



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERIA**

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**DIVERSIDAD HERPETOFAUNÍSTICA EN EL TRANSECTO
DIEGO MATEO-PEÑA LAS AGUJITAS, ÁREA DE INFLUENCIA
DEL PARQUE NACIONAL EL CHICO, HIDALGO, MÉXICO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

Presenta

VERÓNICA MARTÍNEZ SÁNCHEZ

DIRECTOR:

M. EN C. JESÚS MARTÍN CASTILLO CERÓN

CODIRECTOR:

DR. RACIEL CRUZ ELIZALDE

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences

Mineral de la Reforma, Hgo., a 9 de abril de 2025

Número de control: ICBI-D/591/2025

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, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio le comunico que el Jurado asignado a la Egresada de la Licenciatura en Biología **Verónica Martínez Sánchez**, quien presenta el trabajo de titulación **"Diversidad Herpetofaunística en el transecto Diego Mateo-Peña Las Agujitas, área de Influencia del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, 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: Dra. Irene Goyenechea Mayer Goyenechea

Secretario: Dr. Raciél Cruz Elizalde

Vocal: M. en C. Jesús Martín Castillo Cerón

Suplente: Dr. Christian Berriozabal Islas

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

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez
Director del ICBI



GVR/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. 40001
direccion_icbi@uaeh.edu.mx, vergara@uaeh.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



uaeh.edu.mx

DEDICATORIA

A mi mamá, Verónica Sánchez Islas, quien hizo posible mi deseo de realizar este trabajo de campo y salir a muestrear bichos. Gracias por apoyarme siempre, por enseñarme un camino de independencia y fortaleza. Te amo.

A mi novio, Norberto Sánchez, quien es una parte esencial de este trabajo. Gracias por tu apoyo incondicional, por todo el ánimo que me diste para no rendirme y llegar hasta el final. Te amo.

A mis *Canis familiaris* (Luca, Canela, Luna, Nova y Paquita), gracias por tanta felicidad, compañía y diversión.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Raciél Cruz Elizalde, por el apoyo y los valiosos consejos brindados durante la redacción de este proyecto.

Al M. en C. Jesús Castillo Cerón, por el apoyo brindado y su guía constante, por apoyarme en la elección de mi tema y por el entusiasmo que siempre logra transmitir.

Al Dr. Christian Said Berriozabal Islas y al M. en C. Cristian Olvera, por compartir sus conocimientos y enseñanzas en técnicas de muestreo de herpetofauna.

A los dueños del Valle Diego Mateo, por su confianza y por compartir información clave para enriquecer el conocimiento del sitio.

A la Dra. Irene Goyenechea Mayer Goyenechea y al Dr. Christian Said Berriozabal Islas, por sus aportaciones significativas que contribuyeron a mejorar este escrito.

A la Biól. Denisse Hernández Sánchez y al Arq. Norberto Sánchez, por su apoyo incondicional durante los muestreos y las caminatas en campo.

Y finalmente, a todas aquellas personas que, de manera indirecta, me apoyaron con sus consejos, ánimo, amistad y compañía. Gracias.

.

.

.

.

.

.

Índice

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. ANTECEDENTES	5
III. JUSTIFICACIÓN	9
IV. OBJETIVOS	10
Objetivo general	10
Objetivos particulares.....	10
V. AREA DE ESTUDIO	11
5.1. Localización	11
5.2. Clima	12
5.3. Fisiografía y Geología	13
5.4. Hidrología	13
5.5. Tipo de vegetación.....	14
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
6.1. Listado de especies	14
6.2 Estado de conservación y endemismo	15
6.3 Completitud del inventario.....	15
6.4 Tipo de microhábitat.....	16
6.5 Comparación del muestreo realizado en el 2008 en el PNCH y su zona de influencia con el presente trabajo realizado en 2018-2019 en un transecto de la zona de influencia del PNCH.	16
6.5.1 Índice de Shannon y diversidad verdadera	16
VII. RESULTADOS	17
7.1. Listado de especies	17
7.2 Estado de conservación y endemismo	21
7.3. Completitud del inventario	22
7.4. Uso del microhábitat	22
7.5 Comparación del muestreo realizado en el 2008 en el PNCH y su zona de influencia con el del 2018-2019 en un transecto de la zona de influencia del PNCH.....	23
7.5.1 Índice de Shannon y diversidad verdadera	25
VIII.DISCUSIÓN.....	26

8.1 Listado de especies	26
8.2 Endemismo y medidas de conservación	27
8.3 Completitud del inventario.....	29
8.4 Uso de Microhábitat.....	29
8.4 Comparación del muestreo realizado en el 2008 en el PNCH y su zona de influencia con el del 2018-2019 en un transecto de la zona de influencia del PNCH.....	30
IX. CONCLUSION	31
REFERENCIAS.....	33

RESUMEN

El Parque Nacional el Chico (PNCH), ubicado en el estado de Hidalgo, México es una de las Áreas Naturales Protegidas más antiguas de México y América Latina, y alberga una alta diversidad biológica, que incluyen un número significativo de vertebrados como son los anfibios y reptiles. Los bordes de las Áreas Naturales Protegidas, también llamadas “zonas de influencia” han demostrado ser vulnerables a actividades humanas, afectando la distribución y abundancia de las especies, por esta razón, el presente estudio tuvo como objetivo, determinar la diversidad de la herpetofauna presente en un transecto perimetral del PNCH. Para ello, se realizaron 19 muestreos diurnos entre agosto del 2018 y mayo del 2019, se identificó un total de 13 especies (4 anfibios y 9 reptiles), con un total de 316 ejemplares, 11 de las 13 especies registradas son endémicas para México y 6 se encuentran en alguna categoría de riesgo, según la NOM-059-SEMARNAT-2010. Al término del muestreo los estimadores de diversidad Chao 1 y ACE predijeron un 100% y 96.15% respectivamente, suponiendo que podrían faltar en el área muestreada, aproximadamente de 2 a 3 especies por registrar. El tipo de microhábitat más utilizado por las especies fue, bajo roca (110 registros) que se relaciona con la especie más abundante de este trabajo, *Plestiodon lynxe*, seguido de, entre vegetación (91 registros), mientras que el menos frecuente fue, entre rocas (5 registros). Al realizar la comparación con estudios previos se identificaron variaciones en la abundancia y presencia de especies, lo que sugiere una menor equitatividad en la comunidad herpetofaunística de la zona de influencia, este resultado podría estar relacionado con factores climáticos y por la influencia de actividades humanas en la zona. Los resultados de este estudio subrayan la importancia de considerar las zonas de influencia de las ANP en los esfuerzos de conservación, ya que estas áreas funcionan como corredores ecológicos y pueden albergar una porción significativa de la biodiversidad regional, se recomienda implementar estrategias de manejo y restauración en estas zonas periféricas para garantizar la conservación a largo plazo, de las especies y sus hábitats.

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de crear áreas destinadas para la preservación de la biodiversidad de los ecosistemas naturales está vinculada al hecho de que estos representan un capital natural de gran valor ecológico, económico y social (Cantú-Martínez 2018). La importancia biológica con la que cuenta México al ser un país megadiverso demanda una atención especial en el contexto global de conservación, por esta razón se han establecido áreas naturales protegidas (ANP) que abarcan ecosistemas terrestres y marinos (CONABIO 2016), donde, las áreas están reguladas y protegidas legalmente, limitando las actividades humanas para preservar sus características ecológicas, la biodiversidad y sus procesos naturales.

El decreto de las ANPs establece un precedente para las medidas de conservación *in situ* de diversos grupos biológicos. Por ejemplo, cada categoría de protección de acuerdo con el ANP decretada, involucra la atención a 1) especies endémicas, 2) conjunto de paisajes con valor escénico, 3) centros de importancia biótica por el número de especies que presentan, y 4) sitios de alta riqueza de recursos naturales (CONANP, 2020; LGEEPA, 2000). Este tipo de decretos, conforme al valor biótico y de recursos, aseguran que, sin importar la modalidad que adopten, las áreas naturales protegidas constituyen el instrumento más importante en la política de la conservación y manejo de los recursos nacionales territoriales (Caballero-Cruz et al., 2016; Vázquez-Márquez et al. 2020).

Hasta el año 2024 se registraban 232 Áreas Naturales Protegidas de carácter federal para México, lo que corresponde a 23,096,563.19 hectáreas, representando el 11.76% de la superficie terrestre nacional. En lo que respecta a superficie marina se protegen 74,904,155.39 hectáreas, lo que corresponde al 23.78% de la superficie marina del territorio nacional (CONANP, 2023).

