

Herpetological richness in the hydrographic basin of the Necaxa River in Puebla, Mexico

Riqueza herpetológica de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, Puebla, México

Roberto Tenorio-Mendoza^{1*}, Matías Martínez-Coronel¹,
Gerardo López-Ortega¹, Isaías Hazarmabeth Salgado-Ugarte²

Resumen

Se realizó un listado de los anfibios y reptiles que se encontraron en la porción poblana del Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (APRN-CHRN), Sierra Norte de Puebla, México. El muestreo se llevó a cabo en cuatro sitios ubicados a diferente altitud y con diferentes tipos de vegetación, que fueron visitados tres veces en la estación lluviosa y tres en la estación seca. En total se obtuvieron 1119 registros que representan a 57 especies, 21 anfibios y 36 reptiles. Veinticuatro especies son endémicas de México, de las que 16 se observaron en el bosque de coníferas. El sitio donde encontramos mayor número de especies (22), fue el que tenía la vegetación primaria mejor conservada, mientras que en el sitio más degradado ambientalmente se registraron solo 11 taxa. Diecinueve especies están ubicadas en alguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 12 bajo protección especial y nueve como amenazadas. Biogeográficamente la herpetofauna de la APRN-CHRN está compuesta principalmente por elementos de afinidad Norteamericana y Centroamericana (20 en cada caso) y de amplia distribución tropical (16), con solo una especie de origen Sudamericano (*Holcosus undulatus*).

Palabras clave: Anfibios. Listado. Reptiles. Riqueza. Conservación.

¹Departamento de Biología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Delegación Iztapalapa, C. P. 09340, Ciudad de México.

²Departamento de Biometría y Biología Pesquera, Facultad de Estudios Superiores-Zaragoza. Batalla 5 de mayo s/n esquina Fuerte de Loreto, Col. Ejército de Oriente, Iztapalapa. C.P. 09230, Ciudad de México.

*cellbiologia@hotmail.com

Abstract

This study recorded a list of amphibians and reptiles of the Protected Natural Area “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa (PNA-CHRN)”, Puebla, México. Four sites within the PNA, located at different altitudes and types of vegetation, were visited and sampled six times in one year, three during the rainy season and three during the dry season. A total of 1119 records of 57 species: 21 amphibians and 36 reptiles were obtained. Twenty-four of these species are endemic to Mexico and 16 of them inhabit coniferous forest. The site with the best-preserved vegetation had the highest number of species (22) while at the most environmentally impacted site, 11 taxa were recorded. Nineteen species are listed in some risk category according to NOM-059-SEMARNAT-2010, 12 under special protection and nine as threatened. Biogeographically, the herpetofauna of the APRN-CHRN is composed by elements of North American, Central American (20 in each case), and wide tropical distribution affinity (16). Just one species was identified with South American affinity (*Holcosus undulatus*).

Keywords: Amphibians. List. Richness. Reptiles. Conservation.

Introducción

Para conocer la riqueza biológica de una región, una tarea básica es la realización de listados faunísticos, sobre todo cuando existe una constante pérdida y modificación del hábitat (Dirzo y Raven, 1994). Desde un punto de vista ecológico, los listados faunísticos brindan información sobre los cambios espaciales y temporales que ocurren en la composición de las especies de una determinada comunidad (Eliosa-Léon y Navarro- Carvajal, 2005). Asimismo, estos son indispensables para el desarrollo de programas y toma de decisiones sobre el manejo y conservación de la fauna silvestre (Altamirano-Álvarez *et al.*, 2006) sobre todo en sitios considerados de importancia para la conservación como son las Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Íñiguez-Davalos *et al.*, 2014).

Una ANP poco estudiada corresponde al Área de Protección de Recursos Naturales “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa” (APRN-CHRN) (Romero-Fregoso, 2009), ubicada en la Sierra Norte de Puebla (SNP), la cual está considerada como la región de mayor riqueza y diversidad

herpetofaunística del estado de Puebla (Canseco-Márquez *et al.*, 2004). La SNP se ubica en la zona de convergencia de tres provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico Transversal (ENT), la Sierra Madre Oriental (SMO) y la Llanura Costera del Golfo (LCG) (Gutiérrez-Mayén *et al.*, 2011). Esta región se caracteriza por su intrincada topografía montañosa compuesta por barrancas y pendientes pronunciadas, en un gradiente altitudinal que va de los 100 a los 2600 m. s. n. m., con tipos climáticos cálido y semicálido húmedo en las partes bajas y templado húmedo en las zonas de mayor altitud; donde se desarrollan variados tipos de vegetación (Martínez *et al.*, 2007). Elementos que en conjunto ofrecen las condiciones necesarias para albergar una elevada riqueza de anfibios y reptiles (Duellman y Trueb, 1994; Vitt y Caldwell, 2009).

Las comunidades vegetales primarias del APRN-CHRN han sido fragmentadas por diversas actividades antropogénicas tales como la construcción de presas, campos de cultivo, asentamientos humanos y apertura de caminos, lo que ha dado como resultado un mosaico de asociaciones de vegetación primaria, secundaria y áreas agrícolas. Los pocos fragmentos de vegetación original se encuentran en zonas de difícil acceso (Cerón-Carpio *et al.*, 2012). A pesar del impacto generado en los ecosistemas aún es posible encontrar en el área diversas especies de anfibios y reptiles de las que se desconoce su identidad y estado de conservación (CONANP, 2013).

Dentro de la ANP-CHRN y en áreas adyacentes se han realizado algunos trabajos encaminados a inventariar la herpetofauna de la región entre los que sobresalen los de Xelano-Conde (2004) quien registró 12 especies de anfibios y 21 de reptiles en el municipio de Zacatlán. Romero-Fregoso (2009) elaboró un listado de las serpientes venenosas y algunas otras presentes en el área de protección. Por su parte, Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista (2012) registraron 25 especies de reptiles en los municipios de Acaxochitlán y Cuautepéc de Hinojosa, Hidalgo.

