



**Casa abierta al tiempo**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

---

UNIDAD IZTAPALAPA  
DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
MAESTRIA EN BIOLOGIA

**DIVERSIDAD HERPETOFAUNÍSTICA DEL  
ÁREA NATURAL PROTEGIDA CUENCA HIDROGRÁFICA  
DEL RÍO NECAXA, PUEBLA**

**TESIS**

Para obtener el grado de

Maestro en Biología

PRESENTA

**Biól. Roberto Tenorio Mendoza**

COMITÉ TUTORAL

Codirectores: Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte

M en C. Matías Martínez Coronel

Asesor: M en C. Gerardo López Ortega

México, Ciudad de México

Mayo, 2016

La maestría en biología de la  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Unidad Iztapalapa  
pertenece al padrón de posgrados  
de calidad del CONACyT

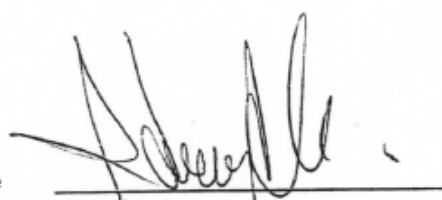
El jurado designado por la Comisión de la Maestría en Biología de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Unidad Iztapalapa aprobó la tesis que presentó:

Biól. Roberto Tenorio Mendoza

El día 25 de mayo del año 2016

**Comité Tutorial y Jurado**

Codirector: Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte



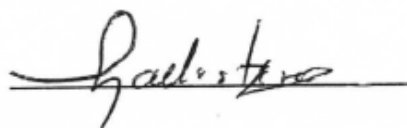
Codirector: M. en C. Matías Martínez Coronel



Asesor (Sinodal): M. en C. Gerardo López Ortega



Sinodal: Dra. Claudia Ballesteros Barrera



Sinodal: Dra. María del Rocío Zarate Hernández



Sinodal: Dr. Juan Carlos López Vidal





Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

# ACTA DE EXAMEN DE GRADO


No. 0217

México 25/05/2016

DIVERSIDAD HERPETOFUNÍSTICA  
DEL ÁREA NATURAL PROTEGIDA  
"CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO  
NECACAMA"

En la Ciudad de México, se presentaron a las 11:00 horas del día 25 del mes de mayo del año 2016 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ  
M. EN C. GERARDO LOPEZ ORTEGA  
DR. JUAN CARLOS LOPEZ VIDAL  
DRA. CLAUDIA BALLESTEROS BARRERA



Roberto Tenorio Mendoza  
ROBERTO TENORIO MENDOZA  
ALUMNO

Bajo la Presidencia de la primera y con carácter de Secretaria la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRO EN BIOLOGIA  
DE: ROBERTO TENORIO MENDOZA

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

*Aprobar*

REVISÓ



LIC. JULIO CÉSAR DE LARA ISASSI  
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES


Acto continuo, la presidenta del jurado comunicó al interesado el resultado de la evaluación y, en caso sprobatorio, le fue tomada la protesta.

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS



DRA. EDITH PONCE ALQUICIRA

PRESIDENTA




DRA. MARIA DEL ROCIO ZARATE HERNANDEZ

VOCAL



M. EN C. GERARDO LOPEZ ORTEGA

VOCAL



DR. JUAN CARLOS LOPEZ VIDAL

SECRETARIA



DRA. CLAUDIA BALLESTEROS BARRERA

## **COMITÉ TUTORAL**

### **Codirectores de Tesis**

Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte  
Profesor de Carrera Titular "C",  
Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera  
Facultad de Estudios superiores de Zaragoza  
Universidad Nacional Autónoma de México

M. en C. Matías Martínez Coronel  
Profesor-Investigador Titular "B"  
Departamento de Biología  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Iztapalapa

### **Asesor**

M. en C. Gerardo López Ortega  
Profesor-Investigador Titular "C",  
Departamento de Biología, Área de Ecología  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Iztapalapa

## **Agradecimientos**

A CONACyT por otorgar la beca de apoyo durante la realización de la maestría.

Las salidas al campo y el procesamiento del material fueron financiados con los recursos aportados por el M. en C. Matías Martínez Coronel.

A la comisión de la maestría en biología por las atenciones y apoyo recibido durante la realización de la maestría.

A mi comité tutorial: el Dr. Isaías Hazarmabeth Salgado Ugarte por ser parte de este comité y sus observaciones durante la realización de esta tesis; el M. en C. Matías Martínez Coronel por haber aceptado dirigir este proyecto así como sus enseñanzas en campo y laboratorio; y el M. en C. Gerardo López Ortega por sus valiosos comentarios, recomendaciones y sugerencias realizadas a mi trabajo.

A mis sinodales: Dra. Claudia Ballesteros Barrera, Dra. María del Rocío Zarate Hernández y Dr. Juan Carlos López Vidal por el tiempo invertido para revisar este trabajo, sugerencias, comentarios y correcciones para mejorar la tesis.

A mi madre Luz María, hermana Caro, tío Víctor y el resto de la familia por su paciencia, por siempre estar a mi lado, por hacerme una mejor persona y guiarme hasta donde estoy ahora.

A mi novia Janet E. Osnaya Becerril por todo este tiempo juntos; creer en mí y soportarme; y todo el apoyo brindado durante la realización de la maestría y haberme acompañado a realizar parte de los muestreos. Te Amo.

A mis amigos en especial a, Diana, Gustavo, Héctor y Juan por ser parte de mi vida, su amistad y su confianza en todo momento.

A todos mis compañeros de la generación de la Maestría en Biología 2013, por su apoyo en este camino que recorrimos juntos.

A la SEMARNAT y DGVS por otorgar el permiso de colecta científica.

Al personal de CONANP en especial al Director Elimelec Anzures Vásquez, al Ingeniero Agrónomo José Pérez López y a la Arqueóloga Silvia Niembro Rocas por otorgar los permisos para trabajar dentro del área de protección y contactarnos con los dueños de los predios donde se realizó el muestreo.

A los señores Mario y Fernando Hernández Garrido; y familia por su cálido recibimiento, hospitalidad y habernos permitido trabajar en su predio haya en Teopancingo.

Al personal de CFE, en especial al Ingeniero Carlos Tapia por habernos permitido la entrada a la Planta Hidroeléctrica de Necaxa.

A los habitantes de Nuevo Necaxa que nos permitieron trabajar en algunos de sus predios, por su interés y la curiosidad que les inculcó nuestro trabajo.

A la Dra. Lorena Alfaro, su familia, al Sr. Juan Castillo y a los trabajadores de la Finca Xaltepuxtla, por dejarnos realizar ahí los muestreos, por su amabilidad e interesarse en este proyecto.

Al Sr. Patricio Cano Flores y su familia por su interés en conocer y conservar la riqueza biológica del área de protección y su apoyo para entrar al predio el “Infiernillo”.

## Resumen

Se analizó la abundancia, riqueza y diversidad de la herpetofauna del Área Natural Protegida Cuenca Hidrográfica Río Necaxa (ANP-CHRN) en el Estado de Puebla, México. Se aplicó el enfoque metodológico de “ventanas” y para el análisis de la diversidad se utilizó el modelo de partición aditiva. En el área de estudio fueron seleccionadas cuatro ventanas: Teopancingo, Nuevo Necaxa, Xaltepuxtla y el “Infiernillo”, situadas en diferente altitud, dentro de las cuales se encontraron representados diez tipos de vegetación que fueron considerados como hábitat. Después de 26 muestreos que cubrieron todo un año, se registraron 51 especies, 19 anfibios y 32 reptiles. De estas, cerca del 50% fueron endémicas de México y sólo una para el estado de Puebla. Biogeográficamente la herpetofauna estuvo compuesta principalmente por elementos de afinidad tropical. Los estimadores Chao 1 y 2 predijeron la presencia de 71 y 73 especies respectivamente en la ANP. Tres especies fueron dominantes numéricas, la mayoría fueron raras, por esta variación en las abundancias el modelo al que se ajustó la comunidad fue la serie logarítmica, indicando que el sitio de estudio se encuentra bajo perturbación. Hubo diferencias entre temporadas en cuanto a riqueza y abundancia, en la época seca se registró un mayor número de especies (39), mientras que la época húmeda se registró el mayor número de individuos (470). En ambas temporadas siempre fue mayor la riqueza específica de reptiles. Se reconocieron seis microhábitat de los cuales el más usado por anfibios fue el ripario y para los reptiles el terrestre. La ventana de Teopancingo fue la de mayor riqueza específica (19) y diversidad ( $H' = 2.38$ ), mientras que el hábitat más rico fue el acahual de selva mediana (15) y el más diverso fue el bosque de pino ( $H' = 2.28$ ). El modelo de partición aditiva mostró que el componente beta es el que más aportó a la diversidad total. De acuerdo al análisis de correspondencia canónica las variables de mayor importancia para la separación de la herpetofauna y sus hábitat fueron la altitud, temperatura y humedad. Dentro del ANP las ventanas con el mayor valor de similitud en su herpetofauna fueron Xaltepuxtla y el “Infiernillo”, sin embargo no rebasó el valor crítico similitud de 66.66% para separar faunas de Sánchez y López-Ortega (1988), siendo similares cuando el valor del índice supera el valor crítico y disímiles cuando es menor. En comparación con la riqueza de sitios adyacentes con sitios adyacentes, el ANP tuvo una mayor similitud con los municipios cercanos de Zacatlán y Acaxochitlán.

## Palabras clave:

Diversidad, herpetofauna, partición aditiva, riqueza, ventanas.



## **Abstract**

The abundance, richness and diversity of the herpetofauna in the Natural Protected Area Necaxa River Hydrological Basin of Puebla, Mexico, were analyzed. The methodological approach of "windows" and the additive partitioning method for diversity analysis was used. In the study area four windows were selected: Teopancingo, Nuevo Necaxa, Xaltepuxtla and "Infiernillo", they ranged from 2330 to 520 m asl, and covers 10 vegetation types (here recognized as habitats). After 26 sampling days 51 herpetozoans species were recorded, 19 amphibians and 32 reptiles. Of these, about 50% were endemic to Mexico and only one to the State of Puebla. According to Chao 1 and Chao 2 estimators 71 and 73 species are expected to the Natural Protected Area. By their abundance, three species were classified as dominant, while the majority of them were classified as rare. The abundances of species were adjusted to the logarithmic series model of the community, which means that the study site is under disturbance. There were differences in richness and abundance between seasons, in the dry season there was a greater number of species (39), while in the wet season there was more individuals (470). In both seasons the reptiles species richness was higher in contrast with amphibians. Six microhabitat were used by herpetozoans, of which the riparian microhabitat was principally used by amphibians and the land by reptiles. The Teopancingo window had the highest specific richness (19) and diversity ( $H' = 2.38$ ). Among habitats, the most diverse was the pine forest ( $H' = 2.28$ ). The additive partitioning model showed that beta component was the highest contributor to the total diversity. According to canonical correspondence analysis the variables altitude, temperature and humidity were most important. Within the Natural Protected Area the windows Xaltepuxtla and "Infiernillo" had highest similarity from his herpetofaunal, however did not exceed the similarity critical value of 66.66% for separate faunas of Sanchez and Lopez-Ortega (1988), being similar when the index exceeds this value and dissimilar when it is less. While, with adjacent sites, the Natural Protected Area showed greater similarity to the nearby municipalities Zacatlan and Acaxochitlan.

## **Key words:**

Diversity, herpetofauna, additive partition, richness, windows.