El estado de Hidalgo cuenta con una gran variedad de climas y tipos de vegetación, resultado de su compleja topografía, geología y procesos bióticos a escala espacial y temporal. El estado resalta por su importancia herpetofaunística, ya que a pesar de ser el séptimo estado más pequeño del país cuenta con una riqueza alta de saurópsidos no avianos, con 130 especies (84 de serpientes, 42 de lagartijas, tres de tortugas y una de cocodrilos), y respecto a los anfibios el estado cuenta con 54 especies (14 salamandras y 40 anuros) (Manríquez-Morán et al. 2017; Lemos-Espinal et al. 2015; Ramírez-Bautista et al. 2023). El estado de Hidalgo dispone de diversas áreas naturales protegidas a nivel federal, de las que destaca el Parque Nacional El Chico, que, a pesar de ser un área relativamente pequeña, cuenta con gran importancia ecológica debido a su riqueza biológica, su ecosistema forestal, la zona de captación pluvial, recarga de mantos acuíferos. Así mismo, es una de las ANPs que forman parte de la Faja Volcánica Transmexicana, una provincia biogeográfica con uno de los centros de riqueza y endemismo de especies. El PNCH como área protegida tiene sus orígenes en 1898 cuando se consideró su protección y preservación al nombrarlo una reserva forestal, constituyendo así la primer área natural protegida de México y América Latina; pero no fue hasta 1982 cuando se decretó como Parque Nacional El Chico (Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional El Chico, CONANP, 2005).

El PNCH ubicado en la sierra occidental de la Sierra de Pachuca, presenta variaciones altitudinales, que va desde los 2,320 msnm en la porción norte hasta los 3,090 msnm en la porción sur (CONANP, 2005), así como una notable diversidad de hábitats propicios para la vida silvestre. En la actualidad se distribuyen aproximadamente 97 especies de fauna entre mamíferos, aves, reptiles y anfibios, de las cuales 16 se encuentran en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2023). Estas especies en riesgo se concentran

principalmente en los grupos de anfibios y reptiles con siete especies en cada grupo, por citar algunos ejemplos, *Dryophytes plicatus*, *Ambystoma velasci*, *AquiloEURYCEA cephalica*, *Phrynosoma orbiculare*, *Thamnophis scalaris*, entre otros (Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional El Chico, CONANP, 2005).

En las últimas décadas México ha intentado tener un compromiso y una gestión sostenible de sus recursos naturales a través de la expansión y la consolidación de la red de áreas naturales protegidas, sin embargo, todas estas acciones se enfrentan a desafíos significativos, desde la presión derivada de actividades humanas, cuestiones relacionadas con la gobernanza y la escasa asignación de recursos económicos. En la actualidad han surgido interrogantes acerca de la eficiencia de las ANPs en países donde los recursos asignados para actividades de conservación son limitados, por lo tanto, el monitoreo y gestión tanto dentro como fuera de estas áreas muestran deficiencias al ser ejecutadas (Luja et al. 2017).

A pesar de que las ANPs son sistemas abiertos, el enfoque tradicional de la conservación está dirigido en el interior de estas áreas, obteniendo así nuevos desafíos ante la realidad de los bordes que las delimitan, pues la importancia de cuidar las áreas externas es evidente, ya que en estos límites la interacción entre la conservación y la actividad humana se torna difusa. Es así como la comprensión de las zonas periféricas y aledañas a las áreas de protección se convierte en un aspecto crucial para conservar la biodiversidad regional (Luja et al. 2017).

Uno de los puntos principales para lograr la protección de la biodiversidad es identificar el número de especies que habitan en un área determinada (Halffter y Moreno 2005). Es así como la realización de los inventarios biológicos es indispensable para generar cualquier estrategia de conservación (Ramírez-Bautista et al. 2021). Para evaluar la efectividad de esta ANP se realizará un listado de

especies para determinar la riqueza, abundancia, y análisis de complementariedad en los límites de esta Área Natural Protegida.

II. ANTECEDENTES

En México la herpetofauna representa un gran patrimonio natural, debido a la gran diversidad y alto porcentaje de endemismos que esta presenta (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela, 2006; Valencia-Herverth y Fernández-Badillo, 2021). El conocimiento de la riqueza de especies, así como el estudio de la biología de diferentes grupos es indispensable para evaluar los patrones de distribución y el estado de conservación

que presentan, para esto, la realización de catálogos de especies son el primer paso para entender la relevancia y situación de este grupo de organismos en una localidad o región en particular (Salas et al., 1994).

Los primeros estudios sobre la diversidad de anfibios y reptiles para México se inician con los trabajos de Smith y Taylor (1945, 1948, 1950), Smith y Smith (1976a, b, 1977, 1993). Se mencionan las especies de anfibios y reptiles que se distribuyen en los diferentes tipos de ambientes y estados del país. Por otra parte, el estado de Hidalgo ha tenido un gran avance en el estudio de la herpetología durante las últimas décadas (Valencia-Herverth y Fernández-Badillo, 2021) siendo los más recientes y completos el de Ramírez-Bautista et al. (2014) donde registran 183 especies para el estado, de las cuales 53 son anfibios y 130 son reptiles.

Goyenechea et al. (2017) registran 53 especies de anfibios, de las cuales 14 son caudados y 39 son anuros, y Manríquez-Moran et al. (2017) registran 130 especies de saurópsidos no avianos, de las cuales 84 son serpientes y 42 lagartijas además de 3 especies de tortugas y una especie de cocodrilo.

Aunque Hidalgo no es el estado con mayor riqueza de anfibios y reptiles en el país, cuenta con una diversidad importante debido a su ubicación geográfica (Valencia-Herverth y Fernández-Badillo, 2021). Una de las áreas naturales protegidas en el estado es El Parque Nacional El Chico que es valioso por su riqueza biológica, debido a su ubicación desde un punto de vista biogeográfico, ya que comparte dos regiones, la Neártica y la región Neotropical de América, interactuando así especies del Norte y Sur del continente, sumado a esto la importancia ecológica, su valor forestal y el hecho de ser un sitio con captación pluvial y de recarga de mantos acuíferos llevo a que el Parque Nacional fuera decretado como la primera Área Natural Protegida de México y América Latina (CONANP, 2005).

Esta ANP cuenta con algunos estudios herpetofaunísticos previos entre los que podemos citar el de Gutiérrez (1974) que realiza el primer reconocimiento de la fauna herpetológica del sitio con 12 especies, 4 de anfibios y 8 de reptiles. Posteriormente, Camarillo y Casas (2001) registraron 11 especies de anfibios y 14 especies de reptiles, y el último trabajo realizado corresponde al de Ramírez-Pérez (2008) quien registró 22 especies en el Área Natural Protegida y su zona conurbada, ocho corresponden a anfibios y 14 son reptiles.

El establecimiento de áreas naturales protegidas ha sido de las primeras acciones a favor de la conservación de la biodiversidad, sin embargo, el impacto antropogénico al que se enfrentan las poblaciones junto con el cambio climático en estos sitios, es lo que más pone en riesgo a la biodiversidad, por esta razón evaluar el estado de conservación de una especie debe de ir junto con la interacción del ser humano, para así entender como cohabitan las poblaciones con la influencia de la actividad humana sobre su hábitat (Estrada-Rodríguez, 2006). Esto se podrá observar evaluando y comparando las ANP con las zonas de amortiguamiento que les rodea y con áreas cercanas a las ANPs donde el paisaje natural ha tenido un impacto negativo continuamente desde su condición original.

Algunas publicaciones que se pueden citar y que abordan temas como la evaluación de la efectividad en áreas naturales protegidas, la comparación de la riqueza y diversidad dentro y fuera de las ANPs así como la comparación entre ellas y el efecto en ambientes modificados sobre las poblaciones de anfibios y reptiles, son las de

Urbina-Cardona et al. (2006) quienes evaluaron la relación entre la diversidad de anfibios y reptiles en tres tipos de hábitats, pastizal, borde de bosque e interior del bosque, donde registraron 1256 anfibios pertenecientes a 21 especies (pasto:12, borde de bosque: 14 e interior: 13 especies) y 623 reptiles pertenecientes a 33

especies (pasto:11, borde: 25 e interior: 23 especies). Los resultados arrojan una diferencia en la composición de especies entre el pastizal y el borde e interior del bosque, así como una alta correlación en variables del microclima como la distancia al borde del bosque, cobertura del dosel, densidad del sotobosque, temperatura, cobertura y profundidad de la hojarasca. Al obtener una alta afinidad de especies en el sitio se clasificaron en cinco grupos (especies generalistas, de pastizal, de bosque, de borde de bosque y de interior de bosque) para poder detectar seis especies que podrían ser bioindicadores de calidad de hábitat al interior del bosque y su desaparición podría indicar la degradación del hábitat.