Debido a que dentro de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa solo se conocen algunas serpientes y no se ha realizado un inventario de su herpetofauna hasta la fecha, el presente trabajo da a conocer un listado de las especies de anfibios y reptiles que fueron registradas en cuatro localidades, tres dentro del APRN-CHRN y una fuera del ANP. Asimismo, para cada especie tratada, se menciona su categoría de riesgo, nivel de endemismo y afinidad biogeográfica.

Materiales y métodos

Área de estudio

La APRN-CHRN está ubicada entre los paralelos 20° 03' y 20° 17' N y 97° 51' y 98° 13' W y queda comprendida en 12 municipios: Acaxochitlán, Cuauhtepc de Hinojosa, Ahuazotepec, Naupan, Huauchinango, Zacatlán, Juan Galindo, Chiconcuautla, Tlaola, Xicotepc, Zihuateutla y Jopala, entre los estados de Hidalgo y Puebla siendo en éste último donde se encuentra su mayor extensión (DOF, 1938) (Fig. 1).

La porción poblana de la APRN-CHRN tiene una superficie de 32,630 ha que se extiende desde los 560 hasta los 2,323 m. s. n. m. con planicies y valles intermontanos (INAFED, 2009). El sustrato geológico del área está compuesto por diversos elementos de origen volcánico que forman extensos plegamientos afectados por fallas regionales donde predominan materiales basálticos, asimismo encontramos una faja de pliegues formada por rocas sedimentarias (CONANP, 2013).

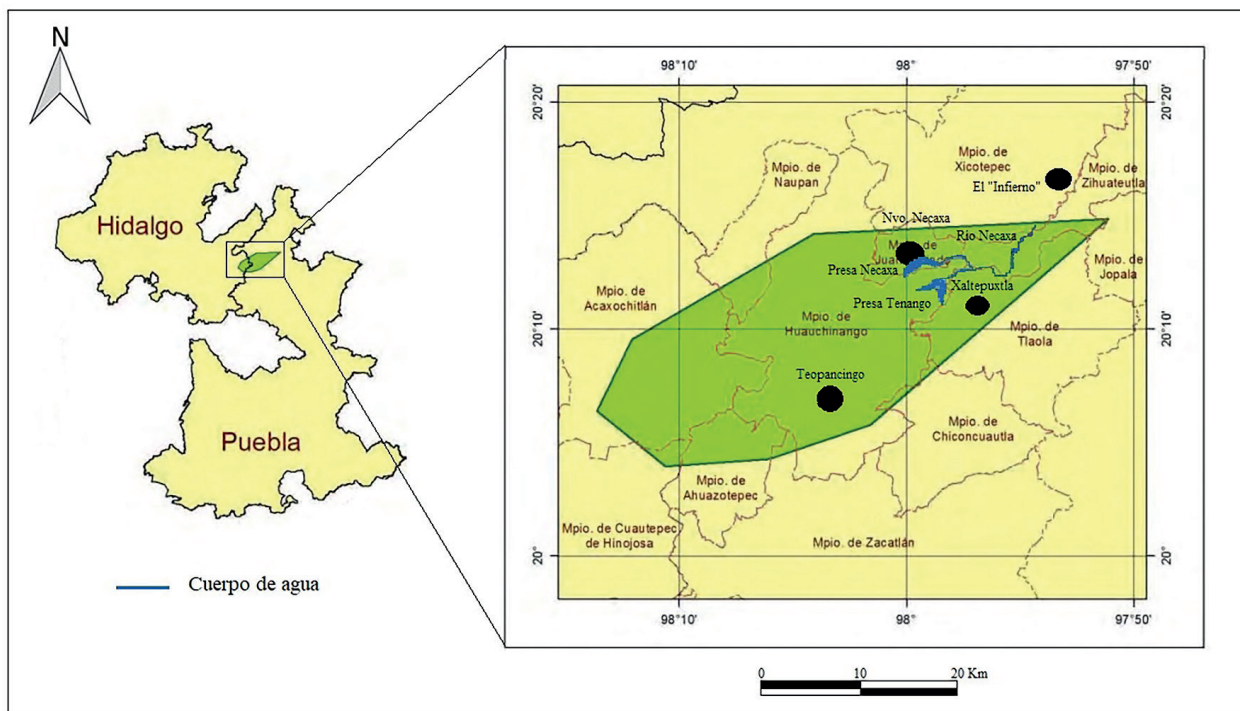


Figura 1. Ubicación del APRN-CHRN entre los estados de Hidalgo y Puebla. Los puntos de color negro indican los sitios de muestreo.

El clima dominante es un Cb(fm)(e)g, que corresponde al tipo templado húmedo con lluvias todo el año, verano fresco y largo (García, 1975). Las lluvias ocurren a lo largo del año debido a

que los vientos provenientes del Golfo de México cargados de humedad, a medida que ascienden por la ladera oriental de la SMO descargan la humedad en forma de precipitación (FIR, 2007). En consecuencia, en la zona existen numerosos cuerpos de agua permanentes o temporales, entre los que destacan el Río Necaxa y Texcapa que atraviesan los municipios del área los cuales en varios casos abastecen a las presas existentes como la de Necaxa, Tenango y Nexapa. Los cuales desembocan en el Golfo de México (INAFED, 2009).

Debido a la franja altitudinal que ocupa, en el APRN se desarrollan diversos tipos de vegetación como selva mediana, bosque de encino, bosque de pino-encino, bosque de pino, bosque mesófilo de montaña, pastizales, así como cultivos de café, maíz, frutales y plantas de ornato (Cerón-Carpio *et al.*, 2012).

