tropical Perennifolio estudiado en Rancho la Loma, Nanchital, Veracruz presentó una riqueza mayor con 51 especies; mientras que los palmares y los pastizales que son vegetación inducida, presentaron menor diversidad con 12 y ocho especies respectivamente. Esto es contrario a lo encontrado en Aticpac donde se registró mayor riqueza en las zonas perturbadas (donde se incluyeron las zonas de cultivo) con 24 especies y menor en la zona conservada (con tipo de vegetación Bosque Tropical Perennifolio) con 18 especies. Es probable que este patrón en Aticpac sea debido a que las zonas de cultivo que se consideraron dentro de la zona perturbada son principalmente cafetales de sombra por lo que conservan parte de la composición arbórea original como parte del sistema, de esta forma se evita el monocultivo y contribuye con varios servicios ambientales (Soto, 1999; Beer *et al.*, 2003; McDonald *et al.*, 2003; Rojas *et al.*, 2004; Soto *et al.*, 2006; 2007), lo que disminuye el impacto de los

cultivos sobre la biodiversidad. Por esta razón, a este tipo de cultivos se le considera un sistema agroforestal (Rice y Ward, 1996; Moguel y Toledo, 1999a, b), lo que permite conservar un porcentaje significativo de especies. Aunado a esto, la menor diversidad en la zona conservada puede estar influenciada por los terrenos escabrosos donde se encuentra este tipo de vegetación en Aticpac, lo que complica y limita mucho en espacio la tarea de recolecta. Este patrón de diversidad mayor en zonas perturbadas también lo describieron Aguilar-López y Canseco-Márquez (2006) para el municipio de las Choapas, Veracruz, una riqueza mayor en los potreros y en la vegetación introducida (donde incluyen cultivos) con 48 y 46 especies respectivamente; mientras que en el Bosque Tropical Perennifolio reportaron 26 especies con una menor diversidad.

Si se considera el porcentaje de especies endémicas encontradas en este trabajo 29% (10 especies), coincide con el 29% reportado por Vázquez-Cruz (2015) con 13 especies. Y es mayor al 27.77% (10 especies) reportado en dos localidades del municipio de Córdoba por Vázquez-Cisneros (2005) y al 15.15% (5 especies) reportados por Cerón-de la Luz (2010) lo que nos indica la importancia de los municipios menos urbanizados y con menor cambio de uso de suelo para la conservación de la biodiversidad, en especial de las especies endémicas.

Este trabajo de manera similar a otros trabajos en la región (Cerón- de la Luz, 2010; Vázquez-Cruz, 2015) registró dos especies con distribución restringida al estado de Veracruz, para el caso específico de Aticpac; *Pseudoeurycea lineola* y *Anolis cymbops*. Estos resultados indican la importancia de la zona de las Altas Montañas para la herpetofauna endémica del país. Se reportaron los primeros registros de *Scincella cherriei stuarti*, *Tantillita lintoni* y *Lepidophyma tuxtlae* para el municipio de Zongolica (Valdenegro–Brito *et al.*, 2016, García–Morales *et al.*, 2017a, b). Adicional a estas tres especies se hace referencia a *Lepidophyma zongolica*, especie que hasta el momento solo se tenía registrada para la localidad tipo en el estado de Puebla en los límites con Veracruz, la cual se estima cuenta con distribución restringida a una formación geológica pequeña conocida como Sierra de Zongolica (García-Vázquez *et al.*, 2010) situada en los límites entre Veracruz, Puebla y Oaxaca, con esta especie se aumenta el número de especies de reptiles reportados para el estado de Veracruz. Estos registros nuevos indican que aún faltan especies por registrar o describir en la zona, por lo que es importante continuar e incentivar los muestreos en zonas poco conocidas tanto en el estado de Veracruz como en el resto del país. Al tomar los

resultados arrojados en este estudio, falta registrar más del 40% de las especies de la zona, dentro de éstas, algunas potenciales son *Clelia scytalina* (COPE, 1867) y *Tantilla schistosa* (De la Torre-Loranca *et al.*, 2020), debido a que se han observado en zonas colindantes.