Luja et al. (2017) evalúan la riqueza, abundancia y diversidad de especies dentro y fuera de la ANP de la Reserva Estatal de Biosfera de la Sierra de San Juan, Nayarit México. Donde reportan un mayor número de especies de anfibios y reptiles fuera de la reserva que dentro de ella, de igual forma sus resultados mostraron que hay más especies con alguna categoría de riesgo a nivel nacional e internacional fuera de la reserva, lo que sugiere que estas áreas circundantes son cruciales para la conservación de la biodiversidad.

Cruz-Elizalde et al. (2022) analizan la riqueza de especies de anfibios, la composición funcional y la riqueza taxonómica y funcional en una zona altamente antropizada en el estado de Querétaro, México. Sus resultados mostraron que los ambientes más transformados presentaron mayor riqueza de especies, pero no así, mayor diversidad taxonómica. Por su parte, Cruz-Elizalde et al. (2023) presentan una lista actualizada de anfibios y reptiles, y analizan la riqueza y diversidad de estos en la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda de Querétaro (RBSGQ) y la comparan con ANPs adyacentes como la Reserva de la Biosfera de la Sierra Gorda de Guanajuato, Parque Nacional los Mármoles, Reserva de la biosfera de la Barranca de Metztitlán y el Parque Nacional El Chico. La RBSGQ contiene 132 especies de

herpetofauna (35 de anfibios y 97 de reptiles) esto resultó en una alta complementariedad en la composición de especies entre el RBSGQ y algunas de las ANP analizadas, entre ellas el PNEC ya que la riqueza de la RBSGQ es representativa de la región central de México. Por otra parte, los autores indican que la composición de especies a escalas regionales puede ser diferente debido a condiciones micro ambientales por lo cual es importante realizar estudios regionales para inventariar la diversidad de herpetofauna.

III. JUSTIFICACIÓN

Tener un monitoreo constante y conocer la biodiversidad presente en las áreas naturales protegidas es un componente esencial de las políticas ambientales a nivel global, especialmente en países megadiversos como México, donde la riqueza biológica es un recurso invaluable tanto para la sostenibilidad ecológica como para el bienestar social y económico. La ubicación geográfica y orografía del PNCH actúa como un refugio de biodiversidad y comparte especies con diversas regiones que de igual forma enfrentan amenazas derivadas de la expansión humana, la deforestación y el cambio climático. Este trabajo de investigación busca contribuir al conocimiento actual sobre la riqueza y abundancia de la herpetofauna en una zona periférica del

PNCH, así como, hacer una comparación a través del último trabajo realizado en el 2008 donde se registraron las especies presentes de herpetozoos en el PNCH y zonas aledañas.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la composición de especies de anfibios y reptiles de la región, en el transecto del Valle de Diego Mateo-Peñas las Agujitas, áreas asociadas a la periferia del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México.

Objetivos particulares

- Determinar la lista de especies de herpetozoos presente en el área de estudio, mediante trabajo de campo y claves dicotómicas

- Evaluar el estado de conservación y endemismo de las especies registradas, basado en la NOM-059-SEMARNAT-2010 a nivel nacional y en la Lista Roja de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales, a nivel internacional.
- Evaluar la completitud del inventario obtenido a través del programa estadístico Estimates 9.1.0 y con los estimadores CHAO 1 Y ACE.
- Registrar el tipo de microhábitat donde se capturaron a los ejemplares.
- Comparar los resultados del último inventario realizado en la ANP y su zona de influencia, realizado en el año 2008, con los resultados obtenidos en este trabajo, a través de la obtención de frecuencias relativas, índice de Shannon y diversidad verdadera.

V. AREA DE ESTUDIO

5.1. Localización

El área de estudio se localiza en la zona de influencia del Parque Nacional el Chico entre las coordenadas 20° 11' 51" y 20° 11' 45" de latitud norte y los 98° 44' 51" y 98° 45' 20" de longitud oeste (Figura 1A-B). Este sitio pertenece a la localidad de La Estanzuela, dentro del municipio de Mineral del Chico.

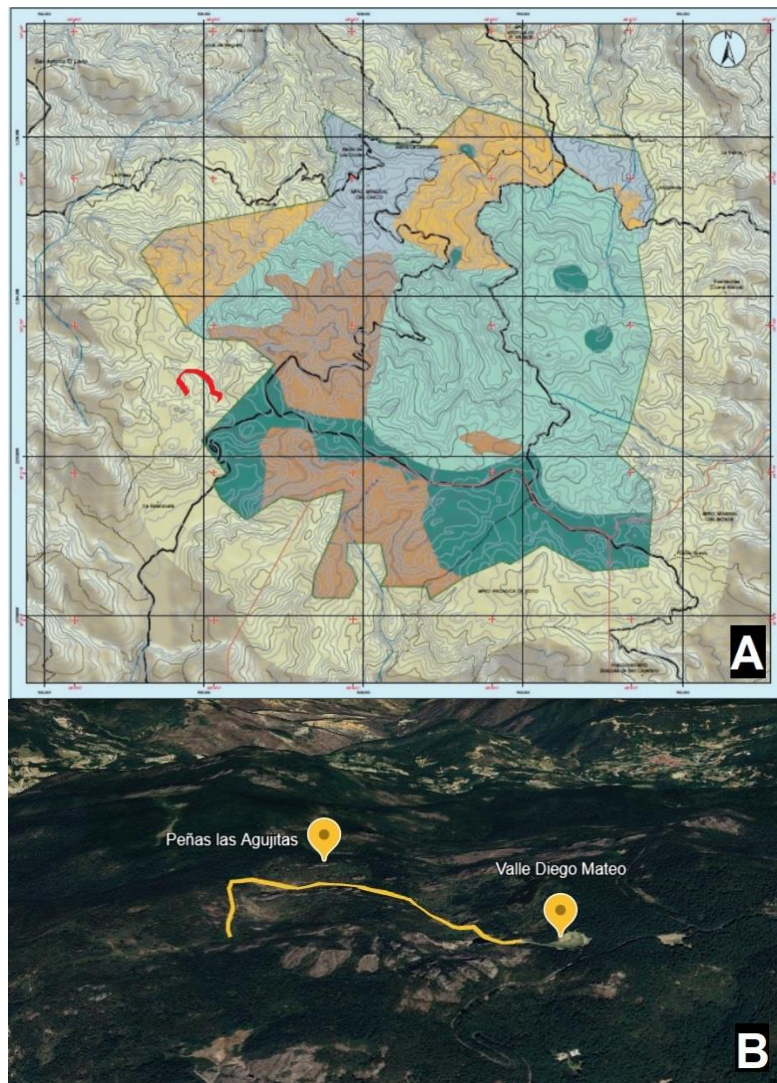


Figura 1. Localización del área de estudio. A) Mapa del Parque Nacional El Chico y ubicación del transecto de estudio. B) Transecto de estudio, Valle Diego Mateo-Peña Las Agujitas.

5.2. Clima

El municipio de Mineral del Chico presenta un clima templado con una temperatura media anual de 15° y una precipitación pluvial anual de 1605 mm. De acuerdo con la CONANP (2005), el parque presenta tres tipos de ambientes mesoclimáticos: 1) Templado-húmedo con un rango altitudinal de 2300 a 2500 msnm, temperatura media de 12° y precipitación pluvial entre 1400-1500 mm. 2) Templado-subhúmedo, con un rango altitudinal de 2500 a 2900 msnm, temperatura media mayor a 12° y una

precipitación pluvial entre 1200-1400 mm, y 3) Semifrío-semiseco con un rango altitudinal de 2900 a 3080 msnm, temperaturas inferiores a los 12° y una precipitación pluvial menor a 1200 mm anuales.

5.3. Fisiografía y Geología

El lindero de Diego Mateo ubicado en la zona de influencia del PNCH y la Sierra de Pachuca, se encuentra dentro del eje Neovolcánico Transversal, de igual forma, aunque en menor medida, pertenece a la provincia de la Sierra Madre Oriental. El valle está constituido por un conjunto de pendientes abruptas y áreas extensas que cuentan con grandes elevaciones rocosas de origen ígneo, lo que ofrece una rica diversidad de suelos y hábitats (CONANP 2005).