Metodología

Los muestreos se llevaron a cabo bimestralmente entre abril de 2014 y marzo de 2015 en cada uno de los cuatro sitios de muestreo, ubicados a diferente altitud y en tipos de vegetación representativos del área natural protegida (Halffter y Rös, 20013) (Tabla I). Cada sitio se visitó seis veces, tres durante la época seca y tres en la de lluvias, el muestreo en cada sitio fue de dos días consecutivos. Tres de los sitios están dentro del ANP, pero el cuarto, el “Infierno” es un predio que pertenece a CONANP y actualmente se encuentra fuera del polígono, sin embargo, se está trabajando administrativamente para modificar y ampliar la superficie del área natural y que quede incluido dentro de sus límites (CONANP, 2013).

Tabla I. Localidades de muestreo y tipos de vegetación presentes en cada una de ellas.

Localidades	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m)	Tipos de vegetación
Teopancingo	20°05'55.4"N 98°03'34.5"W	2332	Bosque de pino, bosque de pino-encino, pastizal y cultivo de maíz.
Nuevo Necaxa	20°12'42.97"N 98°00'13.18"W	1310	Bosque de pino, bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria de bosque mesófilo modificado.
Xaltepuxtla	20°11'08.3"N 97°57'46.3"W	1244	Bosque mesófilo de montaña y sistema agroforestal.
El “Infierno”	20°17'04.0"N 97°53'13.6"W	910	Acahual de selva mediana y mezcla de cultivos de café y maíz.

Dentro de cada sitio de muestreo, se establecieron transectos lineales de longitud variable y tiempo fijo con una duración de cinco horas para cada caso. Para detectar organismos diurnos los recorridos se llevaron a cabo entre las 10:00 y las 15:00 hrs y para los de hábitos nocturnos entre las 20:00 y las 01:00 hrs. Como los transectos se realizaron a diferente horario se consideran dobles y se multiplicaron por el número de visitas por sitio, dando un total de 48 muestreos, 12 por sitio.

Para el registro de las especies, se usó el método de observación directa (Hayek, 1994) y todas las especies e individuos de anfibios y reptiles visualizados fueron contabilizados. En la mayoría de los casos solo se hicieron observaciones de los ejemplares, cuando fue posible su captura el ejemplar se midió, fotografió y determinó *in situ* mediante guías de campo y otras obras (Dixon y Lemos, 2010; Guzmán-Guzmán, 2011 y Ramírez-Bautista *et al.*, 2014). Una vez terminado este proceso, los ejemplares fueron regresados a su hábitat.

Solo se colectaron ejemplares: el primer registro de cada especie en nuestro inventario; cuando una especie estuvo presente en dos o más localidades y en caso de que su determinación fuera dudosa y si había individuos suficientes, se obtuvo una muestra de dos machos y dos hembras para su posterior determinación en el laboratorio. En total se colectaron 89 individuos. La manipulación de anuros, caudados, algunas lagartijas y serpientes no venenosas se realizó manualmente, para otras lagartijas se utilizaron ligas y para las serpientes venenosas se utilizó el gancho herpetológico (Jiménez-Velázquez *et al.*, 2012). (Permiso de colecta científica SEMARNAT/DGVS 11743/13 a nombre de Roberto Tenorio Mendoza). Todos los ejemplares recolectados se encuentran depositados en la Colección de Anfibios y Reptiles de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa (CAR-I).

Cada transecto fue recorrido por dos personas, quienes revisaron todos los microhábitats que potencialmente pudieran usar los organismos. Los tipos de microhábitats considerados fueron: terrestre (en el suelo, sobre troncos y rocas); arbórea (sobre ramas y troncos de arbustos y árboles y dentro de epifitas); ripario (dentro y a la orilla de cuerpos de agua); fosorial (debajo de troncos y rocas, dentro de madrigueras); saxícola (entre acumulación de rocas y dentro de grietas) y antropogénico (sobre paredes de casas y dentro de habitaciones) (Solano-Zavaleta, 2008). De cada especie se registró: nombre, número de individuo consecutivo, localidad, hábitat (tipo de vegetación), microhábitat y ubicación geográfica.

El listado taxonómico del inventario se realizó de acuerdo con Flores-Villela *et al.* (1995) y

actualizado con la información obtenida de AmphibiaWeb (2019), Ramírez-Bautista *et al.* (2014) y Uetz y Hosek (2019). Para determinar la eficiencia del esfuerzo de muestreo, se realizó una curva de acumulación de especies (Escalante-Espinosa, 2003) y se contrastó con el estimador no paramétrico Chao 2 que se basa en datos de presencia-absencia (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003) con el programa Estimates ver 9.0 (Collwell y Coddinton, 1994), este análisis se realizó únicamente con las especies claramente identificadas. El listado final fue complementado con las especies previamente registradas en la literatura y sitios WEB (Romero-Fregoso, 2009; AmphibiaWeb, 2019 y Uetz y Hosek, 2019).

A cada especie de anfibio o reptil de la lista se le asignó su categoría de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010).

La afinidad biogeográfica de cada una de ellas se estableció de acuerdo con Savage (1982 y 2005) y fueron: Norteamericano, Centroamericano, Sudamericano y de amplia distribución tropical.

Finalmente, en la distribución, se indica si es o no una especie endémica de México, restringida al estado de Puebla o exótica.