Conclusiones

- Se presenta el primer inventario herpetofaunístico en tipo de vegetación Selva Alta Perennifolia para la Sierra de Zongolica.
- La herpetofauna de la comunidad de Aticpac está constituida por 34 especies; 10 de anfibios y 24 de reptiles, de las cuales 10 son endémicas al país y dos de éstas al estado de Veracruz.
- Más del 35% de las especies de herpetozoos de Aticpac se encuentran en alguna categoría de conservación.
- En Aticpac la zona perturbada presenta una mayor riqueza de especies que la zona conservada.
- Con el registro de *Lepidophyma zongolica* se aumenta a 201 el número de especies de reptiles reportados por Flores-Villela y García -Vázquez (2014) para el estado de Veracruz.
- Se amplía la distribución de tres especies para la Sierra de Zongolica, con el límite noroeste en Aticpac para las lagartijas *Lepidophyma tuxtlae* y *Scincella cherriei stuarti* y el límite poniente para la culebra *Tantillita lintoni*.
- Las serpientes son el grupo más diverso en Aticpac (38% de las especies totales).

Referencias

- Aguilar-López, J. L. (2007). *Diversidad de la herpetofauna en la zona norte del municipio de las Choapas, Veracruz* (Tesis de licenciatura). Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Aguilar-López J. L. y Canseco-Márquez, L. (2006). Herpetofauna del municipio de las Choapas, Veracruz, México. *BOL. SOC. HERPETOL. MEX. VOL. 14* (2), 20-37.
- Aguirre-León, G. y Cázares-Hernández, E. (2009). Técnicas de campo para el inventario y monitoreo de anfibios y reptiles. *Breviario para describir, observar y manejar humedales*, (1), 269–300
- Almaraz-Vidal, D. y Navarro-Pérez, L. C. (2016). Riqueza específica y abundancia de la herpetofauna del rancho la Loma, Nanchital, Veracruz. *Ecología y conservación de anfibios y reptiles de México, publicaciones especiales de la sociedad herpetológica mexicana* (4), 243-263.
- Almeida-Gomes, M. y Rocha, C. F. D. (2014). Habitat loss reduces the diversity of frog reproductive modes in an Atlantic forest fragmented landscape. *Biotropical* 47: 113-118.
- Altamirano, A. T. A. (2006). *Uso de los recursos alimentarios por tres especies de lagartijas simpátricas que habitan en un área de dunas playeras en Alvarado, Veracruz* (Tesis de maestría) Atlantic International University of México. México.
- Ávalos, H. O. (2007). Manual de prácticas de Biogeografía: Estimación de la Riqueza de especies II: Modelos predictivos y comparación de riqueza de especies. Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F. 34-38.
- Beer, J., Ibrahim, M., Somarriba, E., Barrance, A. Y Leakey, R. (2003). Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. En J. Cordero y D. H. Boshier. (Ed.), *Árboles de Centroamérica* (pp. 197-242). Turrialba, Costa Rica. OFI/ CATIE.
- Blaustein, A. R. y Wake, D. B. (1990). Declining amphibian populations: A global phenomenon. *Trends in Ecology and Evolution*, (5), 203–204.