## Índice General

	<b>Página</b>
Agradecimientos	VI
Resumen	VIII
Abstract	IX
Introducción	1
Antecedentes	8
Hipótesis	13
Objetivos	14
Área de estudio	15
Metodología	25
Trabajo de campo	25
Análisis de datos	28
Resultados	32
Composición de la herpetofauna	32
Esfuerzo de muestreo	33
Abundancia	34
Uso de microhábitat	36
Diversidad alfa	36
Partición aditiva	40
Índice de similitud y complementariedad	41
Análisis de correspondencia canónica	44
Discusión	47
Conclusiones	67
Literatura consultada	70
Apéndices	91

## **Introducción**

### **La biodiversidad**

En México la diversidad biológica está representada por un complejo mosaico de especies y ecosistemas, la cual muestra tendencias geográficas de riqueza de especies y patrones de acumulación de endemismos, que se relacionan con la heterogeneidad del medio físico, producto de una compleja historia geológica y climática (Espinosa y Ocegueda 2008). La diversidad de especies forma complejos patrones espaciales, que son evidentes al contrastar diferentes tipos de vegetación y paisajes entre sitios relativamente cercanos, existiendo variaciones en cada uno de ellos dependiendo de variables ambientales, a los cuales se encuentra asociada una biota particular (Koleff y Soberón 2008). Cuando hablamos de diversidad biológica, nos referimos a toda la riqueza y variabilidad de los seres vivos así como a los complejos que forman entre ellos en cualquier nivel jerárquico y abarca desde genes hasta ecosistemas. (Morrone *et al.* 1999; Halffter y Moreno 2005).

La diversidad biológica puede ser medida en tiempo y espacio, y corresponde a uno de los campos centrales de la ecología y bioconservación, debido a que su estudio puede ser útil al hacer comparaciones de manera cualitativa y cuantitativa entre regiones o grupos determinados de organismos y así explorar patrones y procesos ecológicos (Jost 2010; Scheiner *et al.* 2011). Para tal propósito en 1960 Whittaker propuso la idea de que la diversidad de una región (considerada diversidad gamma) podía dividirse en dos componentes: la riqueza de especies de cada comunidad dentro de una región (diversidad alfa) y el cambio en la composición de especies entre comunidades (diversidad

beta). Estos componentes se utilizan como bases analíticas para evaluar el impacto a la biodiversidad por las actividades antropogénicas y para analizar patrones de diversidad alfa y beta para distintos grupos de organismos en diferentes escenarios ecológicos y biogeográficos (Halffter y Moreno 2005).

Después de que Whittaker (1960; 1972) realizara su propuesta para medir la diversidad, se plantearon distintos modelos para su partición que explican las relaciones de los componentes y el funcionamiento del ecosistema, permitiendo unificar estos conceptos en una fórmula matemática. Una de ellas es conocida como la partición aditiva de la diversidad (Lande 1996; MacArthur *et al.* 1966):

$$D\gamma = D\alpha + D\beta$$

En donde  $D\gamma$  es la diversidad total dentro de una región,  $D\alpha$  es la diversidad dentro de una comunidad y  $D\beta$  es la tasa de recambio de especies entre comunidades.

Este modelo aditivo difiere del enfoque multiplicativo clásico (Whittaker 1972) debido a que ésta tiene gran potencial en términos de consistencia y se puede aplicar a escalas temporales o espaciales de muestreo (Loreau 2000). Además los tres componentes de la diversidad son medidos a partir de la riqueza de especies, o a través de algún índice de diversidad que combine la riqueza con la equidad en la distribución de las abundancias relativas y de esta manera se obtiene la proporción de los valores que alfa y beta aportan a la diversidad gamma (Pereyra y Moreno 2013).

En la actualidad no basta con medir la diversidad con solo un índice sino que se requiere de una estrategia: saber a qué escala se va a realizar el estudio; si es a nivel de región o paisaje; qué organismos y qué método analítico se utilizará. Anteriormente los estudios de diversidad utilizaban los componentes alfa, beta y gamma para medir únicamente la riqueza de especies dentro y entre tipos de vegetación. Sin embargo con la creciente pérdida y modificación del hábitat tenemos una idea incompleta de la estructura y composición de un paisaje y en algunos casos existen sitios donde contrastan diferentes tipos de vegetación primaria y secundaria, por lo que se ha propuesto la utilización de ventanas (Rös *et al.* 2012). Las ventanas son sitios proporcionales o equivalentes, situados en forma aleatoria o sistemática de manera en que se pueda obtener la máxima representatividad de un paisaje.

Así los valores obtenidos de la riqueza de especies en cada ventana son considerados como la diversidad alfa y a la comparación entre ventanas que demuestra el grado de heterogeneidad entre tipos de vegetación natural e inducida será la diversidad beta. Con el enfoque de ventanas es posible tener un panorama más amplio de cómo está compuesto un paisaje además la ventaja de su utilización es que permite hacer repeticiones en el mismo sitio de muestreo, independientemente de si la cobertura vegetal ha cambiado (Halffter y Rös 2013).

En este trabajo se analizó la diversidad de especies aplicando el concepto de ventanas a través del modelo de partición aditiva en una cuenca hidrográfica ubicada en la Sierra Norte de Puebla (SNP) en la que contrastan diferentes tipos de vegetación que han sido fragmentados por las actividades agrícolas y

expansión de los asentamientos humanos, utilizando como grupo de estudio a los anfibios y reptiles.

### **Herpetofauna**

Se calcula que en el mundo existen alrededor de 7534 especies de anfibios (Amphibiaweb.org 2016) y 10,391 de reptiles (Uetz y Hosek 2016). México alberga alrededor del 7% de la riqueza biológica mundial de herpetozoarios, que está representada por 377 especies de anfibios y 916 de reptiles (Flores-Villela y García-Vásquez 2014; Parra-Olea *et al.* 2014; Uetz y Hosek 2016). A pesar de esta gran riqueza herpetológica, el conocimiento sobre este grupo aún es pobre ya que existen sierras, estados y cuencas que permanecen sin ser exploradas (Flores-Villela y García-Vásquez 2014; García-Vásquez *et al.* 2006).

Los anfibios y reptiles son considerados “organismos modelo” porque han sido utilizados en una amplia variedad de estudios para la formulación de ideas con respecto a la estructura y función de las comunidades; por ejemplo en la diversidad de especies, repartición de recursos, competencia, depredación, procesos históricos y biogeografía de islas (Vitt y Pianka 1994). En el caso de la herpetofauna de México se han abordado aspectos sistemáticos, biogeográficos, fisiológicos, etológicos, ecológicos y de conservación (Vite-Silva *et al.* 2010).

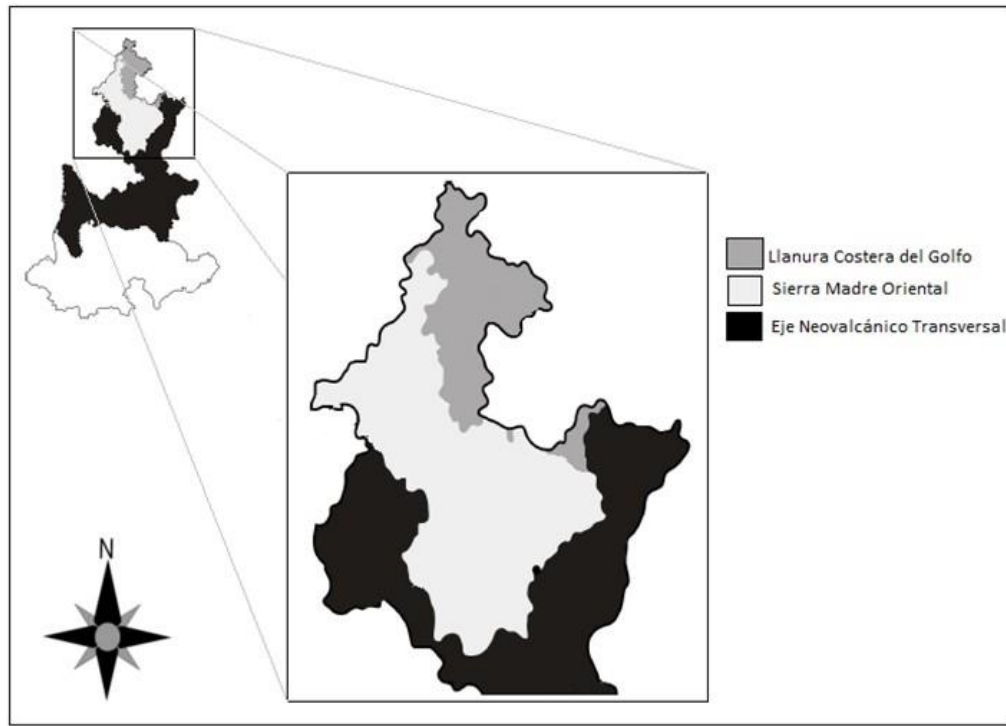
Puebla es un estado parcialmente explorado y hasta el momento se han registrado 247 especies de herpetozoarios: 82 de anfibios y 165 de reptiles que representan el 22.7% de la herpetofauna total del país (Gutiérrez-Mayén *et al.* 2011). De estos 247 taxa, 145 son endémicas de México, 11 de las cuales

están limitadas al estado y corresponden a miembros de las familias Hylidae, Plethodontidae y Colubridae. Los anuros con 60 especies son el grupo mejor representado, seguido por las salamandras con 22. Con relación a los reptiles, el grupo más diverso son serpientes con 99 especies, seguido de los lacertilios con 62 y finalmente las tortugas con tan solo cuatro (García-Vásquez *et al.* 2002 y 2009).

Los herpetozoarios son organismos con poca vagilidad, a excepción de las tortugas marinas, y debido a que son ectotermos la distribución y actividad de estos organismos depende de las condiciones ambientales (Vitt y Caldwell 2009). Por lo anterior, la herpetofauna de Puebla puede servir como modelo de estudio para explorar las relaciones de éste grupo con los diferentes tipos de vegetación y clima teniendo en cuenta que en el estado confluyen varios sistemas montañosos, que generan diferentes hábitat. Tal es el caso de la SNP, accidente geográfico en el que convergen tres provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico Transversal (ENT), la Sierra Madre Oriental (SMO) y la Llanura Costera del Golfo (LCG) (Fig. 1). De las tres provincias, la del ENT tiene la mayor riqueza específica con 123 taxa registrados, seguido de la SMO con 93 y la LCG con 38 (Gutiérrez-Mayén *et al.* 2011).

No obstante, aún hace falta explorar algunas zonas de cada provincia y conocer la relación de éstas con las asociaciones vegetales presentes, particularmente de la SMO (Canseco-Márquez *et al.* 2004), como son los bosques de coníferas, mesófilo de montaña y selvas tropicales, que en la zona se caracterizan por la presencia de numerosos cuerpos de agua y una alta precipitación pluvial durante gran parte del año, lo que genera un ambiente con

elevada humedad relativa, condiciones que son esenciales para los anfibios y algunas serpientes (Wake y Lynch 1976 ;Vitt y Caldwell 2009).



**Figura 1.- Provincias fisiográficas que abarca la Sierra Norte de Puebla.**

Ecológicamente, los anfibios y reptiles son controladores poblacionales de artrópodos y mamíferos, así mismo son el alimento para varias especies de reptiles semiacuáticos (serpientes), aves acuáticas (garzas y garcetas) y mamíferos (García-Vásquez *et al.* 2009). Además estudios recientes mencionan que estos organismos pueden actuar como polinizadores y dispersores de semillas (Schlaepfer *et al.* 2005; Sazima *et al.* 2005).

También han sido utilizados por el hombre como bioindicadores debido a que son sensibles a los cambios en el ambiente, como la contaminación o la tempe-



ratura (Relyea 2005), además por alimentarse de artrópodos, mantienen en equilibrio a poblaciones de insectos que pueden convertirse en plagas ocasionando problemas económicos y de salud (Durant y Hopkins 2008).

## **Antecedentes**

La herpetofauna mexicana ha sido objeto de diferentes estudios que incluyen temas de taxonomía, sistemática, biogeografía, conducta y conservación, así como trabajos que aportan información general sobre la riqueza de especies de una región (principalmente listados de especies). Sin embargo, pocos trabajos analizan los patrones espaciales y sus determinantes (García-Vásquez *et al.* 2006; Vite-Silva *et al.* 2010), por ejemplo para la zona donde se desarrolló el presente trabajo este tipo de estudios no se han realizado.

El Estado de Puebla posee una topografía heterogénea y algunas zonas no han sido exploradas o lo han sido esporádicamente debido a la dificultad para acceder a ellas. Por ello el conocimiento de la herpetofauna del estado sigue sin una obra completa y en los últimos años se han descubierto nuevas especies (Gutiérrez-Mayén *et al.* 2011; Parra-Olea *et al.* 2014).