Resultados y discusión

Con base en 1119 registros, la herpetofauna de la ANPR-CHRN, en el estado de Puebla está compuesta por 57 especies, 45 determinadas específicamente y 12 hasta género, pertenecientes a 41 géneros y 18 familias, de las cuales 21 fueron anfibios y 36 reptiles. Dentro de los anfibios, encontramos 15 especies de anuros y seis de urodelos y entre los reptiles, 17 fueron lagartijas y 19 serpientes (Tabla II). Este resultado implica que la herpetofauna registrada en la APRN-CHRN representa el 18% de las herpetofauna conocida para el Estado de Puebla (García-Vásquez *et al.*, 2009) y el 46% de la que se distribuye en la SNP (Gutiérrez-Mayen y Salazar-Arenas, 2006).

Entre los anfibios se detectó a *Rana catesbeiana* (Rana toro), especie exótica que fue registrada en 1981 en Tenango de las Flores (Casas-Andreu *et al.*, 2001), localidad cercana a Nuevo Necaxa, por lo que se confirma la presencia y expansión de la especie dentro del área natural protegida.

Tabla II. Composición taxonómica de las especies registradas en el APRN-CHRN.

Clase, orden y familia	Género y Especie (Sinonimia)	Localidades				NOM-059	Distribución	Afinidad Biogeográfica
		TEO	NEC	XAL	INF			
Amphibia								
Caudata	<i>Aquiloerycea (Pseudoeurycea) sp. 1</i>				X	-	-	CA
Plethodontidae	<i>Aquiloerycea sp. 2</i>		X			-	-	CA
	<i>Chiropterotriton terrestris</i>	X				Pr	E	CA
	<i>Chiropterotriton sp.1</i>		X			-	-	CA
	<i>Chiropterotriton sp.2</i>		X			-	-	CA
	<i>Bolitoglossa platyductyla</i>		X			Pr	E	CA
Anura								
Bufonidae	<i>Incilius nebulifer</i>		X	X	X	NC	NE	ADT
	<i>Rhinella horribilis (R. marina)</i>		X		X	NC	NE	ADT
Hilyidae	<i>Rheohyla (Ecnomiohyla) miotympanum</i>		X	X	X	NC	E	CA
	<i>Charadrahyla taeniopus</i>		X			A	E	ADT
	<i>Dryophytes (Hyla) plicatus</i>	X				A	E	ADT
	<i>Smilisca baudinii</i>				X	NC	NE	CA
Craugastoridae	<i>Craugastor loki</i>	X				NC	NE	ADT
	<i>C. decoratus</i>				X	Pr	E	ADT
	<i>C. mexicanus</i>	X				NC	E	ADT
	<i>C. rodophis</i>	X				NC	E	ADT
Eleutherodactylidae	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>				X	Pr	E	CA
Ranidae	<i>Rana (Lithobates) spectabilis</i>	X				NC	E	NA
	<i>R. berlandierii</i>		X	X		Pr	NE	NA
	<i>R. catesbeiana</i>		X			NC	EX	NA
	<i>Rana sp.</i>				X		-	NA
Reptilia								
Squamata (Lacertilia)								
Anguidae	<i>Abronia taeniata</i>	X				Pr	E	NA
	<i>Barisia imbricata</i>	X				Pr	E	NA
	<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	X				NC	E	NA
Sphenomorphidae	<i>Scincella silvicola</i>			X	X	A	E	NA
	<i>Scincella sp.</i>				X	-	-	NA
Scincidae	<i>Plestiodon lynxe</i>	X				Pr	E	NA
	<i>Plestiodon sp.</i>			X		-	-	NA
Teiidae	<i>Holcosus undulatus</i>			X	X	NC	NE	SA
Phrynosomatidae	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	X				A	E	NA
	<i>Sceloporus variabilis</i>		X	X	X	NC	NE	NA
	<i>S. aeneus</i>	X				NC	E	NA
	<i>S. grammicus</i>	X	X			Pr	NE	NA
Dactyloidae	<i>Anolis laevis</i>			X		NC	NE	CA
	<i>A. naufragus</i>		X			Pr	E	CA
	<i>Anolis sp.</i>		X			-	-	CA
Corytophanidae	<i>Corytophanes hernandesii</i>		X			Pr	NE	CA
	<i>Basiliscus vittatus</i>		X			NC	NE	CA

Continúa...

Clase, orden y familia	Género y Especie (Sinonimia)	Localidades				NOM-059	Distribución	Afinidad Biogeográfica
		TEO	NEC	XAL	INF			
Boidae	<i>Boa constrictor</i>		X		X	A	NE	CA
Colubridae	<i>Conopsis lineata</i>	X				A	E	CA
	<i>Drymarchon corais</i>				X	NC	NE	ADT
	<i>Scaphiodontophis annulatus</i>				X		NE	CA
	<i>Spillotes pullatus</i>				X	NC	NE	ADT
	<i>Storeria decayi</i>			X		NC	NE	NA
Natricidae	<i>S. hidalgoensis</i>		X			NC	E	NA
	<i>Thamnophis scalaris</i>	X				A	E	NA
	<i>T. scaliger</i>	X				A	E	NA
Dipsadidae	<i>Ninia diademata</i>		X	X		NC	NE	CA
	<i>Geophis</i> sp.		X				-	ADT
	<i>Leptodeira septentrionalis</i>		X			NC	NE	ADT
	<i>Rhadinaea</i> sp.				X	-	-	ADT
	<i>Conopsis</i> sp.				X	-	-	ADT
Viperidae	<i>Crotalus triseriatus</i>	X				NC	E	NA
	<i>Bothrops asper</i>		X	X	X	NC	NE	ADT
	<i>Atropoides nummifer</i>				X	A	NE	CA
	<i>Ophryacus undulatus</i>	X				Pr	E	CA
Elapidae	<i>Micrurus</i> sp.	X				-	-	ADT

Localidades: Teo= Teopancingo, Nec= Nuevo Necaxa, Xal= Xaltepuxtla, INF= El "Infierno".