5.4. Hidrología

La red hidrológica de la vertiente norte de Mineral del Chico aporta caudal acuífero al Río Amajac que confluye en el Río Moctezuma, a su vez afluente del Río Pánuco. La vertiente sur de Mineral del Chico, donde se encuentra el Valle de Diego Mateo, está expuesta hacia la cuenca del Valle de México, en ella se originan tres subcuencas, El Cedral, La Estanzuela y El Jaramillo, donde la primera se encuentra dentro del área natural protegida y las dos restantes son colindantes al PNCH como nuestra área de estudio (CONANP 2005). En el Valle de Diego Mateo se cuenta con una presa artificial que alcanza su nivel máximo en temporada de lluvia y en época de estiaje llega a secarse por completo.

5.5. Tipo de vegetación

De acuerdo con distintos trabajos (CONANP, 2005; Ramírez-Pérez, 2008; Cruz-Elizalde et al., 2018) el área de influencia en la periferia del PNCH está representado por tres tipos de vegetación, pino, encino y oyamel, asimismo, en la zona de influencia también podemos observar, aunque en menor medida cedro, madroño y zona de pastizal.



Figura 2. Sitio de muestreo A) Presa del Valle Diego Mateo, B) Peñas Las Agujitas.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Listado de especies

1) Trabajo de campo

Se realizaron 19 muestreos diurnos iniciando en agosto del 2018 a mayo del 2019, realizando dos muestreos por mes (cada 15 días), se empleó una búsqueda directa no restringida, la captura de los ejemplares se llevó a cabo de forma manual y con gancho herpetológico para las especies venenosas, la búsqueda se enfocó en los

tipos de microhábitats que son usados por los herpetozoos como es, bajo, sobre y entre rocas, entre vegetación y cerca de cuerpos de agua, cada muestreo se realizó de 9:00 a 14:00 h. El esfuerzo de muestreo fue de dos personas por día, lo cual generó un esfuerzo de 20 horas por mes, los muestreos nocturnos no fueron considerados por motivos de seguridad.

Los organismos fueron identificados en el sitio de muestreo a nivel de especie con la ayuda de claves dicotómicas para cada grupo (Ramírez-Bautista et al. 2009, 2014). Se registró el tipo de microhábitat para cada ejemplar y se tomó fotografía de cada especie. Únicamente se consideraron los organismos capturados, los cuales se liberaron después de su identificación, por lo que no se llevó a cabo colecta científica o sacrificio de organismos.

6.2 Estado de conservación y endemismo

Para analizar el estado de conservación de la herpetofauna presente en el PNEC se obtuvo información a nivel nacional basándose en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010). La información a nivel internacional se consultó en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN, 2021).

6.3 Completitud del inventario

Se realizó una curva de acumulación de especies con la base de datos obtenida en el área de estudio, a través del programa estadístico Estimates 9.1.0, utilizando el estimador Chao1 que requiere datos de abundancia de individuos que pertenecen a una determinada clase en una muestra (Escalante, 2003), El estimador ACE separa las especies abundantes, de las que tienen baja frecuencia, es decir, que se observan pocas veces en un muestreo y así calcular, cuantas especies que no fueron observadas, podrían estar presentes en la comunidad. Se estimó el número de

especies esperadas utilizando dos parámetros: *singletons* que toma en cuenta la relación entre el número de especies representadas por un individuo y *doubletons* que considera el número de especies representadas por dos individuos en la muestra (Villareal et al., 2006).

6.4 Tipo de microhábitat

Se registró el tipo de microhábitat utilizado por cada especie encontrada, la elección de estos sitios se basó en observaciones preliminares sobre las especies presentes en la zona, las características ambientales y en métodos de muestreo y descripción de hábitats, descritos por Heyer et al. (1994). Los tipos de microhabitat registrados son: Bajo roca, sobre roca, entre vegetación, entre rocas y cuerpos de agua.

6.5 Comparación del muestreo realizado en el 2008 en el PNCH y su zona de influencia con el presente trabajo realizado en 2018-2019 en un transecto de la zona de influencia del PNCH.

Se realizó una comparación obteniendo las frecuencias relativas del último muestreo realizado en el PNCH en el 2008 y su zona de influencia (Ramírez-Pérez 2008), con este trabajo realizado en un transecto en la zona de influencia del PNCH en el 2018-2019 y así comprobar si alguna especie ha sido desplazada o si alguna población indica pérdida o ganancia de especies.

6.5.1 Índice de Shannon y diversidad verdadera

El índice de Shannon se usa para medir la diversidad de una comunidad biológica, considerando, no solo el número de especies, sino también su representación, es decir, cuantos individuos se encuentran, por cada especie (Soler, et al., 2012), asumiendo que estos dos factores influyen en la heterogeneidad de la comunidad

(Pla, 2006). En este trabajo se evaluó la diversidad de la herpetofauna el cual está basado en la riqueza y abundancia de cada especie, de acuerdo al valor de H.

El índice de Shannon mide la diversidad definiendo (Weaver, 1949):

$$H = -\sum p_i \log p_i$$

Donde p_i es la abundancia relativa de la especie i : n_i/N ; n_i es el número de individuos de la especie i y N es el número total de especies.

La diversidad verdadera hace que las métricas sean comparables entre sí, evaluando como cambia la diversidad de especies entre diferentes áreas y permitiendo una fácil interpretación. Este índice de diversidad es el número efectivo de especies dado por la entropía de Shannon, es decir la diversidad verdadera de la comunidad en cuestión. Formula que define al Índice de Shannon en diversidad verdadera: $\exp(H)$

VII. RESULTADOS

7.1. Listado de especies

Como resultado de este listado se obtuvo un total de 13 especies distribuidas en 316 ejemplares de herpetofauna, en el transecto del Valle Diego Mateo a Peñas las Agujitas, de las cuales cuatro son anfibios (Figura 3), tres del orden anura y una del orden caudata, y nueve reptiles (Figura 4), siete saurios y dos serpientes. Estas especies están representadas por seis familias y siete géneros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de especies del transecto Valle Diego Mateo-Peña Las Agujitas.

Especies

Amphibia

Caudata

Aquiloerycea cephalica

Anura

Dryophytes plicatus

Dryophytes eximius

Dryophytes arenicolor

Reptilia

Sauria

Phrynosoma orbiculare

Plestiodon lynxe

Sceloporus bicanthalis

Sceloporus grammicus

Sceloporus mucronatus

Sceloporus scalaris

Sceloporus spinosus

Serpientes

Conopsis lineata

Crotalus aquilus



Figura 3. Anfibios registrados en el transecto del Valle Diego Mateo-Peñas las Agujitas: A) *Dryophytes eximius* B) *Dryophytes arenicolor* C) *Aquiloeurycea cephalica* D) *Dryophytes plicatus*.