Entre los primeros estudios que abarcan de manera general a los anfibios y reptiles de Puebla se pueden citar los de Smith y Taylor (1945, 1948 y 1950) quienes mencionan un total de 40 especies de lagartijas, 53 de serpientes y 33 de anfibios para el estado. En un trabajo posterior Smith y Smith (1973) citan para el estado un total de 144 especies de serpientes, 89 lagartijas, 19 caudados y 69 anuros, sin embargo muchas de estas especies han caído en sinonimias.

Benítez-Gálvez (1997) publicó “Los ofidios de Puebla” el cual aborda diversos aspectos como la descripción, hábitos, hábitat y distribución de cada una de la especies.

García-Vásquez *et al.* (2009) efectuaron una síntesis basados en trabajo de campo, revisión de literatura y colecciones científicas nacionales e internacionales y reportan 247 especies para el estado.

Los estudios herpetofaunísticos han abarcado distintas zonas del estado, siendo la parte sur la más conocida, y de la cual podemos citar la obra de García-Vásquez *et al.* (2006), quienes analizaron la distribución y ecología de la herpetofauna de la región Mixteca registrando 64 especies pertenecientes a 51 géneros y 22 familias que representan 28.76% de la herpetofauna total de Puebla.

Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén (2010) registraron para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán 117 especies, 32 anfibios y 85 reptiles, que equivale al 47% de las especies registradas para el estado. Anteriormente en el 2005 Woolrich-Piña y colaboradores reportaron siete especies de anfibios y 33 de reptiles para el Valle de Zapotitlán de las Salinas.

La SNP es un área poco estudiada desde el punto de vista herpetofaunístico (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén 2006). Para esta región se cuenta con la información de Ávila-Soriano (1987) quien realizó un estudio etnoherpetológico en el municipio de Tepango de Rodríguez, y citó seis especies de anfibios y 13 de reptiles. Asimismo, en este mismo sitio se describió una nueva especie, la lagartija *Celestus legnotus* (Cambell y Camarillo 1994).

Canseco-Márquez *et al.* (2004) consideraron a la SNP la región de mayor riqueza y diversidad herpetofaunística del estado, además en la porción correspondiente a la SMO, registraron 93 especies, 33 anfibios y 60 reptiles.

En el municipio de Cuetzalan del Progreso se han realizado diversos estudios en los últimos años, como el de Chong-Alcaraz (2004) quien estudió la distribución altitudinal de las salamandras pletodóntidas neotropicales en el municipio y registró seis especies de las cuales tres resultaron ser nuevas.

En el 2004, Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén dan a conocer nuevas localidades en las que se registró *C. legnotus* con las que se amplió su área de distribución conocida. También se realizó la descripción de dos especies: la culebra *Tantilla robusta* y la salamandra *Pseudoeurycea quetzalensis* (Canseco-Márquez *et al.* 2002 y Parra-Olea *et al.* 2004). Finalmente, Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén (2006) registraron 68 especies, 23 anfibios y 45 reptiles en bosque de pino, mesófilo de montaña y tropical caducifolio y reportaron tres nuevos registros de especies para el estado: la rana *Craugastor pygmaeus*, la salamandra *Parvimolge townsendi* y la serpiente *Amastridium sapperi*.

Otros trabajos que se han llevado a cabo en la SNP son los realizados por: Xelano-Conde (2004) quien analizó la distribución en un gradiente altitudinal y por tipo de vegetación de 33 especies, 12 anfibios y 21 reptiles en el municipio de Zacatlán de las Manzanas.

Gutiérrez-Mayén y Salazar-Arenas (2006) analizaron la distribución altitudinal y por tipo de vegetación de 37 especies ,11 anfibios y 26 reptiles en los municipios de Camocuautla, Huitzilán de Serdán y Zapotitlán de Méndez.

Solano-Zavaleta (2008) registró para el municipio de Tlatlauquitepec un total de 69 especies, 22 anfibios y 47 reptiles además comparó la riqueza y endemismos entre tipos de vegetación, provincias fisiográficas y municipios.

En el caso particular del Área Natural Protegida “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa” (ANP-CHRN) existen pocos trabajos que abarcan el área de estudio, como el de Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista (2012) quienes analizaron la diversidad de reptiles presentes en el bosque de pino, pino-encino y mesófilo de montaña ubicados en los municipios de Acaxochitlán y Cuauhtepic de Hinojosa, Hidalgo, donde se registraron 12 especies de lagartijas y 13 de serpientes de las que *Thamnophis scaliger* resultó ser un nuevo registro para el estado y la zona.

La CONANP (FIR 2007) publicó un listado de las especies de anfibios y reptiles de la ANP donde citan a 17 especies de anfibios como el sapo del Golfo (*Incilius nebulifer*), la rana arborícola (*Smilisca baudinii*), rana ladradora (*Craugastor mexicanus*), rana poblana (*Lithobates pueblae*) y la salamandra o tlasholo (*Pseudoeurycea cephalica*). Para los reptiles aún no se cuenta con una cifra exacta dentro del ANP, pero sobresalen las serpientes acuáticas: de cabeza dorada (*Thamnophis chrysocephalus*), de cuello negro (*T. cyrtopsis*), moteada (*T. sumichrasti*) y listonada de cola corta (*T. scaliger*). Otras especies frecuentes en las zonas arboladas son los llamados “falsos escorpiones” de tierra (*Barisia imbricata*) y el de árbol (*Abronia taeniata*); las culebras lineadas de tierra (*Conopsis lineata*) y minadora alteña (*Geophis mutitorques*); y la víbora de cascabel (*Crotalus triseriatus*).

Romero-Fragoso y la CONANP (2009) publicaron una guía de campo de serpientes venenosas como parte del programa de monitoreo del proyecto “Autopista México-Tuxpan Tramo: Nuevo Necaxa-Tihuatlán”, entre las que sobresalen la nauyaca real o mahuquite (*Bothrops asper*), mano de metate o tancash (*Atropoides nummifer*), torito o cornuda (*Ophryacus undulatus*) y coralillo (*Micrurus* sp.) que pueden llegar a habitar en zonas boscosas cerca de los poblados.

De la Maza y White (1990) suponen que el área donde se encuentra el ANP fue un refugio glacial pleistocénico, razón por la cual los tipos de vegetación presentes pueden albergar una elevada riqueza de especies y endemismos, e incluso especies aun no descritas para la ciencia, lo que brinda oportunidad para el desarrollo de investigaciones científicas.

## **Hipótesis**

H1: Por su compleja topografía, condiciones ambientales, diversos tipos de vegetación y estar ubicada dentro de la SNP, la ANP-CHRN es un sitio que alberga una elevada riqueza de especies.

H2: En la ANP-CHRN contrastan diversos tipos de vegetación (hábitat) naturales e inducidos cada uno con condiciones distintas las cuales afectan las abundancias de las diferentes especies de anfibios y reptiles, por lo tanto la comunidad está compuesta por unas cuantas especies dominantes y numerosas especies raras.

H3: Los microhábitat más explotados por la herpetofauna son el ripario para los anfibios y terrestre para los reptiles debido a la ecología de cada especie y su capacidad para explotar los recursos de cada hábitat.

H4: Los anfibios y reptiles son dependientes de la humedad y de la temperatura respectivamente, entonces los hábitat con mayor porcentaje de humedad relativa y una temperatura estable son los que alberguen la mayor riqueza y diversidad en la zona de estudio.

H5: La variedad climática, topográfica y de microhábitat son elementos que determinan la riqueza de un hábitat, las cuales influyen el intercambio de faunas, por tanto la tasa de recambio es alta entre hábitat y ventanas; y la que más aporta a la diversidad gamma.

### **Objetivo general**

Determinar la riqueza de especies, abundancia, uso de microhábitat, relación con el hábitat y la diversidad mediante un análisis de los componentes alfa, beta y gamma, utilizando el enfoque de ventanas y la partición aditiva para la herpetofauna de la porción poblana del Área Natural Protegida “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa”.

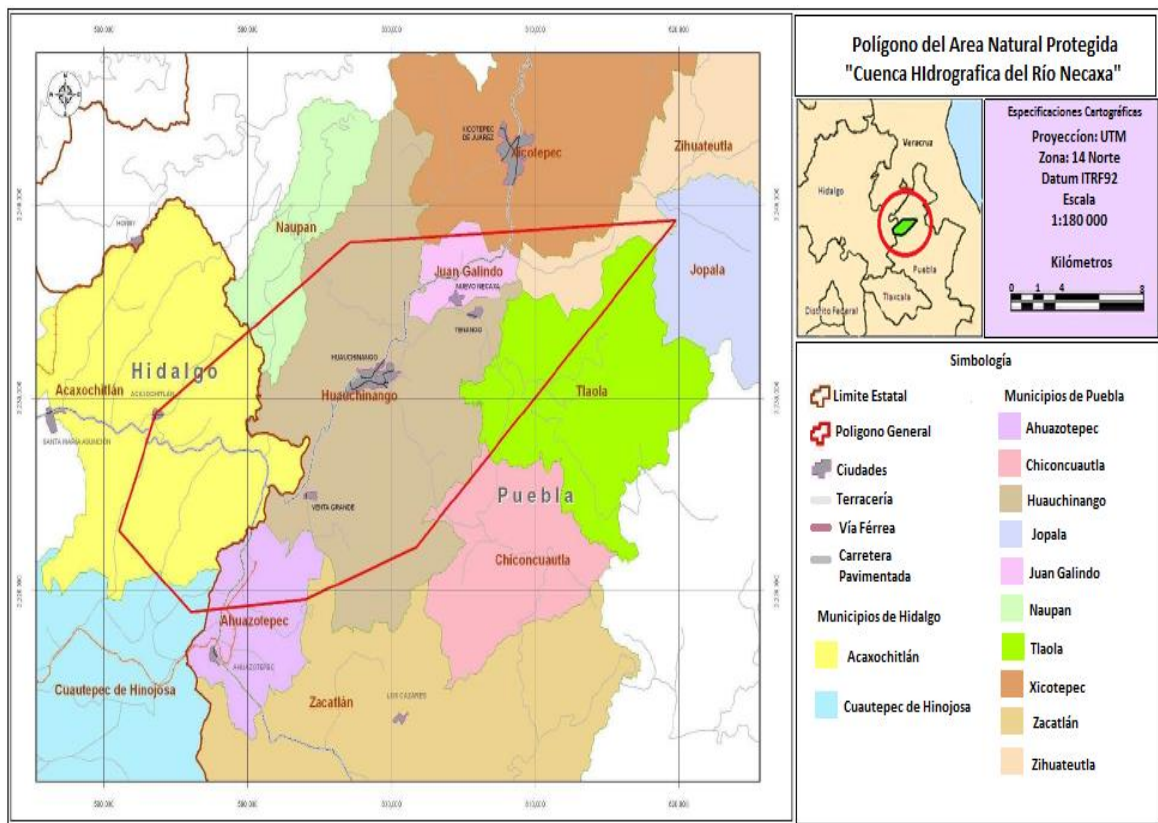
### **Objetivos particulares**

- Obtener un inventario para la herpetofauna que se encuentra en la ANP-CHRN.
- Determinar por su abundancia relativa a las especies dominantes, comunes y raras dentro de la ANP-CHRN.
- Determinar los microhábitat más explotados por anfibios y reptiles.
- Determinar cuáles son los sitios con la mayor riqueza de especies.
- Estimar la diversidad alfa de cada ventana, hábitat y la diversidad gamma para la ANP-CHRN.
- Determinar la tasa de recambio de especies (diversidad beta) entre hábitat y entre ventanas; y cuál es el aporte de éstas a la diversidad gamma.
- Evaluar la influencia de las características del hábitat y las variables microambientales sobre la diversidad y distribución de la herpetofauna.
- Analizar la similitud y complementariedad con otros inventarios que se han obtenido en la SNP y zonas adyacentes.