- Brower, J. y Zar, J. (1984). *Field and Laboratory methods for general ecology*. 3rd Ed. Dubuque, Iowa: Brown Publishers.
- Canseco-Márquez, L., Pavón-Vázquez, C.J., López-Luna, M. A. y Nieto-Montes de Oca, A. (2016). A new Species of earth snake (Dipsadidae, *Geophis*) from Mexico. *ZooKeys*, (610), 131–145.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Kinzig, A. P., Daily, G. C., Loreau, M., Grace, J. B., Larigauderie, A., Srivastava, D. S. y Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, (486), 59–67.
- Casas-Andrew, G. y McCoy, C. J. (1987). *Anfibios y reptiles de México: claves ilustradas para su identificación*. México: Editorial Limusa.
- Casas-Andreu, G., Valenzuela-López, G. y Ramírez- Bautista, A. (1991). Cómo hacer una colección de anfibios y Reptiles. *Cuadernos del Instituto de Biología* (10), 1-68.
- Castillo-Campos, G., Avendaño-Reyes, S. y Medina-Abreo, M. E. (2011). Flora y Vegetación. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. 163-179.
- Castillo-Juárez, J. L., Contreras-Calvario, A. I., Taval-Velazquez, L. P., y Sánchez-Eugenio, M. (2020). Nuevos registros en la distribución geográfica de *Ophryacus smaragdinus* (grünwald, jones, franz-chávez y ahumada-carrillo, 2015) (viperidae) en la región de las altas montañas, veracruz, méxico. *Revista latinoamericana de herpetología*, 3(1), 121-123.
- Catenazzi, A. (2015). State of the world's amphibians. *Annu Rev Environ Resour*, 40, 91–119.
- Cerón-de la Luz, N. M. (2010). *Anfibios y reptiles del valle de Cautlapan municipio de Ixtaczoquitlán, Veracruz* (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Cerón-de la Luz, N. M., Lemos-Espinal J. A. y Smith G. R. (2016). A diversity and conservation inventory of the Herpetofauna of the Cautlapan Valley, Veracruz, Mexico. *Zootaxa*, 4205 (2), 127-142.

- Challenger, A. y Dirzo, R. (2009). Factores de cambio y estado de la biodiversidad. *Capital Natural de México*, 2, 37-73.
- Challenger, A. y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. *Capital natural de México*, 1, 87-108.
- Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell R. K. y Tsung-Jen, S. (2005). A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, (8), 148–159.
- Clack, J. A. (2006). Evolución de los tetrápodos. *Revista investigación y ciencia*, (353), 38-45.
- Colwell, R. K. (2000). EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples (Software and User's Guide), Versión 6.0. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Colwell, R. K. (2004). EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from samples (Software and User's Guide). Versión 7. <http://viceroy.eeb.uconn.edu>.
- Colwell, R. K. y Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial Biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transaction of the Royal Society B*, 345, 101-118.
- CONABIO. (2006). *Capital natural y bienestar social*. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/2ep/images/3/37/capital_natural_2EP.pdf
- Cruz-Elizalde, R., y Ramírez-Bautista, A. (2016). Reproductive cycles and reproductive strategies among populations of the Rose-bellied Lizard *Sceloporus variabilis* (SQUAMATA: PHRYNOSOMATIDAE) from central Mexico. *Ecology and Evolution*, 6(6), 1753-1768.
- De la Torre-Loranca, M. A., Grünwald, C. I., Valdenegro-Brito, A. E., Cervantes-Burgos, R. I. y García-Vazquez U. O. (2019). Nuevos registros de distribución para el vipérido raro *Cerrophidion petlalcalensis* (SQUAMATA: VIPERIDAE) de Veracruz y Oaxaca, México, con comentarios sobre su distribución e historia natural. *Revista latinoamericana de herpetología*, 02 (02), 71-77.

- De la Torre-Loranca, M. A., Martínez-Fuentes, R. G., Canseco-Márquez, L. and García-Vázquez, U. O. (2020). New Records of Amphibians and Reptiles from Sierra de Zongolica. Veracruz and Puebla, Mexico. *Herpetological Review*, 51 (3), 550-553.
- Dirzo, R. y Raven, P. H. (1994). Un inventario biológico para México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (55), 29-34.
- Duellman, W. E. y Trueb, L. (1994). *Biology of amphibians*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Escalante-Espinosa, T. (2003). ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: ciencia y cultura*, (52), 53-56.
- Escribano R., Encinas A. y Martín. M.A. (1997). Ecotonos: importancia de la transición entre las agrupaciones arbóreas y el matorral en la gestión forestal. Estudio de casos. Madrid. Recuperado de www.secforestales.org/buscador/pdf/2CFE02-049.pdf
- Estrada-Rodríguez, J. L., Gasden, H., Leyva-Pacheco, S. V. y Morones-Long, T. U. (2006). Herpetofauna del Cañón de Las Piedras Encimadas en la Sierra El Sarnoso, Durango, México. *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad* (3), 1-23
- Faeth, S. H., Warren, P. S., Shochat, E., y Marussich, W. A. (2005). Trophic dynamics in Urban Communities. *BioScience*, 55(5), 399-407.
- FAO. (2013). *La fauna silvestre en un clima cambiante*. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fernández-Badillo, L. y Goyenechea-Mayer, I. (2010). Anfibios y reptiles del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(3), 705-712.
- Flores-Guzmán, A., Goyenechea, I., Manríquez-Morán, N. y Castillo-Cerón, J. M. (2016). Riqueza, abundancia y temporalidad de herpetozoos de un bosque tropical perennifolio del estado de Hidalgo. *Ecología y conservación de anfibios y reptiles de México, publicaciones especiales de la sociedad herpetológica mexicana* (4), 265-282.