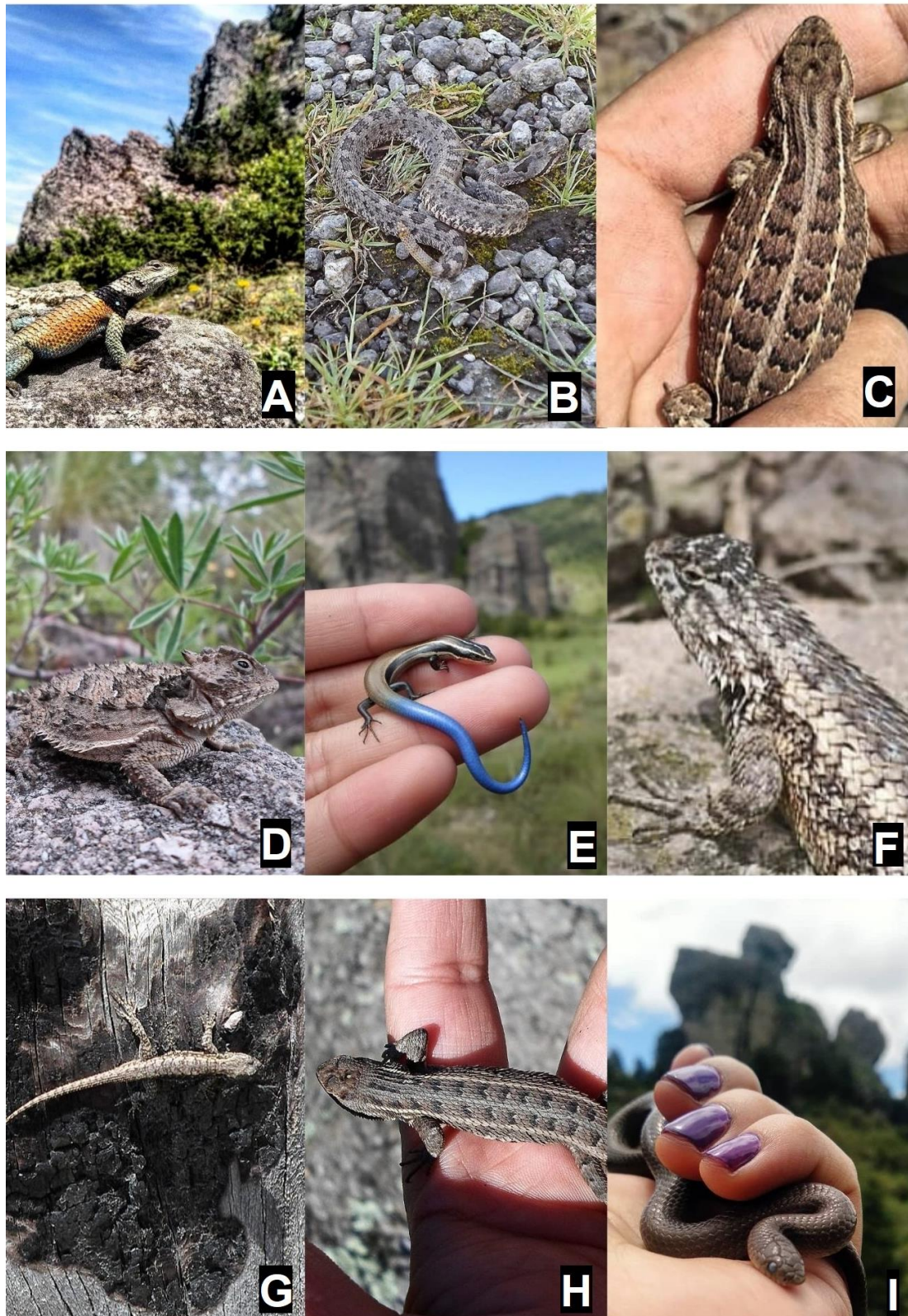


Figura 4. Reptiles registrados en el transecto del Valle Diego Mateo-Peñas las Agujitas: A) *Sceloporus mucronatus*, B) *Crotalus aquilus*, C) *Sceloporus bicanthalis*, D) *Phrynosoma orbiculare*, E) *Plestiodon lynxe*, F) *Sceloporus spinosus*, G) *Sceloporus grammicus*, H) *Sceloporus scalaris*, I) *Conopsis lineata*.

7.2 Estado de conservación y endemismo

Se puede observar la presencia de 11 especies endémicas para México, seis de ellas se encuentran en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana de Protección NOM-059-SEMARNAT-2010, *Sceloporus grammicus*, *Crotalus aquilus*, *Plestiodon lynxe* bajo la categoría de protección especial y *Phrynosoma orbiculare*, *Dryophytes plicatus* y *Aquiloemycea cephalica* como amenazadas. A nivel mundial y de acuerdo con la IUCN todas las especies de este listado se encuentran en la categoría de preocupación menor y en dos especies, *Aquiloemycea cephalica* y *Crotalus aquilus* menciona que las poblaciones están decreciendo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Categorías de Riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y a la IUCN Red List, de las especies encontradas en el transecto de la zona de influencia del PNCH. Una X indica que la especie es endémica a México, A: Amenazada, Pr: Protección especial, LC: Preocupación menor.

Nombre Científico	Categoría de Riesgo		Endemismo
	NOM-059	IUCN	
<i>Aquiloemycea cephalica</i>	A	LC	X
<i>Dryophytes plicatus</i>	A	LC	X
<i>Dryophytes eximius</i>		LC	X
<i>Dryophytes arenicolor</i>		LC	
<i>Phrynosoma orbiculare</i>	A	LC	X
<i>Plestiodon lynxe</i>	Pr	LC	X
<i>Sceloporus bicanthalis</i>		LC	X
<i>Sceloporus grammicus</i>	Pr	LC	
<i>Sceloporus mucronatus</i>		LC	X
<i>Sceloporus scalaris</i>		LC	X
<i>Sceloporus spinosus</i>		LC	X
<i>Conopsis lineata</i>		LC	X
<i>Crotalus aquilus</i>	Pr	LC	X

7.3. Completitud del inventario

El estimador utilizado Chao 1 predijo un total de 13 especies, y ACE un total de 13.52. La curva observada registró un total de 13 especies, por lo que se obtuvo un 100% de completitud en el estimador Chao 1, el estimador ACE predice una o dos especies más, por registrar, esto lo pudimos confirmar fuera del tiempo de muestreo al encontrar un ejemplar de *Thamnophis scalaris*. El cruzamiento de las curvas de los “Singletons” y “Doubletons”, se puede entender cómo, una completitud del inventario elevada para la zona de estudio (Figura 5).

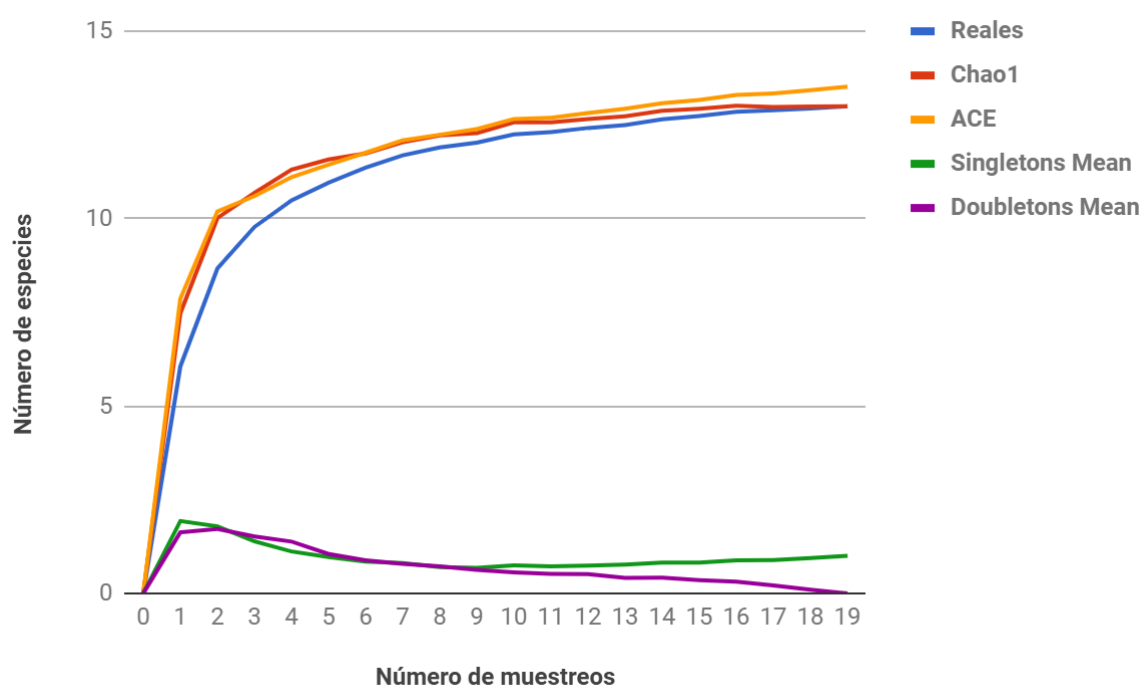


Figura 5. Curva de acumulación de especies del transecto del Valle de Diego Mateo a las peñas Las Agujitas en una zona de influencia del PNCH donde se representan las especies estimadas y las observadas.

7.4. Uso del microhábitat

Los tipos de microhábitats donde se registraron a los anfibios y reptiles fueron cinco: bajo roca, sobre roca, entre vegetación, entre rocas y cuerpos de agua. Los microhábitats más utilizados fueron bajo roca con 110 registros, seguido de la vegetación (91 registros) y el menos utilizado fue entre rocas con cinco registros (Cuadro 3).

Cuadro 3. Microhábitats usados por las especies.

MICROHÁBITAT	NUMERO DE REGISTROS
Bajo roca	110
Sobre roca	44
Entre vegetación	91
Entre rocas	5
Cuerpos de agua	66
TOTAL	316

7.5 Comparación del muestreo realizado en el 2008 en el PNCH y su zona de influencia con el del 2018-2019 en un transecto de la zona de influencia del PNCH.

Se realizó una comparación de los últimos dos inventarios realizados para el PNCH y su zona de influencia en el 2008 (Ramírez-Pérez 2008) y un transecto en la zona de influencia del PNCH, en el 2018-2019 (presente estudio). Esto con el fin de saber la proporción de individuos de cada especie con respecto al total de individuos, de la comunidad, en cada muestreo y así poder realizar una comparación (Figura 4).