## Área de estudio

El ANP-CHRN fue decretada el 20 de octubre de 1938 (DOF 1938). Está ubicada entre los paralelos 20° 3' y 20° 17' de latitud norte y 97° 51' y 98° 13' de longitud oeste, en los municipios poblanos de Ahuazotepec, Huauchinango, Juan Galindo, Naupan, Tlaola, Xicotepec, Zacatlán, Chiconcuautla, Zihuateutla y Jopala; y los municipios hidalguenses de Acaxochitlán y Cuauhtepc de Hinojosa (CONANP 2013, Fig.2).



**Figura 2.- Ubicación el polígono del ANP "Cuenca Hidrográfica del río Necaxa" en los Estados de Hidalgo y Puebla (INAFED 2009; CONANP 2013).**

Además se han incorporado 643 hectáreas de terrenos propiedad privada, de las cuales 198 han sido donados a favor de SEMARNAT y CONANP y así

destinarlos a la protección, preservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

La porción poblana de la ANP-CHRN abarca una extensión de 32,630 ha, queda comprendida en las regiones fisiográficas de la SMO, el ENT y la LCG. Altitudinalmente va desde los 560 hasta los 2,323 m.s.n.m., formada por planicies y valles intermontanos (INAFED 2009). La zona está constituida por dos regiones que se formaron durante el Cenozoico y Mesozoico, la primera se encuentra en la región occidental y central, y la segunda en las regiones sur y norte. El tipo de rocas que predominan en la zona son basaltos y en una franja central de la porción centro-oriente, mientras que las calizas dominan hacia la porción oriente, centro-norte y centro-sur, en estas dos últimas se combinan con lutitas.

El sistema hidrológico es afectado por los fenómenos meteorológicos que afectan a el Golfo de México y que originan altas precipitaciones, las cuales con el paso del tiempo han labrado profundas barrancas por donde desaguan ríos generalmente perennes, que sumado al sustrato geológico poco estable produce barrancas que cada vez se hacen más amplias y profundas. Esta dinámica del sistema hidrológico regional puede considerarse como una característica que condiciona buena parte de los componentes del ecosistema (CONANP 2013).

La ANP-CHRN pertenece a la región hidrológica RH-27 “Tuxpan-Nautla”, caracterizada por la presencia de numerosos cuerpos de agua, potencial hidrológico que es aprovechado actualmente en la Planta Hidroeléctrica de

Necaxa y la Barranca de Patla. Entre los numerosos cuerpos de agua presentes están las presas: Tejocotal, Los Reyes, Nexapa, Necaxa y Tenango, además de ríos y corrientes de agua perennes e intermitentes que atraviesan los municipios del área y que en varios casos abastecen a las presas existentes y tienen su desembocadura en el Golfo de México (INAFED 2009).

El clima está determinado por la ubicación que el sitio tiene con respecto al Golfo de México y a la SMO. Los vientos que vienen del Golfo de México cargados de humedad, a medida que ascienden por la ladera oriental de la SMO, descargan ésta en forma de lluvia. En la zona también es frecuente la presencia de nortes, fenómeno que genera precipitaciones, nubosidad y bajas temperaturas en la misma ladera de barlovento (FIR 2007).

El clima dominante es templado húmedo con lluvias todo el año, verano fresco y largo, precipitación del mes más seco mayor a 40 mm y menos de 18% de lluvia invernal con respecto a la lluvia total, el mes más caliente es antes de junio. De éste clima hay dos subtipos, Cb (fm)(e)g y Cbm(f)(e)gw". El primero se presenta en los alrededores de las represas Necaxa, Tenango de las Flores y Nexapa, mientras que el segundo se ubica en los alrededores de las represas La Laguna (Tejocotal) y Los Reyes (García, 1975, Fig. 3).

Los tipos de suelo corresponden a los característicos de las zonas templadas de regiones montañosas y están formadas por Andosoles (municipio de Acaxochitlán, represas el Tejocotal y Los reyes; Huauchinango, represas Tenango y Nexapa) y en menor proporción por Litosoles; suelos conformados por Acrisol húmico. El municipio de Juan Galindo (represa Necaxa) presenta

tres tipos de suelo. Regozol en un 53%, Luvisol en un 42% y Acrisol en un 5% (FIR 2007).

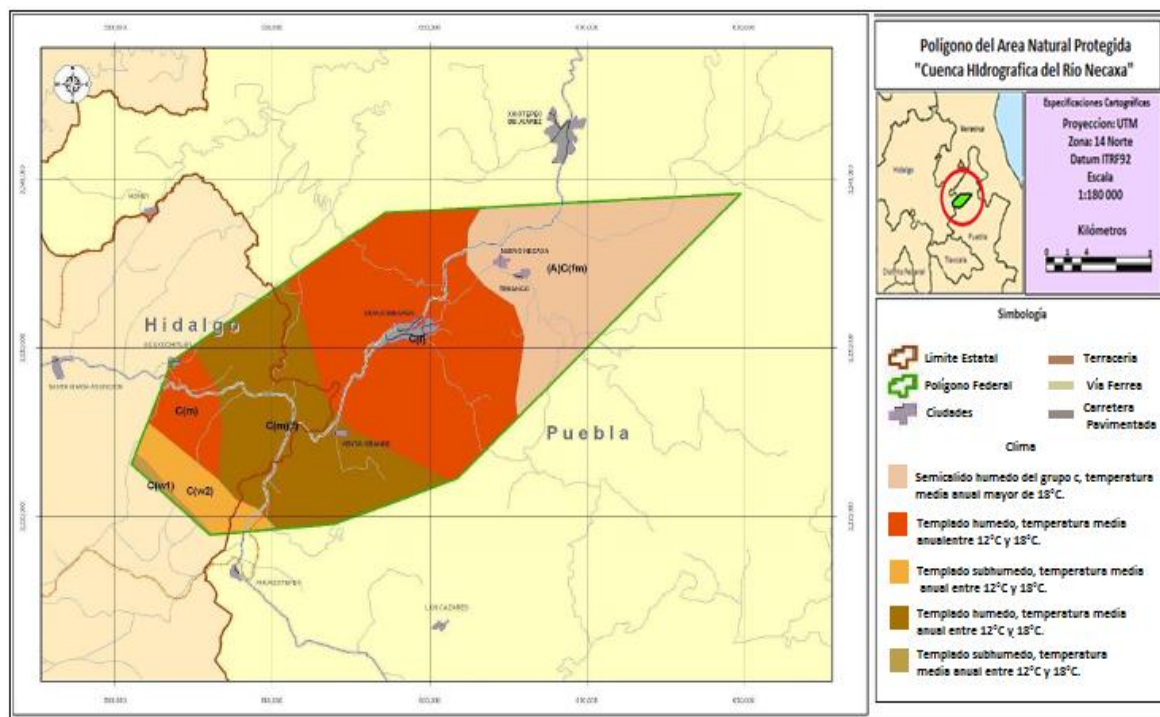


Figura 3.- Climas del ANP-CHRN (CONANP 2013).

Las asociaciones vegetales naturales cubren cerca del 48%, y están representadas por bosques de pino (BP), encino (BQ), pino-encino (BPQ) y mesófilo de montaña (BMM), así como por selva mediana subcaducifolia (SMS), subperennifolia (SMSP) y pastizal (P). El BMM, SMS y SMSP presentan un mayor grado de perturbación, ya que el 12.8% del BMM está asociado a vegetación secundaria y sólo el 1.7% se encuentra conservado, el total de la superficie de SMS y SMQ presenta vegetación secundaria. Las zonas boscosas mejor conservadas se localizan en cañadas de difícil acceso, el 16% restante corresponde a pastizales cultivados e inducidos, bosque cultivado y

asentamientos humanos, de los cuales el más grande se encuentra en el municipio de Huauchinango (Cerón-Carpio *et al.* 2012, Fig. 4).

El 47% de la superficie de la zona se dedica a la agricultura de temporal siendo el maíz, café, algunos frutales y plantas de ornato los principales cultivos. Asimismo, entre las superficies ocupadas por la agricultura existen manchones de bosques parcialmente conservados. La presencia de variados elementos florísticos debido al clima que se presenta en el ANP y las variaciones en el ambiente físico han dado como resultado un intrincado y complejo mosaico de asociaciones vegetales con una flora extraordinariamente diversa y contrastante (CONANP 2013).

### **Descripción de la vegetación de los sitios de estudio**

Fueron elegidas cuatro ventanas para llevar a cabo el muestreo de anfibios y reptiles, cada una de ellas ubicada a diferente altitud, y en donde están representados diez tipos de vegetación (Fig. 4).

**Ventana 1:** Teopancingo, Municipio de Huauchinango, Puebla. Provincia del ENT.

Ubicada en las coordenadas 20°05'55.4" y 98°03'34.5"; a 2290 msnm. El área mide 5.4 km<sup>2</sup>, tiene una topografía semiplana con terrenos ondulados de suelo profundo con un porcentaje de pedregosidad variable y donde se originan diferentes arroyos, el porcentaje de inclinación varía de a 13 a 28.3% .La ventana está ubicada en una zona templada, corresponde a la de mayor altitud y es la mejor conservada .En este sitio se reconocieron cuatro tipos de vegetación:



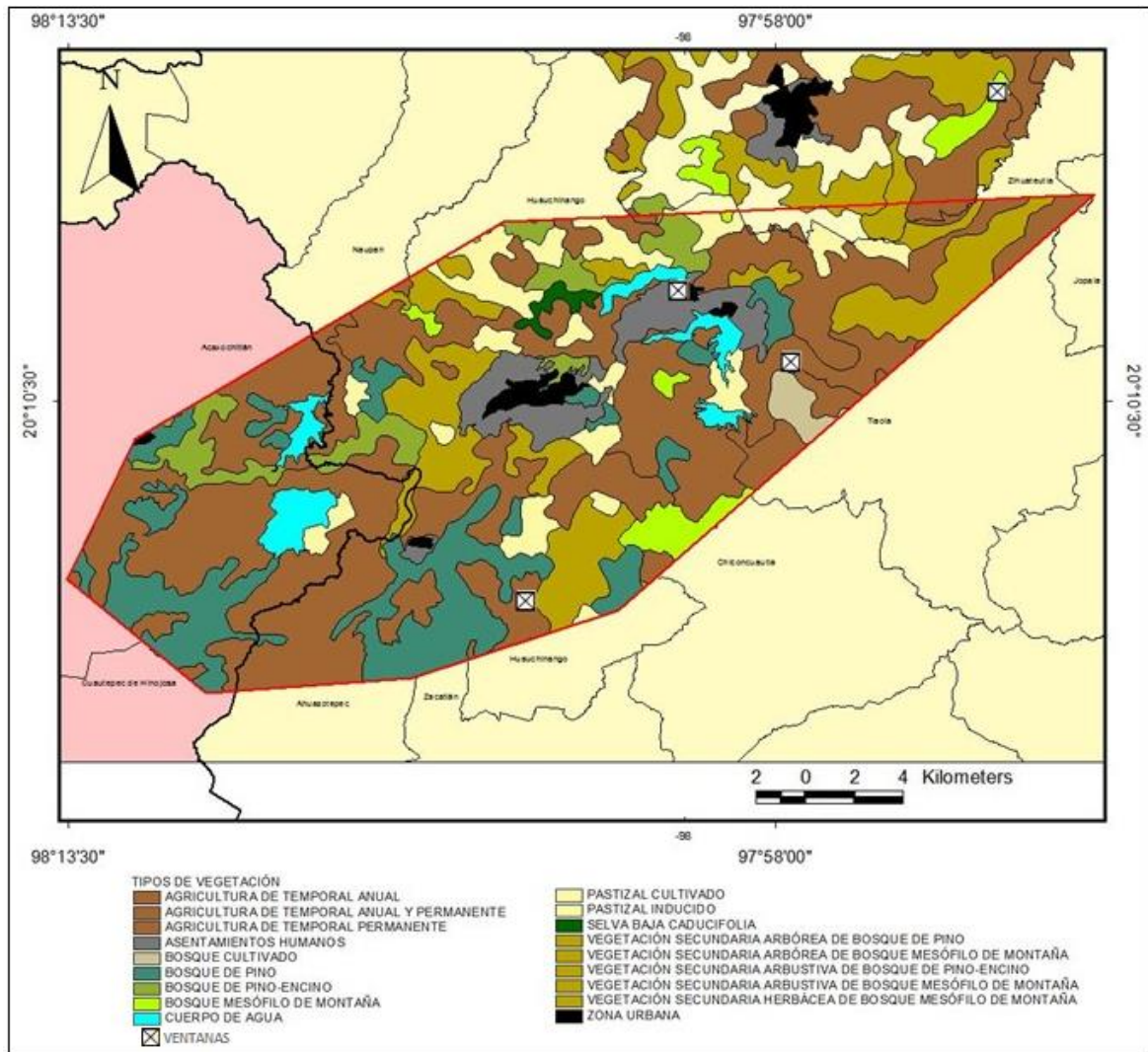


Figura 4.- Tipos de vegetación y ubicación de las ventanas en la ANP-CHRN (INEGI 2013).