- Flores-Villela, O. A., Mendoza-Quijano, F. y Gonzales-Porter, G. (1995). Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. Publicaciones especiales del Museo de Zoología, (10), 1-285.
- Flores-Villela, O. A. y García-Vázquez, U. O. (2014). Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 467-475. Doi: 10.7550/rmb.43236
- Flores-Villela, O. y Rubio-Pérez, I. V. (2008). Ficha técnica de *Anolis cymbops*. En: Flores-Villela, O. (compilador). Evaluación del riesgo de extinción de setenta y tres especies de lagartijas (Sauria) incluidas en la Norma Oficial Mexicana-059-SEMARNAT-2001. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera". Bases de datos SNIBCONABIO. Proyecto No. CK008. México. D.F.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin F.S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N. y Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science* (309),570–574.
- García-Collazo, R. (1996). *Espermatogénesis en dos poblaciones (semidesértica y subtropical) de Sceloporus variabilis variabilis* (Tesis de maestría), Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- García-Morales, D., Cervantes-Burgos, R. I., y García-Vázquez, U. O. (2017a). Geographic Distribution: *Tantillita lintoni* (Linton's Dwarf Short-tailed Snake). *Herpetological Review*, 48(3), 591.
- García-Morales, D., Cervantes-Burgos, R. I., Sánchez-García, J. C., y García-Vázquez, U. O. (2017b). Distribution notes: Family Xantusiidae: *Lepidophyma tuxtlae* Werler and Shannon, 1957. MEXICO: VERACRUZ: Municipio de Zongolica. *Mesoamerican Herpetology*, 4(2) 460.
- García-Vázquez, U. O., Canseco-Márquez, L., y Aguilar-López J. L. (2010). A new species of night lizard of the genus *Lepidophyma* (Squamata: Xantusiidae) from southern Puebla, México. *Zootaxa*, 2657, 47-54.

- Gibbons, J. W., Scott, D. E., Ryan, T. J., Buhlmann, K. A., Tuberville, T. D., Metts, B. S., Greene, J. L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S. y Winner, C. T. (2000). The global decline of reptiles, déjà vu amphibians. *BioScience* 50 (8), 653–661.
- Gill, F. y Donsker, D. (2013). *IOC World Bird Names (versión 3.4)*. Recuperado de <http://www.worldbirdnames.org/>
- Gómez M. J. (2007). *Contribución al conocimiento de la herpetofauna del municipio de Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo* (Tesis de licenciatura). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Guzmán-Guzmán, S. (2011). *Anfibios y reptiles de Veracruz, Guía ilustrada*. Veracruz, México: COVECYT.
- Halliday, T. y Adler, K. (2007). *La gran enciclopedia de los anfibios y reptiles*. Madrid: Libsa.
- Hernández-Baz, F. y Rodríguez-Vargas, D. U. (2014). *Libro Rojo de la Fauna del Estado de Veracruz*. Xalapa, Veracruz, México. Gobierno del Estado de Veracruz, Procuraduría Estatal de Protección al Medio Ambiente, Universidad Veracruzana.
- INEGI. (2003). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de vegetación primaria 1: 1 000 000*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. (2005a). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1: 250 000*. Serie 3. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. (2005b). *Marco Geoestadístico Municipal. Versión 3.1*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Zongolica, Veracruz de Ignacio de la Llave. Clave geoestadística 30201*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/>
- INEGI. (2015). *Carta uso del suelo y vegetación Orizaba E 14- 6. México*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/>