Categorías NOM: Pr= Sujeta a protección especial, A= Amenazada, NC= No considerada.

Distribución: E= Endémica de México, NE= No endémica, Ex= Exótica. Afinidad biogeográfica: NA= Norteamericano, CA= Centroamericano, SA= Sudamericano, y ADT= Amplia distribución tropical.

Por su distribución geográfica, 24 especies son endémicas de México, ninguna se restringe a Puebla y representan el 17% de los 147 taxa endémicos registrados para el Estado de Puebla (Gutiérrez-Mayén *et al.*, 2011). La mayoría de estas especies se distribuye en el bosque de pino y bosque mesófilo de montaña, hábitat que predomina en el área de estudio (Cerón-Carpio *et al.*, 2012) y que en esta región alberga numerosos endemismos (Canseco-Márquez *et al.*, 2004).

De los cuatro sitios trabajados, en "Teopancingo" 18 de las 19 especies registradas, se observaron solo aquí; 17 de ellas son endémicas de México. Este resultado probablemente se debe a la altitud de esta localidad (Tabla II). Este resultado concuerda con Flores-Villela *et al.* (2010), quienes sostienen que los hábitat de zonas templadas albergan un número elevado de especies y endemismos, debido a factores biogeográficos recientes, como la edad del área y la accidentada topografía; y ecológicos, como la capacidad de colonización y la tolerancia a las bajas temperaturas que pueden ser los factores que determinaron su exclusiva composición faunística (Patterson y Brown, 1991) y elevado número de endemismos (Fauth *et al.*, 1989; Savage, 1966 y 1982).

En la localidad de “Nuevo Necaxa” se encontró el mayor número de especies, 22, mientras que en “Xaltepuxtla” hubo el menor registro con 11 taxa, a pesar que ambos sitios se encuentran casi a la misma altitud y cuentan con bosque mesófilo de montaña, uno de los hábitats de mayor extensión dentro del área estudiada (Cerón-Carpio *et al.* 2012). Sin embargo, estas diferencias tan contrastantes pueden atribuirse a que en Xaltepuxtla, el bosque mesófilo ha sido fragmentado y degradado, para favorecer a un sistema agroforestal, donde su continuo manejo, utilización de diferentes técnicas agronómicas y quizás la aplicación de pesticidas para controlar plagas en los cultivos de plantas de ornato, afecta probablemente a la biodiversidad del área (Marsh y Pearman, 1997), sobre todo a los anfibios por su piel permeable.

Además, se sabe que el bosque mesófilo es sensible a la perturbación, y algunos organismos como los anfibios desaparecen o reducen sus poblaciones debido a que disminuye la humedad, aumenta la entrada de luz y se incrementan los cambios de temperatura (Kattan *et al.*, 1994; Restrepo y Gómez, 1998). Estos cambios sin duda son los responsables de la presencia de sólo tres especies de anfibios en Xaltepuxtla (Saunders *et al.*, 1993), mientras que en Nuevo Necaxa se hallaron seis.

En la localidad, el “Infierno”, ubicada a menor altitud y donde se desarrolla un acahual de selva mediana y cultivos de café de sombra y maíz de temporal, la riqueza de especies fue alta con 20 taxa observados. Quizás este resultado se puede relacionar con que la agricultura que se practica no es mecanizada, debido a la alta inclinación de los terrenos, no ocupa grandes extensiones de tierra y en los terrenos agrícolas se permite el desarrollo de árboles y parches de vegetación original, elementos esenciales para el mantenimiento y generación de microhábitat que explota la fauna (Eastmond y García de Fuentes, 2010). Además, varias de las especies registradas son tolerantes a la perturbación o euriecas (Macip-Rios y Casas-Andreu, 2008).

Por su ubicación geográfica y por compartir elementos de tres provincias fisiográficas, la herpetofauna de la APRN-CHRN estuvo compuesta por especies con diferentes afinidades biogeográficas, principalmente de origen norteamericano y centroamericano (20 taxa cada uno).

Para Savage (1982) y Flores-Villela (1993) este mosaico es el producto de diversos procesos de dispersión y vicarianza. Para Morrone (2005), esta biota puede ser parte de la Zona de Transición Mexicana como resultado de la abrupta topografía de la región y a los cambios climáticos y de vegetación que ocurrieron durante la historia geológica reciente. La herpetofauna del APRN-CHR está compuesta por elementos de diferente origen, resultado de la presencia de especies con una

amplia tolerancia ecológica (amplia distribución tropical) y autóctonas (elementos neárticos) y de un proceso de dispersión recientes de los taxa de elementos de Centro y Sudamérica y su establecimiento en esta región sumado a los procesos vicariantes asociados con el desarrollo de las provincias sobre las que se encuentra (Halffter, 2003).

De acuerdo con su estado de conservación, 12 taxa están consideradas en la categoría de protección especial y nueve como amenazadas de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT, 2010). Algunas especies no están consideradas como las salamandras y serpientes que pueden encontrarse en un estado de vulnerabilidad, debido a que los números de las primeras pueden verse mermados por la destrucción o modificación del hábitat y las segundas porque los lugareños las matan a de manera indiscriminada, principalmente por considerar a todas ellas como un peligro para su vida (Ramírez-Bautista *et al.*, 2014). Ante éste panorama, se requieren acciones de manejo, revisión de datos poblacionales y categorías de riesgo, difusión de la información y de programas de educación ambiental para la conservación de especies.

De acuerdo con el estimador Chao 2, con un intervalo de confianza del 95%, el número de taxa esperados es de 72 especies (Fig. 2) mientras que la curva de acumulación alcanzo el 62% de la cifra prevista, lo que indica que hace falta un mayor esfuerzo de muestreo para completar el inventario.