**Bosque de pino (BP):** El estrato arbóreo estuvo dominado por *Pinus* y en menor proporción por *Alnus*; el estrato medio fue ralo y estuvo representado por arbolitos de *Quercus*, *Cupressus* y *Alnus*; no hubo estrato arbustivo; el estrato herbáceo también fue escaso representado por *Pteridium*, *Geranium* y gramíneas. El piso estuvo cubierto por musgo y *Geranium*, combinado con numerosos troncos caídos y hojarasca, el porcentaje de pedregosidad fue variable, en algunos puntos el grado de inclinación fue elevado.

**Bosque de pino-encino (BP-E):** El estrato arbóreo de esta comunidad se compuso de *Pinus* y *Quercus*; el estrato arbustivo fue ralo y estuvo representado por *Quercus* y *Baccharis*. También el estrato herbáceo estuvo poco representado, compuesto por *Pteridium*, *Rubus*, *Salvia* y pastos amacollados. El estrato rasante estaba cubierto musgos, gramíneas y geranios sobre una gruesa capa de hojarasca. Este tipo de vegetación se encontró en las zonas con mayor inclinación. El suelo siempre estuvo húmedo y cubierto de rocas y troncos.

**Pastizal (Pa):** Este tipo de vegetación crece en un sitio semiplano en la parte baja de un valle abierto, de suelo profundo y en medio del cual se origina un arroyo permanente. La vegetación es homogénea y correspondió principalmente a gramíneas y musgos con crecimiento cespitoso. No existen troncos caídos o rocas sobresaliendo del suelo.

**Sistema agrícola (SA):** Es un sistema de cultivo que estuvo compuesto únicamente por *Zea mays*; en el estrato herbáceo se encontraron gramíneas y algunos individuos de *Amaranthus*. El piso presentó un elevado porcentaje de pedregosidad y rastrojo.

**Ventana 2:** Nuevo Necaxa, Municipio de Juan Galindo, Puebla. Provincia de la SMO.

Ubicada en las coordenadas 20°12'42.97" y 98°00'13.18", a 1310 msnm. El área mide 6.06 Km<sup>2</sup> y el porcentaje de inclinación fue de 13%. Esta ventana está formada por un complejo mosaico debido a la presencia de especies características de sitios templados y húmedos, también considerada como

zona de conectividad de un paisaje (Taylor *et al.* 1993), con una elevada humedad relativa; es la zona con más cuerpos de agua y se localiza alrededor de la presa Necaxa, además de arroyos y canales que son alimentados por ésta. Sin embargo está sometida a un alto grado de perturbación y contaminación. Se reconocieron dos tipos de vegetación:

**Transición Bosque de pino-mesófilo de montaña (P-BMM):** El estrato arbóreo estuvo representado principalmente por *Pinus* y *Liquidambar*; algunos individuos aislados de *Quercus* y *Eucalyptus*. El estrato arbustivo compuesto por helechos arborescentes *Cyathea*, la higuera *Ricinus communis*, *Clethra*, *Erythrina* y *Cnidocolus*. El estrato herbáceo compuesto por gramíneas. Sobre los árboles estaban presentes las epifitas como musgos y bromelias. Algunos puntos presentaron un porcentaje elevado de hojarasca, troncos caídos y rocas.

**Vegetación secundaria (VS):** El estrato arbóreo estuvo compuesto por *Eriobotrya*, *Pinus*, *Macadamia*, *Araucaria*, *Carica*, *Cupressus* y en menor proporción por elementos del bosque mesófilo como *Liquidambar*, *Pinus* y *Cyathea*. El estrato arbustivo compuesto por *Cupressus*, *Coffea*, *Cnidocolus* y *Ricinus communis*. Hay gramíneas en el estrato herbáceo. En los arroyos la vegetación acuática estuvo compuesta por *Eichhornia* y *Lemna*. El piso presenta un elevado porcentaje de hojarasca y pedregosidad.

**Ventana 3** Xaltepuxtla, Municipio de Tlaola, Puebla. Provincia de la SMO.

Ubicada en las coordenadas 20°11'08.3" y 97°57'46.3", a 1244 msnm. Tiene un área de 5.35Km<sup>2</sup>. Es una zona con una alta insolación por la reducción del



estrato arbóreo. Topográficamente presenta terrenos ondulados, muy pedregoso, el área de trabajo es atravesada por un arroyo permanente y un río, el porcentaje de inclinación varía de 15.3 a 24.4%. En este sitio se reconocieron dos tipos de vegetación:

**Bosque mesófilo de montaña (BMM):** En esta comunidad el estrato arbóreo estuvo representado por *Liquidambar*, *Juglans*, *Alnus*, *Clethra*, *Erythrina*, *Platanus*, helechos arborescentes, además de *Pinus* y *Quercus*. El estrato medio fue ralo, compuesto principalmente por helechos arborescentes, así como árboles de *Persea*, *Liquidambar* y *Tuja*. El estrato herbáceo representado por los helechos *Pteridium* y *Nephrolepis*, además de *Heliconia*, *Mimosa pudica* y *Equisetum*. El estrato rasante estaba compuesto de helechos, musgo, hepáticas y gramíneas; el piso cubierto por hojarasca, húmedo y en algunos puntos pedregoso.

**Sistema agroforestal (SAF):** Presentó un estrato arbóreo con individuos aislados de *Pinus*, *Inga*, *Liquidambar* y *Clethra*, el estrato arbustivo estuvo compuesto principalmente por *Tuja*, *Pyracanthus*, y algunos individuos de *Liquidambar*. El estrato herbáceo es escaso, representado por *Pteridium aquilinum*. El piso se encuentra cubierto por una capa de hojarasca y gramíneas, en algunos puntos presenta un elevado porcentaje de pedregosidad.

**Ventana 4** El infiernillo, Municipios de Xicotepéc de Juárez y Zihuateutla, Puebla. Provincias del SMO y LCG.

Ubicada en las coordenadas 20°17'04" y 97°53'13.6", a 910 metros msnm. El área mide 5.2 Km<sup>2</sup> y el porcentaje de inclinación varía de 35 a 41.4%. Corresponde a la ventana con mayor temperatura. Este sitio presenta una topografía irregular, con escarpes y acantilados que forman parte de grandes cañones. El suelo estuvo compuesto por roca caliza, y en algunos puntos pueden existir zonas de deslave. En este sitio se reconocieron dos tipos de vegetación:

**Achual de selva mediana (ASM):** El estrato arbóreo para esta comunidad estuvo dominado por *Erithryna*, *Clethra*, *Syzygium*, *Liquidambar* y *Citrus*. En el sotobosque predominó *Coffea arabica*, *Piper*, *Cnidocolus*, *Mimosa* y *Solanum*. En el estrato herbáceo predominaron *Pteridium*, *Piper*, *Salvia*, *Asclepias*, *Heliconius*, *Chamaedorea*, *Phytolacca*, *Xanthosoma*, *Ipomoea*, *Commelina*, *Begonia* y *Anthurium*. Además hubo un estrato rasante dominado por *Selaginella*, y musgo cubierto por hojarasca. Este sitio presentó un alto porcentaje de pedregosidad, y un elevado grado de inclinación.

**Sistema Cafetal-maíz (SC-M):** Este sistema de cultivo estaba compuesto por arbustos de *Coffea arabica* con algunos árboles de *Inga* y entremezclado con cultivos de maíz (*Zea mays*), el piso estuvo cubierto por una gruesa capa de hojarasca y ramas secas.

Es necesario aclarar que los diferentes tipos de vegetación fueron considerados como hábitat, porque la vegetación brinda a la fauna recursos y condiciones, físicas y biológicas, para que una especie pueda sobrevivir y reproducirse (Morrison *et al.* 2008; Stroch 2003).

## **Metodología**

### **Trabajo de campo**

Cada ventana fue visitada seis veces, tres durante la estación húmeda y tres durante la estación seca que hicieron un total de 24 muestreos más dos adicionales que se realizaron en Nuevo Necaxa donde por cuestiones de seguridad no fue posible monitorear esta ventana de noche lo que dio un total de 26 muestreos. En cada hábitat se realizaron 10 trayectos de 100m de longitud por 3m de ancho, cinco durante el día y cinco durante la noche. Se eligieron los trayectos debido a que ésta técnica es idónea para alcanzar el objetivo propuesto y por la topografía del terreno, que presenta distintos grados de inclinación y elevación (Hayek 1994).

Como técnica de colecta y observación fue utilizada la búsqueda directa en tiempo fijo y durante el recorrido en cada trayecto se revisaron de manera intensiva todos los microhábitat donde potencialmente se pudieran encontrar los organismos (Solano-Zavaleta 2008; Vargas-Santamaría y Flores-Villela 2006). Los microhábitat explorados fueron los siguientes:

**Terrestre:** comprende aquellas especies que se observaron en el suelo; entre la hierba y hojarasca; sobre rocas y troncos.

**Arborícola:** las especies que habitaban sobre arbustos, ramas de árboles, plantas acuáticas y dentro de epífitas.

**Fosorial:** las especies que se encontraron debajo de rocas y troncos; enterrados en el suelo, dentro de madrigueras y debajo de la corteza de troncos podridos.

**Ripario:** se agrupan aquellas especies que se observaron a las orillas y dentro de ríos, charcas o cualquier cuerpo de agua.

**Saxícola:** las especies que se encontraron dentro de grietas, sobre paredes rocosas y promontorios de rocas.

**Antropogénico:** las especies que se encontraron en construcciones hechas por el hombre, es decir sobre paredes, dentro y fuera de habitaciones. Incluso debajo de desperdicios como cartón, envases de plástico, sacos de lona, etc.

El recorrido de los trayectos se llevó a cabo entre 10:00-15:00 hrs. y 20:00-01:00 hrs. Cada muestreo fue realizado por dos personas.

Al inicio y al final de cada trayecto fueron medidas las siguientes variables ambientales: temperatura, porcentaje humedad relativa, velocidad del viento, humedad del suelo, nubosidad y presencia de cuerpos de agua, que influyen sobre la actividad de los herpetozoarios. En cada trayecto se contabilizaron todos los anfibios y reptiles observados registrando de cada uno la especie, fecha, hora, localidad, municipio, georeferencia, altitud, número de individuo (consecutivo independientemente de la especie), hábitat (tipo de vegetación) y microhábitat. Cuando fue posible capturar a los organismos, se registraron las medidas corporales estándar (longitud total, l. hocico-cloaca y para los anuros la l. de la tibia) y el sexo. Información que Savage (2005) y Duellman (2001) consideran básica en cualquier estudio de ésta naturaleza. En el caso de los anfibios no se contabilizaron los individuos en su fase larvaria.

La determinación específica de los ejemplares fue realizada con apoyo de guías de campo de zonas cercanas a la SNP y el ANP-CHRN (Romero-Fragoso 2009; Dixon y Lemos-Espinal 2010; Guzmán-Guzmán 2011 y Ramírez-Bautista *et al.* 2014). Cada ejemplar se fotografió con una cámara digital para tener referencia sobre su coloración. En el caso de ejemplares difíciles de determinar taxonómicamente, se obtuvieron ejemplares de muestra, dos machos y dos hembras adultos para su posterior determinación en el laboratorio (permiso de colecta científica SEMARNAT-SGPA/DGVS 11743/13). Todos los ejemplares se determinaron hasta el nivel de especie siguiendo las claves de recopilación de Flores-Villela *et al.* (1995).