- Jellinek, S. Driscoll, D. A. y Kirkpatrick, J. B. (2004). Environmental and vegetation variables have a greater influence than habitat fragmentation in structuring lizard communities in remnant urban bushland. *Austral Ecology*, 29, 294-304.
- Jiménez-Sierra, C. L., Sosa-Ramírez, J., Cortés-Calva, P., Solís-Cámara, A. B., Íñiguez-Dávalos, L. I., Ortega-Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 22(60), 16-22.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151-161.
- Kelly-Hernández, A., Vázquez-Cruz, V., Cerón-De la Luz, N. M., León-López, E., García-Vázquez, U. O., y Canseco-Márquez, L. (2018). Historia natural y nuevos registros de distribución de *Anolis schiedii* (Squamata: Dactyloidae) una lagartija endémica de veracruz. *Revista latinoamericana de herpetología*, 1(1), 44-46.
- Kuhn, I. y Klotz, S. (2006). Urbanization and homogenization-comparing the floras of urban and rural áreas in Germany. *Biological conservation*, 127, 292-300
- Lever, C. (2001). The cane toad. The history and ecology of a successful colonist: *Westbury Academic and Scientific Publishing*, 230.
- Lever, C. (2003). Naturalized reptiles and anfibiens of the world. *Oxford University Press*, 318.
- Macip-Ríos, R. y Casa-Andréu, G. (2008). Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana*, 24(2) 143-159.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. New Jersey: Princeton Univesity Press.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford, United Kingdom: Blackwell Publishing.

- Manson, R. H. (2005). Biodiversidad y los agroecosistemas del estado de Veracruz. *Primera reunión de trabajo hacia la estrategia estatal sobre biodiversidad de Veracruz*. COEPA, CONABIO, Instituto de Ecología A. C. México.
- McDonald, M. A., Hofny-Collins, A., Healey J. R. y Goodland, T. C. R. (2003). Evaluation of trees indigenous to the montane forest of the Blue Mountains, Jamaica for reforestation and agroforestry. *Forest Ecology and Management* 175(1-3),379-401.
- Medina-Aguilar, O., Alvarado-Díaz, J., y Suazo-Ortuño, I. (2011). Herpetofauna de Tecámbaro, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(4), 1194-1202.
- Mittermeier, R., Goettsch, C. y Robles-Gil, P. (1997). *Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos Del mundo*. México: Cemex.
- Moguel, P. y Toledo, V. M. (1999a). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(1),11-21.
- Moguel, P. and Toledo, V. M. (1999b). Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico: a review. *Conservation Biology* 13(1), 1-11.
- Morales-Mavil, J. E., Guzmán-Guzmán, S., Canseco-Márquez, L., Pérez-Higareda, G., González-Romero, A. y Vogt, R. C. (2011). Reptiles: Diversidad y conservación. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. 531-544.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA*. Zaragoza, España: Gorfi, S.A.
- Murrieta-Galindo, R. (2007). *Diversidad de anfibios en cafetales en la zona centro del estado de Veracruz, México* (Tesis de maestría). Instituto de Ecología, Veracruz, México.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A. y Ferrier, S. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science* (353):288–291.
- Olguín-Falcón, S. (2008). *Producción helecho cuero Rumohra adiantiformis follaje de corte fino como una alternativa para el desarrollo rural, en Cuautlapan Mpio.*