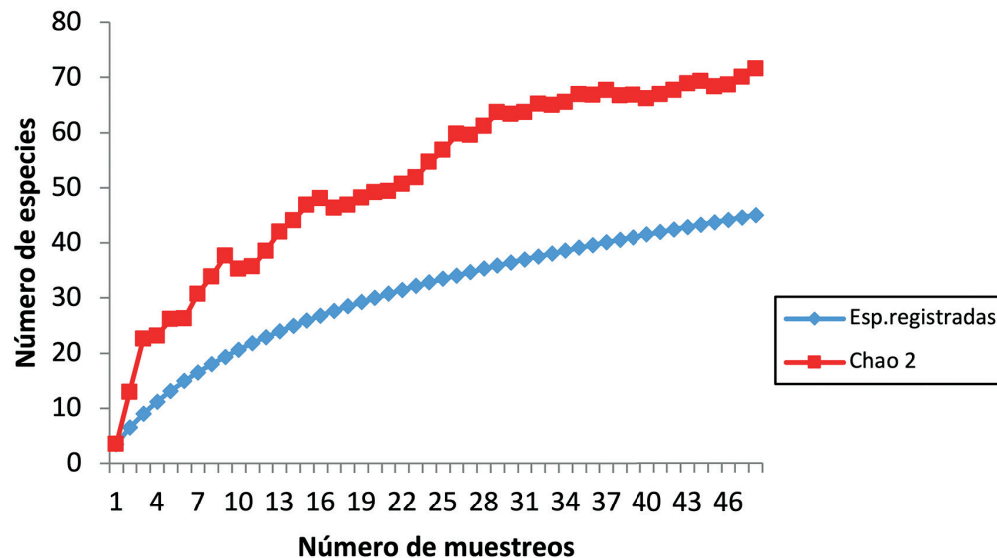


Figura 2. Curva de acumulación de la riqueza de especies registradas en la porción poblana del APRN-CHRN y del estimador Chao 2.

En la literatura existen 17 especies registradas anteriormente con localidad precisa, de las cuales una fue observada por nosotros (Tabla III), por lo que, sumando las 16 especies restantes a las 57 registradas en este trabajo, el número de especies conocidas para la APNR-CHRN se eleva a 73, número que supera la riqueza específica en la región de acuerdo con el índice de Chao2. También el número de endemismos se eleva a 29 y se reconoce a *Rana pueblae* como especie endémica de Puebla de acuerdo con García-Vásquez *et al.* (2009).

Tabla III. Especies que se han registrado en la literatura dentro de la porción poblana del APRN-CHRN (AmphibiaWeb, 2019; Romero-Fregoso, 2009).

Clase, orden y familia	Género y Especie (Sinonimia)	Sitio de registro	NOM-059	Distribución	Afinidad Biogeográfica
Amphibia					
Anura					
Ranidae	<i>Rana (Lithobates) pueblae</i>	Huauchinango	P	EP	NA
Reptilia					
Squamata (serpientes)					
Colubridae	<i>Drymobius margaritiferus</i>	Xicotepec	NC	NE	ADT
	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Huauchinango	NC	NE	NA
	<i>Leptophis mexicanus</i>	Zihuateutla	A		
	<i>Oxybelis aeneus</i>	Jopala	NC	NE	CA
	<i>Pseudoeelaphe flavirufa</i>	Zihuateutla, Jopala	NC	NE	NA
	<i>Tantilla morgani (T. rubra)</i>	Juan Galindo, Xicotepec, Jopala	Pr	NE	CA
Natricidae	<i>Thamnophis marcianus</i>	Huauchinango	A	NE	NA
	<i>T. proximus</i>	Zihuateutla	A	NE	NA
	<i>T. sumichrasti</i>	Zacatlán, Xicotepec, Juan Galindo	A	E	NA
Dipsadidae	<i>Geophis mutitorques</i>	Huauchinango, Zacatlan	Pr	E	ADT
	<i>Geophis</i> sp.1	Huauchinango	-	-	ADT
	<i>Rhadinaea Montana</i>	Huauchinango, Zacatlan.	Pr	E	ADT
	<i>Pliocercus elapoides</i>	Zihuateutla, Jopala	A	E	CA
	<i>Tropidodipsas (Sibon) sartorii</i>	Xicotepec	Pr	NE	ADT
Viperidae	<i>Agkistrodon taylori</i>	Zihuateutla	A	NE	NA
Elapidae	<i>Micrurus bernardii</i>	Xicotepec, Zihuateutla	NC	E	ADT

Categorías NOM: Pr= Protección especial, A= Amenazada, P= En Peligro de extinción. NC= No considerada.

Distribución: E= Endémica de México, EP= Endémica de Puebla NE= No endémica.

Afinidad biogeográfica: NA= Norteamericano, CA= Centroamericano, SA= Sudamericano, y ADT= Amplia distribución tropical.

Conclusión

La porción poblana del APRN-CHRN alberga una elevada riqueza de especies de anfibios y reptiles compuesta por una mezcla de elementos biogeográficos de Norte y Centroamérica, además la mitad son endémicas de México, lo cual se debe a la ubicación del área entre diferentes provincias lo que ha producido una compleja heterogeneidad ambiental con diferentes pisos altitudinales en la que se han establecido diversos hábitats. Sin embargo, algunas de las especies reportadas no se encuentran dentro de alguna categoría de riesgo, por lo que se requiere implementar medidas de protección y conservación para su continuidad además de realizar estudios ecológicos que permitan incrementar el conocimiento de las mismas.