Para conocer la estructura del hábitat establecimos aleatoriamente 10 parcelas circulares en cada tipo de vegetación, de 5.7m de diámetro para el estrato arbóreo, de 1m para el estrato arbustivo y de 50cm para las herbáceas (Elzinga 1998). En cada parcela contamos el número de especies y estratos de cada forma de vida (herbáceas, arbustos y árboles), así como características sobresalientes en cada parcela como presencia de hojarasca, troncos caídos, rocas, arroyos, etc. La altura de cada estrato se midió con un telémetro láser marca Bosch (Modelo GLM 50). La cobertura vegetal fue medida en cada parcela de la siguiente manera: para el estrato arbóreo se tomaron fotografías verticales hacia la copa de los árboles y para el estrato arbustivo y herbáceo se tomó una fotografía vertical de 1 y 2 metros de altura respectivamente.

Con las fotografías de la estructura y composición del hábitat se obtuvo un porcentaje de cobertura vegetal con la ayuda del programa CobCal versión 2.1

(Ferrari *et al.* .2009) que es un software utilizado en la medición del porcentaje de cobertura vegetal mediante colorimetría.

### **Análisis de Datos**

Con el número total de herpetozoarios registrados en cada ventana y por hábitat, se integró una base de datos con la cual se obtuvo la composición de la herpetofauna y se llevaron a cabo los análisis de diversidad. Primero se realizó un listado taxonómico de los ejemplares registrados, la actualización de la nomenclatura fue de acuerdo a Ramírez-Bautista *et al.* (2014) y Rovito *et al.* (2015), la proporción de especies, géneros y familias para cada grupo, el número de endemismos y la afinidad biogeográfica de cada género se asignó de acuerdo a Savage (1982).

El esfuerzo de muestreo se evaluó mediante curvas de acumulación de especies, con base en el número de especies obtenido de los 26 muestreos, utilizando los estimadores de riqueza de especies Chao1 que se basa en la abundancia de las especies; Chao 2 basado en datos de presencia-ausencia (Moreno 2001), además de Uniques para conocer el número de especies que se encuentran en una sola muestra y Duplicates para el número de especies que aparecen en dos muestras (Espinosa-Escalante 2003), con el software EstimateS versión 9.1 (Colwell 2013).

Para el cálculo de la abundancia relativa se tomó el total de individuos registrados y la separación de las especies se basó en los valores utilizados por Solano-Zavaleta (2008):

**Dominante:** Más de 50 individuos.

**Común:** De 21 a 50 individuos

**Frecuente:** De 11 a 20 individuos

**Escasa:** 3 a 10 individuos

**Rara:** 1 y 2 individuos

Posteriormente los datos fueron ordenados de manera descendente, con ello se construyó una gráfica y se aplicó una prueba de chi cuadrada para conocer a qué modelo de la estructura de las comunidades se ajustaban los datos (Moreno 2001), además se comparó el número de individuos y especies registrados durante la época seca y húmeda para lo cual se empleó el programa Past 3.09 (Hammer *et al.* 2001).

De cada microhábitat empleado por los anfibios y reptiles se calculó su porcentaje respectivo de uso de acuerdo a García *et al.* (2005) y Percino-Daniel *et al.* (2013). Se consideró como el número de individuos de cada especie encontrados en el microhábitat donde fue observado. El porcentaje se obtuvo con respecto a las seis categorías consideradas en este trabajo.

Para analizar la diversidad alfa, primero se obtuvo la riqueza de especies de cada ventana y por hábitat. Posteriormente se estimó la diversidad con el índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), la equitatividad con el índice de Pileou ( $J'$ ) y la de dominancia ( $D'$ ) (Moreno 2001) con el programa Past 3.09 (Hammer *et al.* 2001).

Para estimar la diversidad gamma se utilizó el modelo derivado por Lande (1996) basado en la riqueza de especies. Este modelo divide el valor de la

diversidad gamma en dos componentes aditivos y positivos: diversidad dentro de los hábitat (alfa) y diversidad entre hábitat (beta) de forma que:

$$\text{Gamma} = \text{alfa promedio} + \text{beta}$$

Donde:

$$\text{Beta} = \sum_j q_j (S_T - S_j)$$

$q_j$  = peso proporcional de la comunidad  $j$ , basado en su área (en porcentaje), esta es una medida de importancia relativa.

$S_T$  = Número total de especies registradas en el conjunto de hábitat.

$S_j$  = Número de especies registradas en el hábitat  $j$ .

La partición aditiva se aplicó a cada ventana y para el ANP.

Para conocer la relación entre las ventanas y del ANP con otros municipios de la Sierra Norte de Puebla, del Estado de Hidalgo y el Estado de Tlaxcala (Ávila-Soriano 1987, Gutiérrez-Mayén y Salazar-Arenas 2006, Xelano-Conde 2004; Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén 2006; Fernández *et al.* 2006; Mendoza-Quijano *et al.* 2006; Solano-Zavaleta 2008; Romero-Fragoso 2009; Vite-Silva *et al.* 2010; Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista 2012; Ramírez-Bautista *et al.* 2014) se realizó un análisis de complementariedad (Colwell y Coddington 1994) y un análisis de similitud utilizando el índice de Simpson mediante el algoritmo de grupos pareados, y el valor crítico de 66.66% para separar faunas de Sánchez-Herrera y López-Ortega (1988), siendo similares cuando el valor del índice



supera el valor crítico y disímiles cuando es menor. Los valores de ambos índices se expresaron en porcentajes.

Para conocer la relación de las variables físicas del ambiente con la distribución, abundancia, presencia de las especies y la cobertura vegetal se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC), el cual es una técnica multivariada de ordenación que permitió conocer la estructura de los datos mediante la construcción de una matriz en la que las especies fueron tomadas como frecuencias y las condiciones ambientales como variables explicativas (Ter-Braak 1986). De éstas solo se consideraron las variables ambientales de mayor importancia con respecto al porcentaje de varianza explicada. El análisis se realizó con el programa Past 3.09 (Hammer *et al.* 2009).

## Resultados

### Composición de la herpetofauna

Un total de 890 herpetozoarios se registraron durante los 26 muestreos realizados en la ANP-CHRN. Es de llamar la atención que el número de anfibios (612) fue más del doble respecto al de reptiles (278).

No obstante la diferencia en el número de individuos entre estas clases, la riqueza taxonómica de los reptiles a nivel de familia, género y especie fue casi el doble al de anfibios (Tabla 1). De esta riqueza, el 57.8% de anfibios y 45.1% de reptiles que se distribuyen en la ANP-CHRN son endémicos de México; solo un anfibio es exclusivo del estado de Puebla y solo una especie es introducida (Tabla 2, Apéndice A).

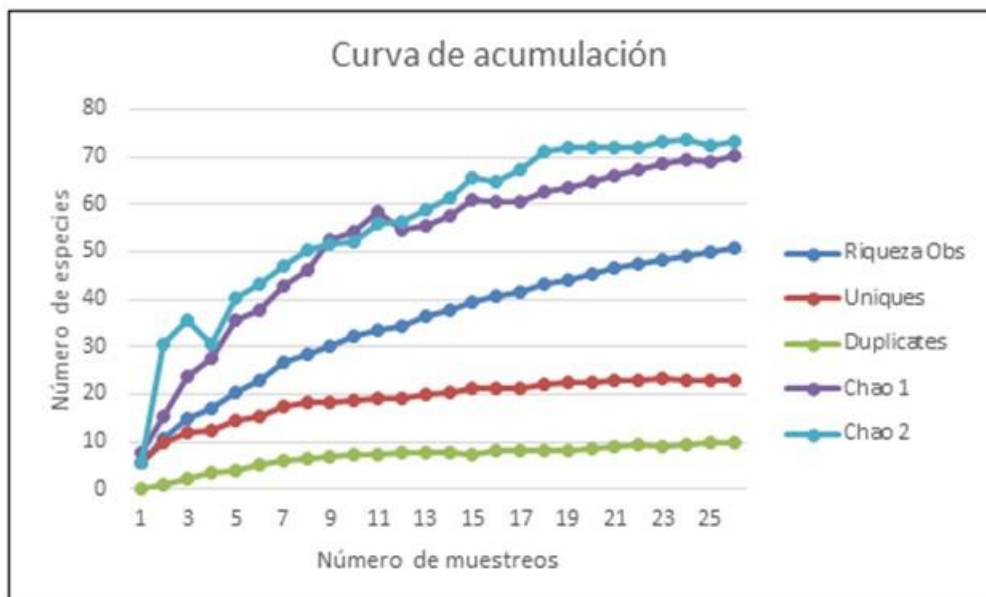
Tabla 1.- Composición taxonómica de la herpetofauna registrada en la ANP-CHRN.

Orden	Familias	Géneros	Especies
Caudados	1	4	5
Anuros	5	8	14
Lacertilios	6	11	16
Serpientes	6	14	16
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>37</b>	<b>51</b>

En cuanto a la afinidad biogeográfica de los géneros que conforman esta comunidad, ocho son de amplia distribución tropical; uno de Sudamérica; 17 son propios de Centroamérica de los cuales *Chiropterotriton*, *Thorius*, *Conopsis* y *Ophryacus* son endémicos de México; y 11 de Norteamérica (Tabla 3 Apéndice B). Lo que indica que la herpetofauna de la ANP-CHRN es una comunidad compuesta en su mayoría por especies de afinidad tropical.

## Esfuerzo de muestreo

Después de 26 muestreos los estimadores de la diversidad específica Chao1 y Chao2 predicen que el número de taxa esperado es de 71 y 73 respectivamente (con un intervalo de confianza del 95%), la curva de acumulación alcanzó más del 70% de la cifra prevista por los estimadores, por lo tanto, estos valores indicaron que hace falta aumentar el esfuerzo de muestreo para detectar alrededor de 20 especies para completar el inventario. La riqueza estuvo compuesta por 23 especies únicas (Uniques) y 10 especies que aparecieron en dos muestras (Duplicates), estas curvas que sólo registraron especies raras no se sobreponen, lo que refleja la necesidad de aumentar el esfuerzo de muestreo (Fig. 5).



**Figura 5-. Curva de acumulación de la riqueza de especies observada y de los estimadores: Chao1: basado en abundancias, Chao2: basado en presencia-ausencia, Uniques: especies presentes en una sola muestra y Duplicates: especies en dos muestras para los anfibios y reptiles del ANP-CHRN.**

## Abundancia

Tres especies dominaron por su abundancia en el muestreo, que en orden descendente fueron *Ecnomiohyla miotympanum* con 310 individuos, *Sceloporus variabilis* con 157 y *Craugastor decoratus* con 96. Además, cinco especies fueron consideradas comunes (179 individuos); cuatro frecuentes (48); catorce se clasificaron como escasas (68) y 25 fueron raras (32) (Fig. 6).