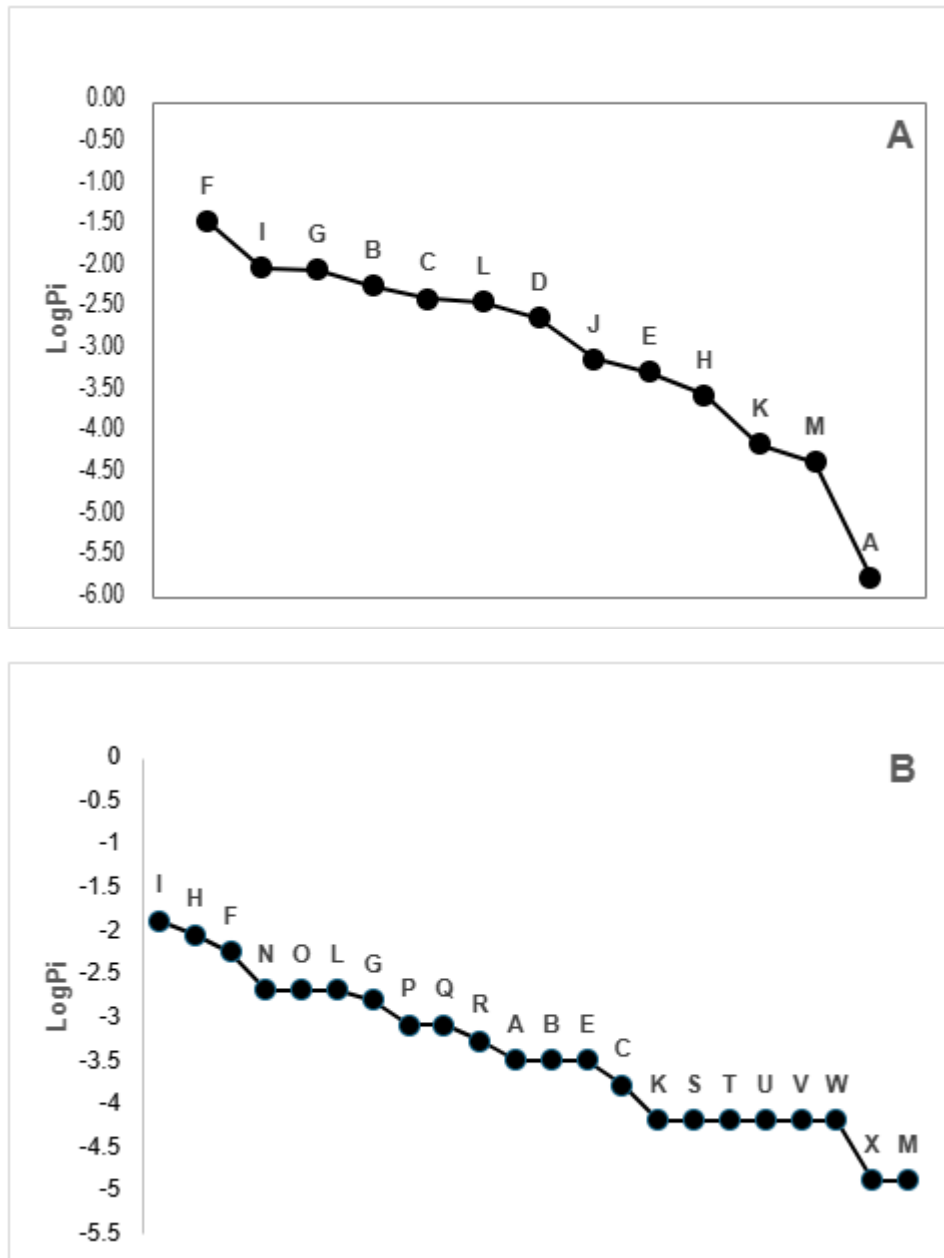


Figura 4. Curvas de rango-abundancia de las especies de herpetofauna detectadas en dos muestreos del ANP y su zona de influencia (A= Transecto en la zona de influencia del PNCH 2018-2019; B= PNCH y su zona de influencia 2008). A=*Aquiloerycea cephalica*, B=*Dryophytes plicatus*, C=*Dryophytes eximius*, D=*Dryophytes arenicolor*, E=*Phrynosoma orbiculare*, F=*Plestiodon lynxe*, G=*Sceloporus bicanthalis*, H=*Sceloporus grammicus*, I=*Sceloporus mucronatus*, J=*Sceloporus scalaris*, K=*Sceloporus spinosus*, L=*Conopsis lineata*, M=*Crotalus aquilus*, N=*Ambystoma velasci*, O=*Barisia imbricata*, P=*Lithobates spectabilis*, Q=*Geophis semiannulatus*, R=*Aquiloerycea altamontana*, S=*Chirotrotriton multidentatus*, T=*Chirotrotriton dimidiatus*, U=*Abronia taeniata*, V=*Pituophis deppei*, W=*Thamnophis pulchrilatus*, X=*Rhadinaea gaigeae*.

7.5.1 Índice de Shannon y diversidad verdadera

El valor del Índice de Shannon fue de 2.24 para la zona muestreada en la zona de influencia y de 2.77 para el trabajo realizado en el 2008 en el PNCH y su zona de influencia. Se obtuvo la diversidad verdadera para la ANP y este muestreo realizado en la zona de influencia, obteniendo los valores de 15.97 y 9.40 especies efectivas, respectivamente. Esto significa que la ANP con $\exp(2.77) = 15.97$ especies de herpetozoos igualmente comunes y la zona de influencia con $\exp(2.24) = 9.40$ especies de herpetozoos igualmente comunes.

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Listado de especies

La “zona de influencia” de un ANP es fundamental para evaluar el impacto de actividades humanas sobre las especies cercanas al área protegida. Regularmente estas zonas suelen estar sometidas a amenazas como la deforestación, la agricultura, el turismo, caza furtiva, entre otros. Evaluar la diversidad de especies y sus abundancias en zonas cercanas al ANP aporta información valiosa sobre los efectos indirectos de estas actividades sobre la flora y fauna. El transecto del Valle de Diego Mateo a Peñas las Agujitas presenta una diversidad moderada, la riqueza registrada en la zona de influencia se compone de 13 especies (4 anfibios y 9 reptiles), que corresponde al 59% del total de las especies reportadas para el PNCH con un total de 22 especies (8 anfibios y 14 reptiles).

Entre las especies registradas en el transecto fuera del ANP, *Plestiodon lynxe* destaca significativamente con 74 ejemplares capturados, confirmando así que los géneros de la familia Scincidae tienden a ser el taxon más representativo y abundante dentro de su área de distribución comparado con otras especies de herpetozoos (Chávez-López, 2012). Un análisis de las condiciones ecológicas de las especies más abundantes, cómo su comportamiento, dieta, microhábitat preferido, entre otras, podría ayudar a entender su éxito en esta comunidad. En contraste *Aquiloeurycea cephalica* con 1 registro se posiciona como la especie rara en este muestreo, que, al ser más sensible a los cambios ambientales podría actuar como especie indicadora de la baja calidad del hábitat; por su parte *Crotalus aquilus* y *Sceloporus spinosus* con 4 y 5 respectivamente, presentaron una baja abundancia lo que podría indicar que son más vulnerables a factores de depredación, competencia o condiciones ecológicas particulares.

En este trabajo se confirmó la presencia de *Dryophytes arenicolor* la cual fue reportada con un ejemplar por Camarillo-Rangel y Casas-Andreu (2001), posteriormente Ramírez-Pérez (2008) al no encontrar a esta especie en toda el área del PNCH, menciona la posibilidad de que se encuentre localmente extinta o que la población ha declinado debido a la contaminación de cuerpos de agua y asentamientos humanos; sin embargo, en este trabajo se reportan 23 ejemplares, lo cual es una buena noticia para la conservación y preservación de *Dryophytes arenicolor*. La presencia de esta especie en este inventario no necesariamente se debe a que prefiera este sitio, sino que su presencia podría deberse a la disponibilidad de recursos, en el inicio del transecto se cuenta con un cuerpo de agua artificial y al finalizar un cuerpo de agua natural, aunque en el interior del PNCH se cuenta con una importante red pluvial es probable que las corrientes no proporcionan las condiciones requeridas para el establecimiento y desarrollo de estos individuos, que ocupan aguas más someras.