- Ixtaczoquitlan, Veracruz* (Tesis de ingeniería). Universidad Autónoma Agraria. Veracruz, México.
- Oropeza, O. O. (2004). Evaluación de la vulnerabilidad a la desertificación, Cambio climático. *Una visión desde México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, 303-313.
- Parmesan, C. y Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, (421), 37–42.
- Parra-Olea, G., Flores-Villela, O., y Mendoza-Almeralla, C. (2014). Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 460-466. Doi: 10.7550/rmb.32027
- Peet, R. K. (1974). The measurement of Species Diversity. *Annual review of ecology and Systematics*, 5, 285-307.
- Peña-Herrera, E. (2018). *Estrategia reproductora y estimación de edad en machos de Sceloporus variabilis* (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias, Posgrado en Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca Estado de México.
- Peralta-Hernández, R. (2019). *Hyalinobatrachium fleischmanni* (ANURA: CENTROLENIDAE). nota de distribución. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 02 (02), 102.
- Peralta-Hernández, R. y Perea-Pérez, A. (2019). Nuevos registros de distribución y uso de microhábitat de *Ptychohyla zophodes* (HYLIDAE), para el estado de Veracruz. *Revista Latinoamericana De Herpetología*, 02 (02), 88-90.
- Pérez, R. y Salcido, G. (1995). *Una contribución para la comprensión de los usos, valores y tipos de importancia que representan los vertebrados terrestres de México*. México: CONABIO.
- Pérez-Sato, J. A., Cerón-de la Luz, N. M., Serna-Lagunes, R., Rivera-Hernández, J. E., Mora-Collado, N. y Salazar-Ortiz, J. (2018). Herpetofauna de tres localidades del municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. *Agroproductividad*, 11 (6), 38-44.

- Pough, F. H., Andrews, R., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitzki, A. H. y Wells, K. D. (2004). *Herpetology, Third Ed.* New Jersey: Prentice Hall.
- Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitzky, A. H. y Wells, K. D. (2001). *Herpetology, Second Edition.* United States of America: Prentice Hall.
- Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. Fa, J. (1998). *Diversidad Biológica de México: Orígenes y distribución.* México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Reques, R. R. (2000). *Los anfibios. Recursos Naturales de Córdoba.* España: Fotomecánica Casares.
- Reyna-Alvarez, J. Suzo-Ortuño, I. y Alvarado-Díaz, J. (2010). Herpetofauna del municipio de Huetamo, Michoacán, México. *Biológicas revista de la DES ciencias biológico agropecuarias*, 12(1), 40 – 45.
- Rice, R. A. Y Ward, J. R. (1996). *Coffee, conservation, and commerce in the Western Hemisphere.* Washington, DC., USA. Smithsonian Migratory Bird Center / Natural Resources Defense Council.
- Rodríguez-López, M. T. 2010. Flores para la tierra: “paisaje y cultura en la Sierra de Zongolica”. *Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz*, 67-88.
- Rojas, F., Canessa, R. y Ramírez, J. (2004). *Incorporación de árboles y arbustos en los cafetales del valle central de Costa Rica.* Cartago, Costa Rica. ICA-FE/ITCR.
- Sánchez-Cordero, V., Botello, F., Flores-Martínez, J. J., Gómez-Rodríguez, R. A., Guevara, L., Gutiérrez-Granados, G. y Rodríguez-Moreno, A. (2014). Biodiversidad de Chordata (Mammalia) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 496-504. Doi: 10.7550/rmb.31688
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halfpeter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S., de la Mmaz, J. (2009). *Capital Natural de México: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de Sustentabilidad.* México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