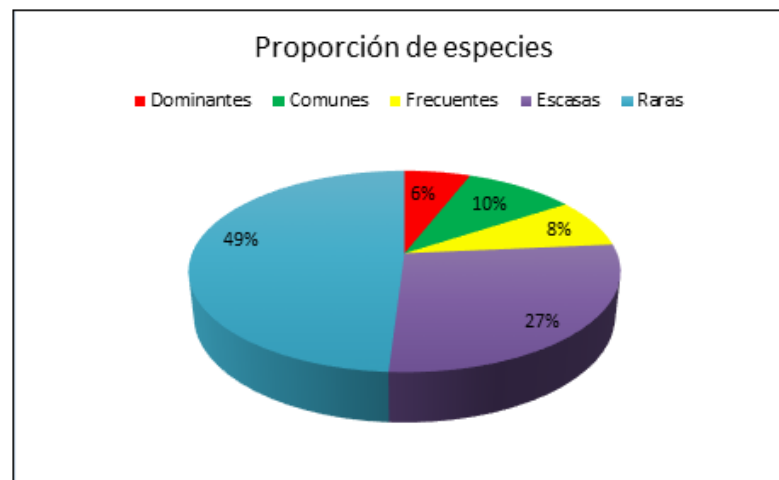
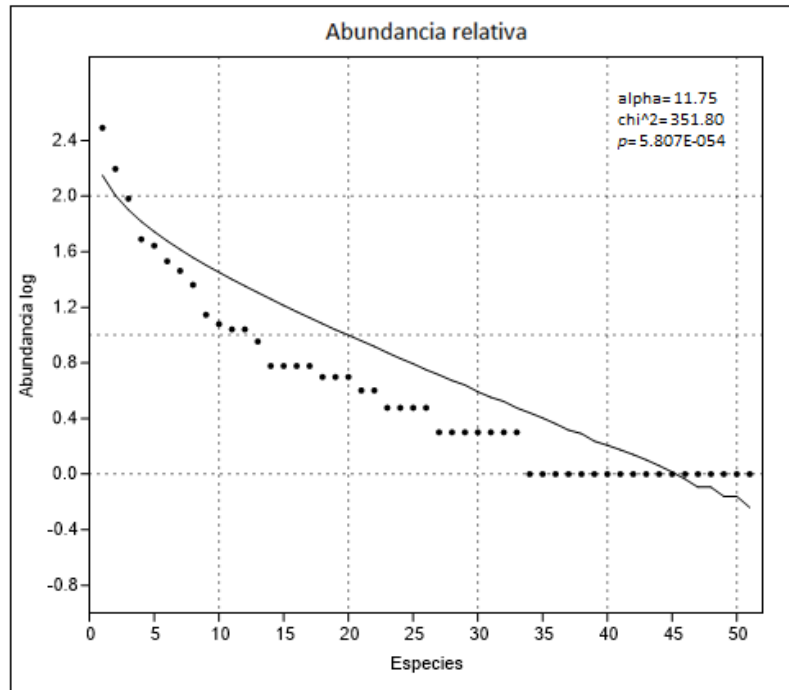


Figura 6.-Distribución de la abundancia relativa de las especies de herpetozoarios encontrados en el ANP-CHRN.

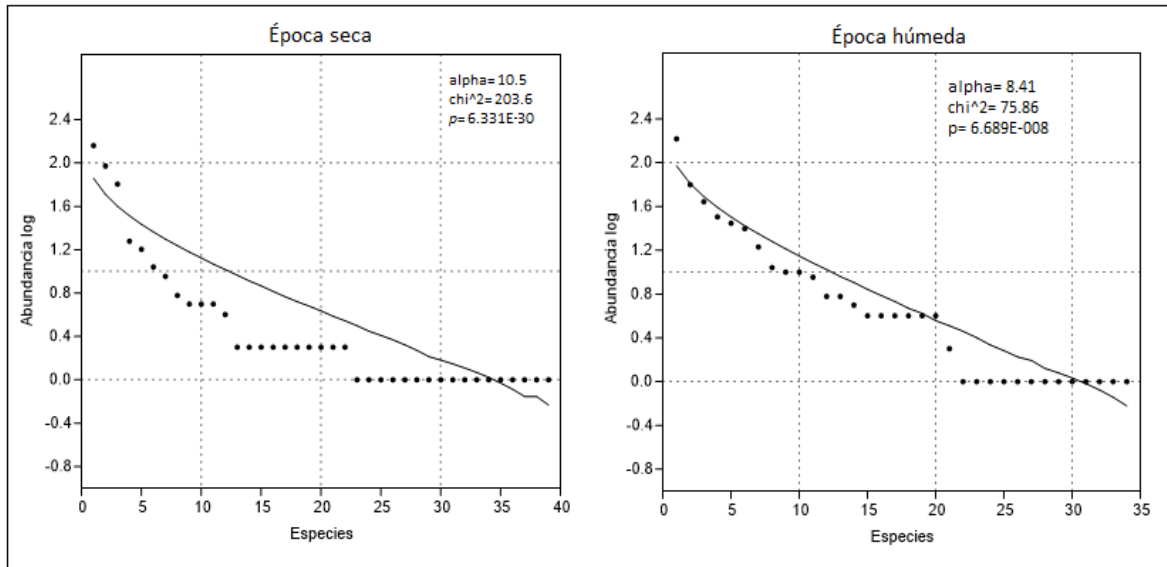
Ordenando la abundancia relativa de las especies de mayor a menor valor se construyó un gráfico que mostró un patrón que se ajustó al modelo comunitario de la serie logarítmica ( $\chi^2 = 351.8$ ;  $p = 5.807E-054$ ). Este modelo ecológico es característico de ambientes que se encuentran bajo estrés o perturbación, ya que están presentes pocas especies dominantes y numerosas especies raras (Fig.7)



**Figura 7.- La abundancia relativa de las especies obtenidas en el ANP-CHRN se ajustó a la serie logarítmica.**

Al comparar el período seco y húmedo en cuanto al número de especies presentes, fueron muy similares (época seca, 39; húmeda, 34), no obstante los reptiles mostraron en su composición en cada temporada una mayor riqueza específica. En cuanto a la abundancia, el número de individuos fue más elevado en la época húmeda (470) que en la seca (420), aunque la diferencia no fue significativa ( $t = -0.44629$ ,  $p = 0.65674$ ).

Como era de esperar, la ordenación de las abundancias por época también se ajustó al modelo de la serie logarítmica en ambos casos (Fig. 8). Sin embargo, aunque el modelo es el mismo, hubo una diferencia notable en el número de especies raras en cada época, registrando 27 en la época seca y 14 en la húmeda, aquí la diferencia si fue significativa ( $t = 2.334$ ;  $p = 0.02$ ).



**Figura 8.- La abundancia relativa de las especies durante la época seca y húmeda en el ANP-CHRN también se ajustó al modelo de la serie logarítmica.**

### Uso de microhábitat

De los seis microhábitat considerados en el trabajo, los herpetozoarios usaron todos en diferentes proporciones. Los anfibios emplearon en mayor proporción el ripario (28%) y el arborícola (25%). Mientras que los reptiles usaron más el terrestre (44%) y el fosorial (24%). Ambos grupos ocupan aproximadamente el 10% del microhábitat antropogénico (Tabla 4, Apéndice C).

### Diversidad alfa

#### Riqueza de especies por hábitat y ventana.

El número de especies de cada ventana y hábitat fue variable (Figura 9). La ventana ubicada en Teopancingo, fue donde se encontró la mayor riqueza (38% del total), siendo los reptiles el grupo más numeroso, todas las especies fueron exclusivas, y es el sitio con el mayor grado de endemividad. El bosque de pino (BP) fue el hábitat que albergó la mayor cantidad de especies, mientras que el

bosque de pino-encino (BP-E) fue el de menor riqueza (Fig. 9, Tabla 5, Apéndice D).

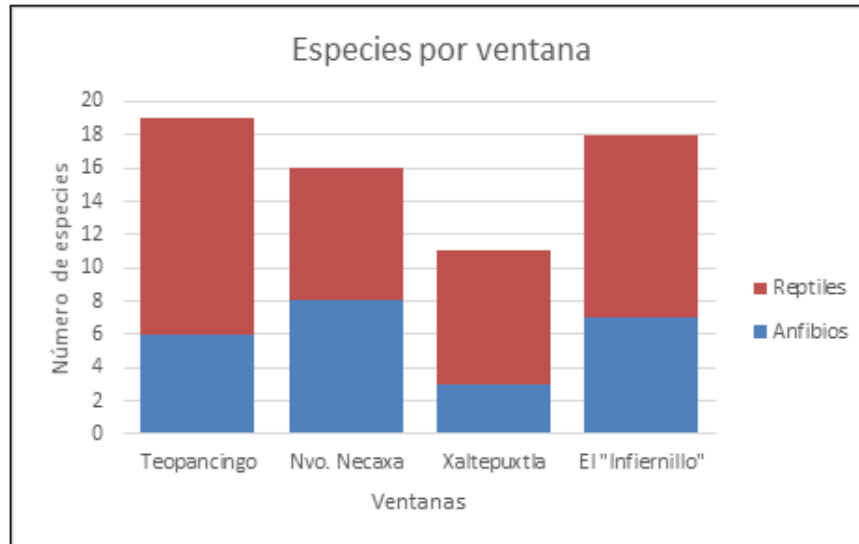
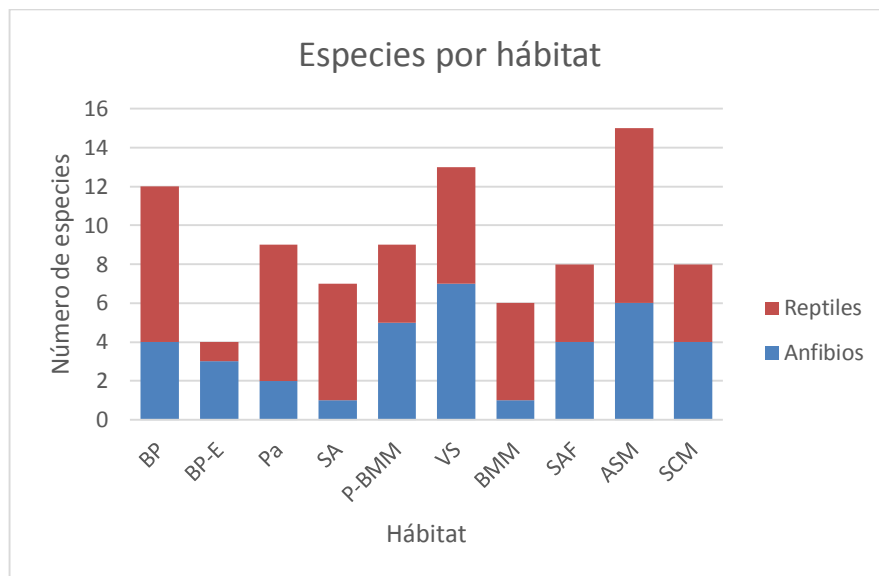


Figura 9.- Número de especies de anfibios y reptiles registradas por ventana en el ANP-CHRN.

La mayoría de las especies presentes en las ventanas restantes no fueron exclusivas, algunas se registraron entre los tres sitios como *Rhinella marina*, *E. miotympanum*, *S. variabilis* y *Holcosus undulatus*. La ventana de Nuevo Necaxa albergó el 30% del total, aquí la mayor riqueza corresponde a anfibios y es donde se encontraron más especies de caudados. En el hábitat vegetación secundaria (VS) se registró la segunda riqueza más elevada y es el único sitio en el que se encontró a *Thorius* sp., nuevo registro, y *Lithobates catesbeianus*, especie exótica.

La menor riqueza de especies se registró en Xaltepuxtla (24% del total) y sus respectivos hábitat. En esta ventana la mayor parte de la riqueza específica correspondió a reptiles. En el hábitat Sistema agroforestal (SAF), se obtuvo la mayor proporción de las abundancias de *E. miotympanum* y *S. variabilis*. (Figs. 9 y 10).

La riqueza específica del “Infiernillo” corresponde al 36% del total, en este sitio se registró un elevado número de especies de reptiles principalmente serpientes. El acahual de selva mediana (ASM) fue el hábitat con mayor riqueza de especies de esta ventana, además albergó dos especies dominantes *S. variabilis* y *C. decoratus* (Figs. 9 y 10).



**Figura 10.-** Número de especies de anfibios y reptiles registradas en cada hábitat en el ANP-CHRN. BP= Bosque de pino; BP-E= Bosque de pino-encino; Pa= Pastizal; SA= Sistema agrícola; P-BMM= Transición bosque de pino y mesófilo de montaña; VS= Vegetación secundaria; BMM= Bosque mesófilo de montaña; SAF= Sistema agrícola; ASM= Acahual de selva mediana y SCM= Sistema cafetal-maíz.