8.2 Endemismo y medidas de conservación

Se pueden observar 11 especies endémicas para México de las 13 especies registradas. Esto resalta la importancia de esta región como una zona de conservación clave para la biodiversidad regional y señala que aún en áreas reducidas es posible encontrar especies que están limitadas a ciertas regiones geográficas, lo cual los hace más vulnerables, como es el caso en este trabajo. En el presente estudio se reportaron seis especies que se encuentran clasificadas en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010) como lo son *Sceloporus grammicus*, *Plestiodon lynxe* y *Crotalus aquilus* que se encuentran bajo la categoría de protección especial; o *Aquiloerycea cephalica*, *Phrynosoma orbiculare* y *Dryophytes plicatus* que están catalogadas como

amenazadas. Aunque a nivel global la IUCN reporta a las especies encontradas en la categoría de Preocupación menor, se reporta que, algunas como *Aquiloeurycea cephalica* y *Crotaus aquilus* se encuentran con poblaciones en declive, esto coincide con los resultados de este muestreo al ser las dos especies con menor frecuencia y abundancia, lo que sugiere que las condiciones del hábitat o algún impacto negativo pueden estar favoreciendo un declive que pone en riesgo la estabilidad de sus poblaciones en la región.

El monitoreo constante de estas especies, la preservación de sus hábitats y la implementación correcta de estrategias de restauración ecológica es esencial para garantizar que estas especies endémicas, muchas de ellas con poblaciones limitadas, continúen existiendo en el futuro.

Los datos obtenidos en este muestreo contribuyen a entender que es fundamental llevar a cabo estudios en las zonas periféricas a las ANPs, ya que estas actúan como zonas de transición entre los ecosistemas protegidos y los modificados de alguna forma por actividades humanas. Las zonas de influencia de las ANP son esenciales para el establecimiento de las especies y sus poblaciones, ya que muchas dependen de estos territorios para su dispersión, refugio y acceso a recursos. Este tipo de monitoreos permite evaluar los efectos indirectos de las actividades humanas y su impacto sobre la biodiversidad, de igual forma contribuye a comprender mejor los procesos ecológicos a nivel regional. El integrar a las zonas de influencia en los planes de conservación, favorece la conectividad ecológica y ayuda a mitigar el aislamiento de las especies.

8.3 Completitud del inventario

El estimador Chao 1 predijo un total de 13 especies y el estimador ACE un total de 13.52 especies, lo que equivale al 100% y 96.15% de la completitud del inventario, respectivamente. Un 100% de predicción significa que el número de especies observadas equivale al número de especies que el estimador predice como presentes en el área de estudio. El estimador ACE se basa en la cantidad total de individuos de especies raras, más que en la frecuencia de observación (Chao y Lee, 1992), un 96.15% de predicción sugiere que, aunque el muestreo fue bastante completo, podría faltar una mínima fracción de especies (alrededor de, 0.52 especies) según los datos recolectados.

La completitud del inventario fue confirmada mediante el cruce de las curvas Singletons y Doubletons que evidencia que el muestreo cubrió adecuadamente la diversidad de especies presentes; sin embargo, a pesar de que el muestreo fue exitoso, sería recomendable ampliar los puntos de muestreo y la hora en otras zonas de influencia a la ANP.

8.4 Uso de Microhábitat

El microhábitat con mayor incidencia fue “bajo roca” esto se debe a que la zona cuenta con un clima templado, con neblina constante por las tardes, por lo cual, la captación y permanencia de calor en la roca les permite a las especies alcanzar la temperatura corporal requerida en días donde la incidencia solar no es muy alta (Valdespino 1998). El microhábitat más abundante se relaciona con la especie más cuantiosa, *Plestiodon lynxe* que en este y otros estudios se puede observar que las rocas le sirven como refugio temporal (Feria-Ortiz et al., 2023). La mayoría de los anfibios fueron encontrados en los cuerpos de agua o entre vegetación a excepción de la especie rara, *Aquiloerycea cephalica*, que fue encontrada debajo de una roca, en un sitio

alejado del cuerpo de agua. Esto podría deberse a que esta especie requiere de ambientes húmedos para reproducirse, pero no necesariamente de la presencia de agua como la mayoría de los anfibios, ya que su desarrollo es directo, lo que significa que los embriones se desarrollan sin tener que pasar por una fase larval acuática (Haddad y Prado, 2005).

8.4 Comparación del muestreo realizado en el 2008 en el PNCH y su zona de influencia con el del 2018-2019 en un transecto de la zona de influencia del PNCH.

La zona de influencia o el borde de una ANP, se entiende como la transición entre el hábitat natural y el modificado por las actividades humanas, lo que genera un ecotono de dos comunidades de vegetación y fauna con estructuras ecológicas diferentes (Harper et al., 2005). El muestreo realizado en este trabajo en una zona de influencia del PNCH se comparó por medio de frecuencias relativas con el último inventario del Parque Nacional El Chico y su zona de influencia desarrollado en los poblados de El Puente y Río Milagros al norte, al sur en un área de La Estanzuela y Pueblo nuevo y al este en terrenos de El Puente y Capula (Ramírez-Pérez, 2008). En el primero (transecto en zona de influencia) existe una especie dominante, *Plestiodon lynxe* con valores de frecuencia relativas de $P_i = .234$ representando el 23.4% del total de los individuos, lo que puede indicar una menor equidad en la comunidad; adicionalmente, el resto de las especies reportan valores de P_i desiguales con muy alta o baja representación (P_i entre 0.133 y 0.003). Esto nos podría indicar un ecosistema menos equilibrado, debido a factores ambientales como cambios en el clima, depredadores, disponibilidad de alimento o por el impacto de actividades humanas como la

deforestación, contaminación o fragmentación del hábitat, que podría afectar a algunas especies más que a otras. Los datos para el PNCH y su zona de influencia muestran que la especie dominante, *Sceloporus mucronatus* con $P_i = .151$, y representa el 15.1% del total de los individuos. Los valores de P_i en este inventario son más homogéneos, con frecuencias similares entre especies, esto suele indicar un ecosistema más equilibrado y menos dominado por una sola especie. Analizar las diferencias en la abundancia y diversidad de especies, dentro del ANP y su zona de influencia aporta información valiosa sobre los efectos indirectos de actividades humanas sobre la fauna, si las especies registradas muestran una disminución en la abundancia o diversidad en ciertas áreas cercanas a actividades humanas, esto podría indicar una presión ambiental que tendría que ser tomada en cuenta en los esfuerzos de conservación.

Más del 50% de las especies reportadas para la ANP se encuentran en el transecto de la zona de influencia del PNCH, lo que podría indicar que la conectividad del ANP con su zona de influencia es importante para la distribución y conservación de las especies.

IX. CONCLUSIONES

- Se registraron 13 especies de anfibios y reptiles, uno de los aspectos más relevantes en este trabajo fue la alta proporción de especies endémicas de México (11 de 13) lo que subraya la importancia biológica de la región.

- Se evaluó el estado de conservación, donde pudimos observar, la presencia de 6 especies en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 y la tendencia decreciente de *AquiloEURYCEA cephalica* y *Crotalus aquilus* que evidencian que estos ecosistemas están experimentando presiones ambientales que podrían afectar la estabilidad de sus poblaciones a largo plazo.
- Se evaluó la completitud del inventario con los estimadores CHAO 1 y ACE, los resultados indican que un valor del 100% en CHAO 1 significa que el número de especies observadas coincide con el número de especies esperadas según el estimador, en contraste el estimador ACE sugiere la posible existencia de especies no detectadas.
- Se registraron 5 tipos de microhábitats usados por las especies, la mayoría de los ejemplares fueron encontrados bajo rocas y entre la vegetación, lo que indica la importancia de la heterogeneidad del hábitat para la conservación de la herpetofauna.
- Se realizó una comparación de los resultados de este trabajo con estudios previos, se pudo observar que la herpetofauna presente en el transecto, en la zona de influencia, representa más del 50% de la riqueza herpetofaunística previamente reportada para el PNCH y sus zonas aledañas, este hallazgo demuestra que la zona de influencia actúa como un refugio importante para la fauna, proporcionando las condiciones adecuadas para su desarrollo y supervivencia.
- La diferencia en la composición de especies dentro y fuera del ANP apoya la hipótesis de que, las áreas protegidas son fundamentales para la conservación, pero no pueden ser evaluadas de manera aislada, sino en conjunto con su entorno inmediato.

- A partir de estos hallazgos se concluye que las zonas de influencia de las ANP deben considerarse en las estrategias de manejo y conservación, ya que representan hábitats que complementan al ANP y corredores ecológicos esenciales para las especies. Se recomienda la implementación de programas que incluyan un monitoreo continuo y estrategias de educación ambiental, para mitigar los impactos de la actividad humana y fortalecer la conservación de la biodiversidad en la región.

REFERENCIAS

- Caballero-Cruz, P., Herrera-Muñoz, G., Berriozabal-Islas, C. y Pulido, M. T.** (2016). Conservación basada en la comunidad: Importancia y perspectivas para Latinoamérica. *Estudios Sociales*, 26: 336-353.
- Cantú-Martínez, P. C.** (2018). Papel de las Áreas Naturales Protegidas en la sustentabilidad. *Revista de Ciencia y Tecnología de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Ciencia UANL*, 18-22.
- Camarillo-Rangel, J. L., y Casas-Andreu, G.** (2001). Anfibios y Reptiles del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México. *Anales de Instituto de Biología*, 105-123.
- Chao, A.** (1987). Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. *Biometrics*, 783-791.