- Schneider-Maunoury, L., Lefebvre, V., Ewers, R. M., Medina-Rangel, G. F., Peres, C. A., Somarriba, E., Urbina-Cardona, J. N. y Pfeifer, M. (2016). Abundance signals of amphibians and reptiles indicate strong edge effects in Neotropical fragmented forest landscapes. *Biological Conservation* (200), 207-215.
- Scott, N. J. y Starrett, A. (1974). An unusual breeding aggregation of frogs, with notes on the ecology of *Agalychnis spurrelli* (Anura: Hylidae). *Bulletin of Southern California Academy of Sciences* (73), 86-94.
- Servín-Torres, J. L. (2004). *Costo ecológico del crecimiento urbano de la Ciudad de Córdoba, Veracruz*. (Tesis de maestría en gestión y promoción Urbana para un desarrollo sostenible). Unidad de Posgrado de la facultad de arquitectura. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz.
- Sites, J. W. Jr., Archie, J. W., Cole, C. J. y Flores-Villela, O. (1992). A review of phylogenetic hypotheses for lizards of the genus *Sceloporus* (Phrynosomatidae): implications for ecological and evolutionary studies. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 213, 1-110.
- Soberón, J. y Llorente, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.*, 7, 480-488.
- Soto, E. M. y García, E. (1989). *Atlas climático del Estado de Veracruz*. Xalapa, Veracruz: Instituto de Ecología, A. C.
- Soto, P. L. (1999). Manejo de especies arbóreas para sistemas agroforestales en la región maya tzotzil-tzeltal del norte de Chiapas. Conabio. México, D. F., México.
- Soto P. L., de Jong B. H. J., Esquivel B. E. y Quechulpa, S. (2006). Potencial ecológico y económico de almacenamiento de carbono en cafetales. En P. H. Jürgen A., L. P. Soto y J. Barrera. (Ed.), *El cafetal del futuro. Realidad y visiones* (pp. 373-380). Aachen, Germany. Shaker Verlag.
- Soto P. L., Villalvazo L. V., Jiménez F. G., Ramírez M. N., Montoya G. y Sinclair, F. L. (2007). The role of local knowledge in determining shade composition of multistrata coffee systems in Chiapas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16(2),419-436.
- StatSoft, Inc. (1998). STATISTICA for Windows, <http://www.statsoft.com>.

- Urbina-Cardona, J. N., Olivares-Pérez, M. y Reynoso, V. H. (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture-edge.interior ecotone in tropical rainforest frogments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, México. *Biological Conservation* (132), 61-75
- Urbina-Cardona, J. N., Londoño-Murcia, M.C. y García-Ávila, D. G. (2008). Dinámica espacio-temporal en la diversidad de serpientes en cuatro hábitats con diferente grado de alteración antropogénica en el Parque Nacional Natural Isla Gorgona, Pacifico Colombiano. *Caldasia*, 30(2), 479-493.
- Valdenegro-Brito, A. E., García-Morales, D., Sánchez-García, J. C. y García-Vázquez, U. O. (2016). Geographic Distribution: *Scincella cherriei* (Brown Forest Skink). *Herpetological Review*, 47(3), 424-425.
- Vázquez-Cisneros, N. R. (2006). *Comparación herpetofaunística de dos áreas de perturbación del municipio de Córdoba, Ver.* (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Zona: Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana. Córdoba, Ver.
- Vázquez-Cruz, V. (2015). *Anfibios y reptiles de la colonia Agrícola Rincón de las Flores, Tezonapa, Veracruz* (Tesis de licenciatura). Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Vázquez-Cruz, V. y Canseco-Márquez, L. (2020). Anfibios y reptiles de la colonia Agrícola Rincón de las Flores, Tezonapa, Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología*, 3 (1), 66-80.
- Vázquez-Díaz, J. y Quintero-Díaz, G. E. (2005). *Anfibios y Reptiles de Aguascalientes*. Aguascalientes, México: CONABIO.
- Vázquez-Torres, M. (2011). El Bosque Tropical Perennifolio. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. 195-206.
- Villegas-García, R., Vázquez-Vega, L. F., Caviedes-Solís, I. W., Solano-Zavaleta, I. y Flores-Villela, O. (2015). Estudio herpetofaunístico de la Sierra Mazateca, Oaxaca, México. *Informe final SNIB-CONABIO*, proyecto No. JF058. México D. F.

- Vitt, L. L. y Caldwell, J. P. (2009). *Herpetology an introductory biology of amphibians and reptiles*. Burlington, Massachusetts: Academic Press.
- Wilson, L. D. y Johnson, J. D. (2010). Distributional patterns of the herpetofauna of Mesoamerica, a biodiversity hotspot. *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*, 30, 30–235.
- Young, B. E., Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A. y Boucher, T. M. (2004). *Joyas que están desapareciendo: el estado de los anfibios en el Nuevo Mundo*. Arlington, Virginia: Nature- Serve.