Agradecimientos

A la SEMARNAT y la DGVS por otorgar el permiso de colecta científica para realizar nuestro trabajo en campo. Al director de CONANP del Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, Elimelec Anzures Vásquez. A la M. en B. Janet E. Osnaya Becerril por su apoyo durante el trabajo de campo. A la Dra. Claudia Ballesteros Barrera por ayudarnos a mejorar la estructura del artículo. A todas las personas que nos permitieron trabajar en sus tierras para realizar el muestreo en campo: los hermanos Mario y Fernando Hernández Garrido y familia, Profra. Lorena A. López Alfaro, Sr. Juan Castillo y Sr. Patricio Cano Flores.

Literatura citada

- Altamirano-Álvarez, T.A., S. Sarabia-Maricela y S. Torres-Reyes. 2006. *Anfibios y reptiles de Tepozotlán, Estado de México*. Revista de Zoología 17: 46-52.
- AmphibiaWeb. 2019. AmphibiaWeb: Information on Amphibia biology and conservation. Consultado: 22-02-2019. En: <http://amphibiaweb.org>.
- Canseco-Márquez, L. y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2006. Herpetofauna del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla. pp. 180-196. En: Ramírez-Bautista A., L. Canseco-Márquez y L. Mendoza-Quijano (Eds.). Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de

- su biodiversidad, Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana No. 3. Distrito Federal, México. 345 pp.
- Canseco-Márquez, L., F. Mendoza-Quijano y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2004. Análisis de la distribución de la herpetofauna. pp. 193-200. En: Luna, I., J.J. Morrone y D. Espinosa (Eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Las prensas de ciencias. Distrito Federal, México. 536 pp.
- Casas-Andreu, G., X. Aguilar Miguel y R. Cruz-Aviña. 2001. *La introducción y el cultivo de la rana toro (Rana catesbeiana). ¿Un atentado a la biodiversidad de México?* Ciencia Ergo Sum (8) 1: 62-67.
- Cerón-Carpio, A.B., J.L. Contreras-Jiménez y V.H. De Gante-Cabrera. 2012. *Inventario pteridoflorístico del Área de Protección de Recursos Naturales Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa porción Puebla, México.* Polibotánica 33: 41-55.
- Colwell, R.K. y J.A. Coddington. 1994. *Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation.* Philosophical Transactions of the Royal Society of London 345: 101-118.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2013. *Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del Área de Protección de Recursos Naturales "Zona Protectora Forestal Vedada Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa" ubicada en los estados de Hidalgo y Puebla.* Distrito Federal, México. 118 pp.
- Cruz-Elizalde, R. y A. Ramírez-Bautista. 2012. *Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del Estado de Hidalgo, México.* Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 458-467.
- Dirzo, R. y P.H. Raven. 1994. *Un inventario biológico para México.* Boletín de la Sociedad Botánica de México 55: 29-34.
- Dixon, J.R. y J.A. Lemos-Espinal. 2010. *Anfibios y reptiles del Estado de Querétaro, México.* Texas A. y M. University. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Distrito Federal, México. 428 pp.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1938. *"Decreto que declara Zona Protectora Forestal Vedada, los terrenos que limita la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa.* Puebla, México. 11-15pp.
- Duellman, W.E. y L. Trueb. 1994. *Biology of amphibians.* The John Hopkins University Press. Baltimore y Londres, Inglaterra. 670 pp.
- Eastmond, A. y A. García de Fuentes. 2010. *El impacto de los sistemas agropecuarios sobre la*

- biodiversidad*. pp. 98-104. En: Duran, G.R. y G.M. Méndez. (Eds.). Biodiversidad y desarrollo en Yucatán. México. 496 pp.
- Eliosa-Léon, H. y M.C. Navarro-Carvajal. 2005. *La sistemática en México*. Elementos: Ciencia y Cultura 57: 13-19.
- Escalante-Espinosa, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. Elementos: Ciencia y Cultura 52: 53-56.
- Fauth, J.E., B.I. Crother y J.B. Slowinski. 1989. *Elevational patterns of species richness, evenness and abundance of the Costa Rica leaf litter herpetofauna*. Biotropica 21: 178-185.
- FIR (Ficha Informativa de los Humedales Ramsar versión 2006-2007). 2007. *Sistema de represas y corredores biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Distrito Federal, México. 31 pp.
- Flores-Villela, O. 1993. *Herpetofauna of Mexico: Distribution and endemism*. pp. 251-278. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (Eds.). Biological diversity of Mexico: origins and distribution. New York. Estados Unidos. 851 pp.
- Flores-Villela, O., L. Canseco-Márquez y L. Ochoa-Ochoa. 2010. *Geographic, distribution and conservation of the mexican central highlands herpetofauna*. pp. 303-320. En: Wilson, L.D., J.H. Townsend y J.D. Johnson (Eds.). Conservation of the Mesoamerican amphibians and reptiles. Utah, Estados Unidos. 812 pp.
- Flores-Villela, O., P. Mendoza y G. Gonzales. 1995. *Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México*. Publicaciones Especiales Museo de Zoología. Distrito Federal, México. 280 pp.
- García, E. 1975. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. 98 pp.
- García-Vásquez, U.O., L. Canseco-Márquez, M.G. Gutiérrez-Mayén y O.M. Trujano-Ortega. 2009. *Actualización del conocimiento de la fauna herpetológica del Estado de Puebla, México*. Boletín de la Sociedad Herpetológica de México 17: 12-36.
- Gutiérrez-Mayén, M.G. y J.A. Salazar-Arenas. 2006. *Herpetofauna de los Municipios de Camocuautla, Zapotitlán de Méndez y Huitzilán de Serdán, de la Sierra Norte de Puebla*. pp. 197-223. En: Ramírez-Bautista, A., L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (Eds.). Inventarios

- herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad. Puebla, México. 345 pp.
- Gutiérrez-Mayén, M.G., L. Canseco-Márquez, U.O. García-Vásquez y C. Hernández-Jiménez. 2011. Diversidad de especies: *Anfibios y reptiles*. pp. 152-158. En: López, R.L. y M.M.G Carcaño. (Eds.). La biodiversidad en Puebla estudio de estado, Puebla, México. 440 pp.
- Guzmán-Guzmán, S. 2011. *Anfibios y reptiles de Veracruz guía ilustrada*. Universidad Veracruzana. Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología. Gobierno del Estado de Veracruz. Veracruz, México. 232 pp.
- Halffter, G. y M. Rös. 2013. *A strategy for measuring biodiversity*. Acta Zoológica Mexicana 29 (2): 400-411.
- Halffter, G. 2003. *Biogeografía de la entomofauna de montaña de México y América Central*: 87-97. En: Morrone, J.J. y J. Llorente-Bousquets (Eds.). Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía. México. 307 pp.
- Hayek, L. 1994. *Transect sampling*. pp. 103-107. En: Heyer, W.R., M.A Donnelly, R.W. McDiarmid, L.A. Hayek y M.S. Foster (Eds.). Measuring and monitoring biological Diversity, standard methods for amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington DC, Estados Unidos. 323 pp.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED) 2009. Enciclopedia de los municipios de México, Estado de Puebla. Consultado: 15-062018. En: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Puebla.
- Íñiguez-Davalos, L.I, C.L. Jiménez-Sierra, J. Sosa-Ramírez y A. Ortega-Rubio. 2014. *Categorías de las áreas naturales protegidas en México y una propuesta para la evaluación de su efectividad*. Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes 60: 65-70.
- Jiménez-Valverde, A. y J. Hortal. 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.
- Jiménez-Velázquez, G., J.A. Sandoval-Quintero y N. Trigo-Boix. 2012. *Guía teórica y metodológica para el conocimiento y manejo de la herpetofauna*. Manual No. 35. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. Distrito Federal, México. 103 pp.
- Kattan, G.H., H. Álvarez-López y M. Giraldo. 1994. *Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later*. Conservation Biology 8: 138-146.

- Macip-Rios, R. y G. Casas-Andreu. 2008. *Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles*. Acta Zoológica Mexicana 24: 143-159.
- Marsh, D.M. y P.B. Pearman. 1997. *Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptopodactylidae frogs in the Andean montane forest*. Conservation Biology 11: 323-328.
- Martínez, M.A., V. Evangelista, F. Basurto, M. Mendoza y A. Cruz-Rivas. 2007. *Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad 78: 15-40.
- Morrone, J.J. 2005. *Hacia una síntesis biogeográfica de México*. Revista Mexicana de Biodiversidad 76: 207-252.
- Patterson, B.D. y J.H. Brown. 1991. *Regionally nested patterns of species composition in granivorous rodent assemblages*. Journal of Biogeography 18. 395-402.
- Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, R. Cruz-Elizalde, C. Berriozabal-Islas, D. Lara-Tufiño, I.G. Mayer-Goyenechea y J.M. Castillo-Cerón. 2014. *Los anfibios y reptiles de Hidalgo, México: diversidad, biogeografía y conservación*. Sociedad Herpetológica Mexicana. Pachuca, Hidalgo, México. 387 pp.
- Restrepo, C. y N. Gómez. 1998. *Responses of understory birds to anthropogenic edges in a Neotropical montane forest*. Ecological Applications 8: 170-183.
- Romero-Fregoso, J.J. 2009. *Guía de campo de los reptiles venenosos de la "Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Distrito Federal, México. 42 pp.
- Saunders, D.A., R.J. Hobbs y P.R. Ehrlich. 1993. *Nature conservation three: reconstruction of fragmented ecosystems, global and regional perspectives*. Survey Beatty y Sons. Sydney, Australia. 326 pp.
- Savage, J.M. 1966. *The origins and history of the Central American herpetofauna*. Copeia 4: 719-766.
- Savage, J.M. 1982. *The enigma of the Central American herpetofauna: Dispersal or vicariance?*. Annals of the Missouri Botanical Garden 69: 464-547.
- Savage, J.M. 2005. *The amphibians and reptiles of Costa Rica: A herpetofauna between two continents, between two seas*. University Chicago Press. Chicago, Estados Unidos. 954 pp.
- SEMARNAT. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-05-ECOL-2001. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación. Distrito Federal, México. 110 pp.

- Solano-Zavaleta, I. 2008. *Estudio herpetofaunístico del Municipio de Tlatlauquitepec, Sierra Norte de Puebla*. Tesis de Licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México. México. 112 pp.
- Uetz, P. y J. Hosek (Eds.). The Reptile database. Consultado: 22-02-2019. En: <http://www.reptile-database.org>.
- Vitt, L.J. y J.P. Caldwell, 2009. *Herpetology an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press. Massachusetts, Estados Unidos. 776 pp.
- Xelano-Conde, J.M. 2004. *Estudio herpetofaunístico del Municipio de Zacatlán, Puebla*. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 50 pp.

CITA:

- Tenorio-Mendoza R., M. Martínez-Coronel, G. López-Ortega, I. H. Salgado-Ugarte. 2019. Riqueza herpetológica de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, Puebla, México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*, 2019. Vol. 5 (1): 1-18. <https://doi.org/10.18242/anpscripta.2019.05.05.01.0001>

Sometido: 13 de octubre de 2018

Revisado: 22 de noviembre de 2018

Aceptado: 23 de abril de 2019

Editor asociado: Dra. María del Carmen Blázquez

Idioma Inglés Abstract: Ms.C. Diana Dorantes

Diseño gráfico editorial: Lic. Gerardo Hernández