- Chao, A., & Lee, S.-M.** (1992). Estimating the Number of Classes via Sample Coverage. *Journal of the American Statistical Association*, 210–217.
- Chávez-López, L.** (2012). Biología reproductiva de *Plestiodon brevirostris* (Squamata: Scincidae) en el centro-este del estado de Puebla, D.F., México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).** (2016). Estrategia Nacional sobre Biodiversidad en México (EnBioMex) y plan de acción 2016-2030. CONABIO, México.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).** (2005). Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional El Chico. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 236 p.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP).** (2020). Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020-2024, 57 p.
- Cruz-Elizalde, R., Pineda-López, R., Ramírez-Bautista, A., & Berriozábal-Islas, C.** (2022). Diversity and composition of anuran communities in transformed landscapes in central Mexico. *Community Ecology*, 103–114.
- Cruz-Elizalde, R., Hernández-Camacho, N., Pineda-López, R., & Jones, W. R.** (2023). Amphibians and reptiles of the Sierra Gorda de Querétaro Biosphere Reserve, Mexico: species richness, conservation status and comparison with other natural protected areas in central Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Universidad Autónoma de México.
- Dudley, N.** (Ed.). (2008). Guidelines for applying protected area management categories (86 pp.). Gland, Suiza: International Union for Conservation of Nature.
- Escalante-Espinosa, T.** (2003). ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de CHAO. *Elementos: Ciencia y Cultura*, Benemérita Universidad de Puebla, 53-56.
- Estrada-Rodríguez, J.L., Gadsden, H., Leyva-Pacheco, S.V., & Morones Long, T.U.** (2006). Herpetofauna del Cañón “Piedras Encimadas”, Sierra “El Sarnoso”, Durango, México. In A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez, & F. Mendoza-Quijano (Eds.), *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad* (pp. 1-23). México. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana.
- Feria-Ortiz, M., García-Vázquez, U.O., Pavón-Vázquez, C. J., & Nieto-Montes de Oca, A.** (2023). Reproductive traits and change in body shape of neonates in the Oak Forest Skink, *Plestiodon lynxe*. *Acta Zoologica*, 104, 608-620.
- Gobierno del Estado de Hidalgo, Secretaría de Planeación, Desarrollo Regional y Metropolitano.** (2011). Enciclopedia de los municipios del Estado de Hidalgo: Mineral del Chico.
- Goyenechea, I., Castillo-Cerón, J. M., Manriquez-Morán, N. L., Cruz Elizalde, R., Hernández-Salinas, U., Lara-Tufiño, D., Berriozabal-Islas, C., Badillo-Saldaña, L. M., Juárez-Escamilla, D., y Ramírez-Bautista, A.** (2017). Diversidad de anfibios del estado de Hidalgo. En A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez Rojas, y C. Cuevas-Cardona (Eds.), *Biodiversidad del Estado de Hidalgo* (Vol. II, pp. 487-504). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

- Gutiérrez Novoa, J. R.** (1974). Reconocimiento de la fauna herpetológica del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, México.
- Haddad, C. F. B., & Prado, C. P. A.** (2005). Reproductive modes in frogs and their unexpected diversity in the Atlantic Forest of Brazil. *BioScience*, 207–217.
- Halfpeter, G., & Moreno, C. E.** (2005). Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. En G. Halfpeter, J. Soberón, P. Koleček & A. Melic (Eds.), *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma* (pp. 5-18). Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Áreas Naturales Protegidas, México.** (2000). Diario Oficial de la Federación, art. 45.
- Lemos-Espinal, J., & Smith, G.** (2015). Amphibians and reptiles of the state of Hidalgo, Mexico. *Check List*, 1642.
- Luja, V. H., López, J. A., Cruz-Elizalde, R., & Ramírez-Bautista, A.** (2017). Herpetofauna inside and outside from a natural protected area: the case of Reserva Estatal de la Biósfera Sierra San Juan, Nayarit, México. *Nature Conservation*, 21, 15-38.
- Manríquez-Moran, N. L., Castillo Cerón, J. M., Goyenechea, I., Cruz Elizalde, R., Hernández-Salinas, U., Lara-Tufiño, D., Badillo-Saldaña, L. M., Berriozabal-Islas, C., y Ramírez-Bautista, A.** (2017). Riqueza y Diversidad de Saurópsidos (no aves) del Estado de Hidalgo. En A. Ramírez-Bautista, A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (Eds.), *Biodiversidad del estado de Hidalgo* (Vol. II, pp. 505-528). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Ochoa-Ochoa, L. M., y Flores Villela, O.** (2006). Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. UNAM-CONABIO, México, 211 pp.
- Pla, L.** (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583–590.
- Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U., Cruz-Elizalde, R., Berriozabal-Islas, C., Lara-Tufiño, D., Goyenechea, I. Y Castillo-Cerón, J. M.** (2014). *Los Anfibios y Reptiles de Hidalgo, México: Diversidad, Biogeografía y Conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana, A.C., México, 387 pp.
- Ramírez-Bautista, A., Sánchez-González, A., Martínez-Falcón, A.P., Octavio-Aguilar, P., Martínez-Hernández, S., Bravo-Cadena, J., Galván-Hernández, D.M. y Ortiz-Pulido, R.** (2021). *Conservación biológica en México: ¿Realidad o Utopía?*. Herrreranía. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México, 19-22.
- Ramírez-Pérez, A.** (2008). Herpetofauna del Parque Nacional El Chico y su zona de influencia, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Ruiz-Barrios, M.** (2015). Ecología térmica de la lagartija *Plestiodon lynxe* (Squamata: Scincidae) en el municipio de Ixtacamaxtitlan, Puebla, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Salas, A. W., Ochoa, J. A., y Napravnik, M.** (1994). El protocolo de muestreo de herpetofauna del proyecto de biodiversidad amazónica.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).** (2010). Norma oficial mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, que establece las especificaciones para la clasificación de las especies de flora y fauna silvestres en riesgo. Diario Oficial de la Federación.
- Soler, P.E., Berroterán, J.L., Gil, J.L., y Acosta, R.A.** (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Trop.*, Maracay, 25-38.
- Smith, H. M., & Taylor, E. H.** (1945). An annotated checklist and key to the snakes of México. *Bulletin of the U.S. National Museum*, (187), 1-239.
- Smith, H. M., & Taylor, E. H.** (1948). An annotated checklist and key to the amphibians of Mexico. *United States National Museum Bulletin*, (194) 1-118.
- Smith, H. M., & Taylor, E. H.** (1950). An annotated checklist and key to the reptiles of Mexico exclusive of the snakes. *United States National Museum Bulletin*, (199) 1-253.
- Smith, H. M., & Taylor, E. H.** (1966). *Herpetology of México, Annotated checklists and keys to the amphibians and reptiles.* Eric Lundberg, Maryland.
- Smith, H. M., & Smith, R. B.** (1976). Synopsis of the herpetofauna of Mexico (Vol. 3). Source analysis and index for Mexican reptiles. John Johnson, North Bennington, Vermont, USA.
- Smith, H. M., & Smith, R. B.** (1993). Synopsis of the Herpetofauna of Mexico (Vol. VII). University Press of Colorado.
- Urbina-Cardona, J. N., Olivares-Pérez, M., & Reynoso, V. H.** (2006). Herpetofauna diversity and microenvironment correlates across a pasture–edge–interior ecotone in tropical rainforest fragments in the Los Tuxtlas Biosphere Reserve of Veracruz, Mexico. *Biological Conservation*, 132, 61-75.
- Valdespino, C. S.** (1998). Anfibios y reptiles de la Sierra del Carmen, Edo. de México. Tesis, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 92 p.
- Valencia-Herverth, J., & Fernández-Badillo, L.** (2021). Historia de la herpetología en Hidalgo. En *La biodiversidad en Hidalgo. Estudio de Estado* (pp. 247-260). CONABIO, México.
- Vázquez-Márquez, G. E., Ramírez-García, A. G., Palacios-Rangel, M. I., y Monterroso-Rivas, A. I.** (2020). Conceptualización, manejo y monitoreo de áreas naturales protegidas en México: Caso Reserva Estatal Sierra Monte Negro, Morelos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 24-35.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., y Umaña, A. M.** (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad (ed.). Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Zavala, F.** (1995). Encinos Hidalguenses. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Chapingo, Estado de México.