### Índices de diversidad por hábitat y ventana

Al igual que la riqueza de especies, los valores diversidad también fueron versátiles. Teopancingo obtuvo el valor más alto del índice de diversidad ( $H' = 2.38$ ) y con mayor equitatividad ( $J' = 0.76$ ) (Fig. 11). Dentro de esta ventana el BP fue el hábitat que presentó la mayor diversidad ( $H' = 2.284$ ), alta equitatividad ( $J' = 0.9192$ ) y baja dominancia ( $D' = 0.124$ ) en comparación con el resto de los hábitat BP-E, Pa y SA donde la diversidad presento valores



medios. También en Nuevo Necaxa la diversidad fue elevada ( $H' = 1.859$ ), además presentó valores intermedios de dominancia y equitatividad, aquí el hábitat más diverso fue el VS (Fig. 11).

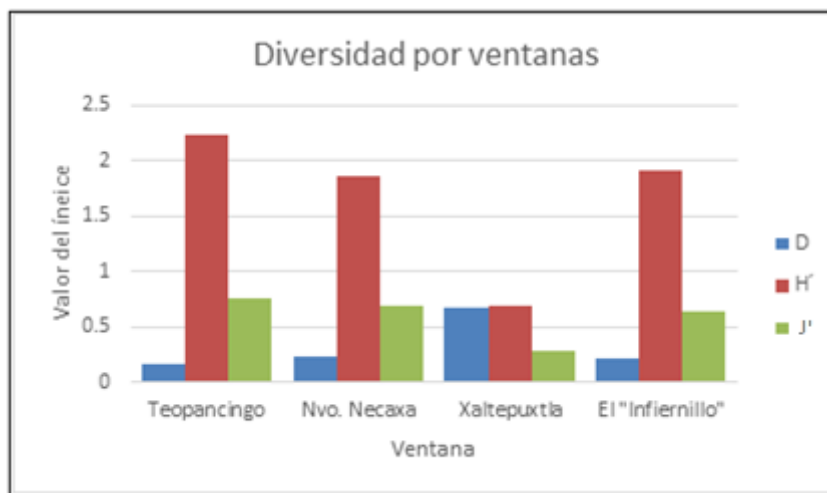


Figura 11.- Valores de los índices de diversidad para cada ventana en el ANP-CHRN. D= Dominancia, H'= Índice de Shannon-Wiener y J'= Equitatividad

Xaltepuxtla es la de menor diversidad, ( $H' = 0.69$ ) así como sus hábitat, el BMM y SAF ( $H' = 0.7256$  y  $0.937$  respectivamente) siendo el primero el de mayor dominancia ( $D' = 0.6672$ ) y menor equitatividad ( $J' = 0.405$ ) (Fig. 9). El "Infiernillo" con 18 especies tuvo una diversidad de ( $H' = 1.90$ ), a pesar de que en este sitio están presentes dos especies dominantes su valor de diversidad es alto. El ASM presentó una diversidad media ( $H' = 1.576$ ) (Figs. 11 y 12).

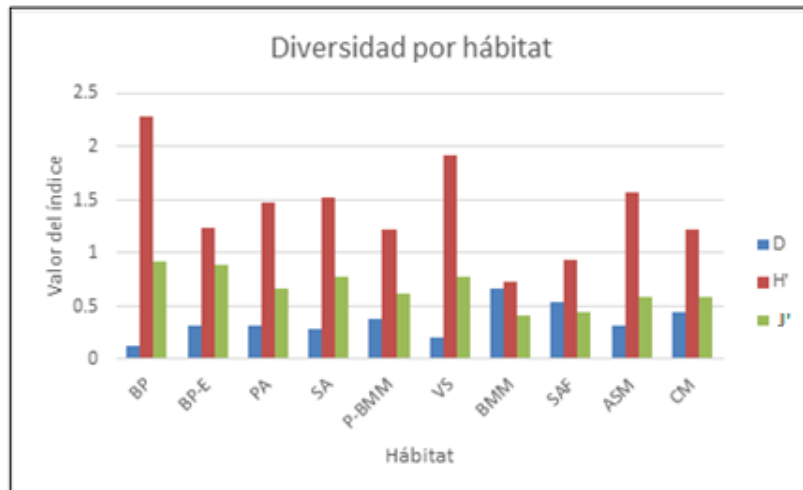


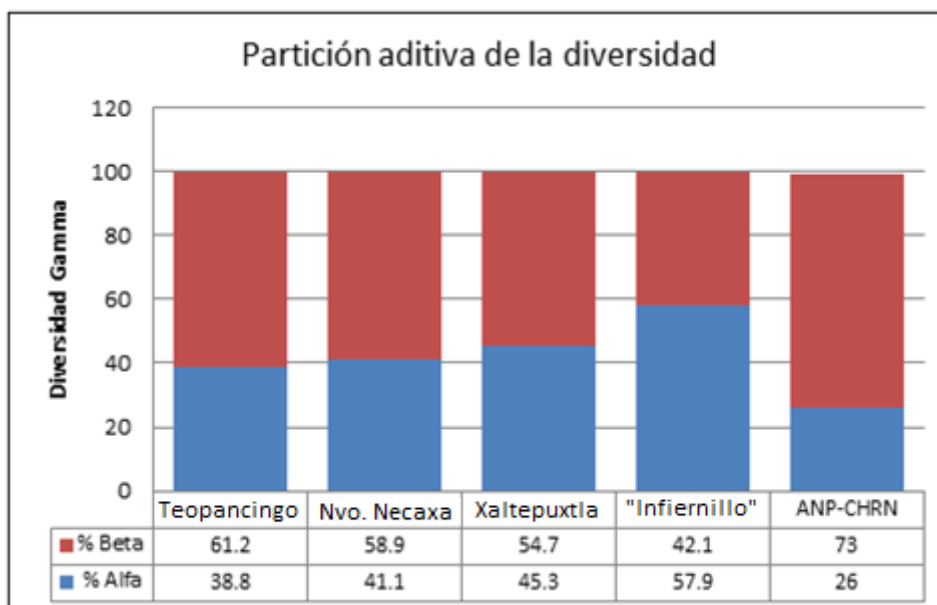
Figura 12.- Valores de los índices de diversidad para cada hábitat en el ANP-CHRN. BP= Bosque de pino; BP-E= Bosque de pino-encino; Pa= Pastizal; SA= Sistema agrícola; P-BMM= Transición bosque de pino y mesófilo de montaña; VS= Vegetación secundaria; BMM= Bosque mesófilo de montaña; SAF= Sistema agrícola; ASM= Acahual de selva mediana y SCM= Sistema cafetal-maíz, D= Dominancia, H'= Indicé de Shannon-Wiener y J'= Equitatividad

### Partición de la diversidad

De acuerdo con el modelo aditivo propuesto por Lande (1996) basado en la riqueza de especies, la diversidad beta fue la que más aportó a la diversidad gamma en tres ventanas y al ANP; excepto en la ventana del “Infiernillo” donde fue mayor el valor de alfa (Tabla 7, Fig. 13). Esto indica que la tasa de recambio de especies entre sitios dentro del ANP-CHRN es elevada a través de un gradiente altitudinal, por ello el número de especies compartidas es bajo.

**Tabla 6-. Partición aditiva de la diversidad basada en la riqueza de especies aplicada a las cuatro ventanas y al ANP-CHRN.**

Diversidad	Teopancingo	Nuevo Necaxa	Xaltepuxtla	El "Infiernillo"	ANP-CHRN
Alfa	6.38	4.8	3.83	7.5	16
Beta	10.75	5	4.62	5.45	45.5
Gamma	17.58	9.8	8.45	12.95	61.5



**Figura 13.- Proporción de alfa y beta a la diversidad gamma.**

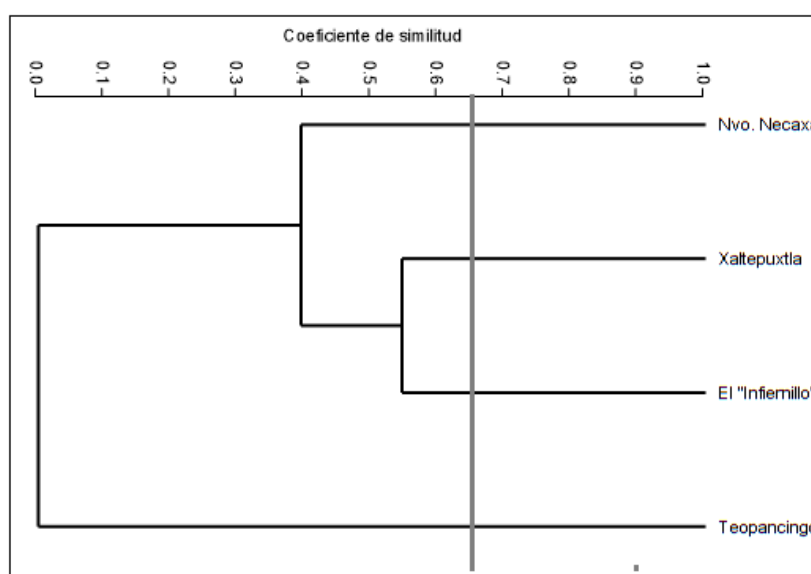
### **Similitud y complementariedad entre ventanas**

Los valores más altos del índice de complementariedad variaron de 75% que se obtuvo entre Xaltepuxtla y el "Infiernillo" el cual es el valor más bajo de complementariedad que indica el grado de disimilitud entre estas zonas hasta el 100% de Teopancingo con las otras localidades (Tabla 8). Lo anterior refuerza la exclusividad en su composición taxonómica y el alto grado de endemismo que presentó esta ventana.

Por otra parte, los valores obtenidos del índice de similitud de Simpson confirman que cada una de las ventanas mantiene una composición herpetofaunística distinta por lo que comparten pocas especies como se puede apreciar en el fenograma de la figura 14, pues todos los valores son menores al punto crítico (66.66 %).

**Tabla 7.- Valores de complementariedad de las ventanas muestreadas en el ANP-CHRN.**

		Complementariedad (%)			
		Nvo.			
		Teopancingo	Necaxa	Xaltepuxtla	El "Infiernillo"
Especies compartidas	Teopancingo	—	100	100	100
	Nvo. Necaxa	0	—	76.1	82.1
	Xaltepuxtla	0	5	—	75
	El "Infiernillo"	0	5	6	—



**Figura 14- Fenograma obtenido del índice de similitud de Simpson, las ventanas más similares fueron la Xaltepuxtla y El "Infiernillo". La línea gris muestra el valor crítico.**

### **Sierra Norte de Puebla y áreas adyacentes**

La herpetofauna del ANP-CHRN tuvo los valores más altos de complementariedad con Tlaxcala y la Barranca de Metztlán (más del 89%),

mientras que para la SNP fueron Tepango de Rodríguez y Zacatlán de las Manzanas con 90% y 78.8% y respectivamente (Tabla 9).

El análisis de similitud de la herpetofauna para los municipios de la SNP y áreas adyacentes mostró la formación de dos grupos, el primero conformado por la Barranca de Metztitlán, Tlaxcala y Cuauhtepac de Hinojosa cuya herpetofauna es representativa de las zonas cálido-áridas y templadas. El segundo grupo constituido por el resto de los sitios representa a faunas características de ambientes de zonas de transición templado-húmedas y tropicales.

Solo los sitios geográficamente más cercanos compartieron faunas similares, que en nuestro caso fueron la ANP-CHRN y Acaxochitlán, ya que su similitud fue mayor al valor crítico de 66.66% (Fig. 15).

**Tabla 8.- Número de especies compartidas y complementariedad del ANP-CHRN con otros municipios de la SNP y zonas adyacentes.**

Sitios: ANP-CHRN-	Especies compartidas	% de complementariedad
Zacatlán	18	78.8
3 municipios S.N.P.	22	73.1
Tlatlauquitepec	35	66.3
Tepango de Rodríguez	8	90
Cuetzalan del Progreso	26	75.7
Tlaxcala	12	89.3
4 fragmentos BMM, Hidalgo	34	66.6
Acaxochitlán	21	73.7
Cuauhtepac de Hinojosa	11	86.4
Barranca de Metztitlán	9	89.1

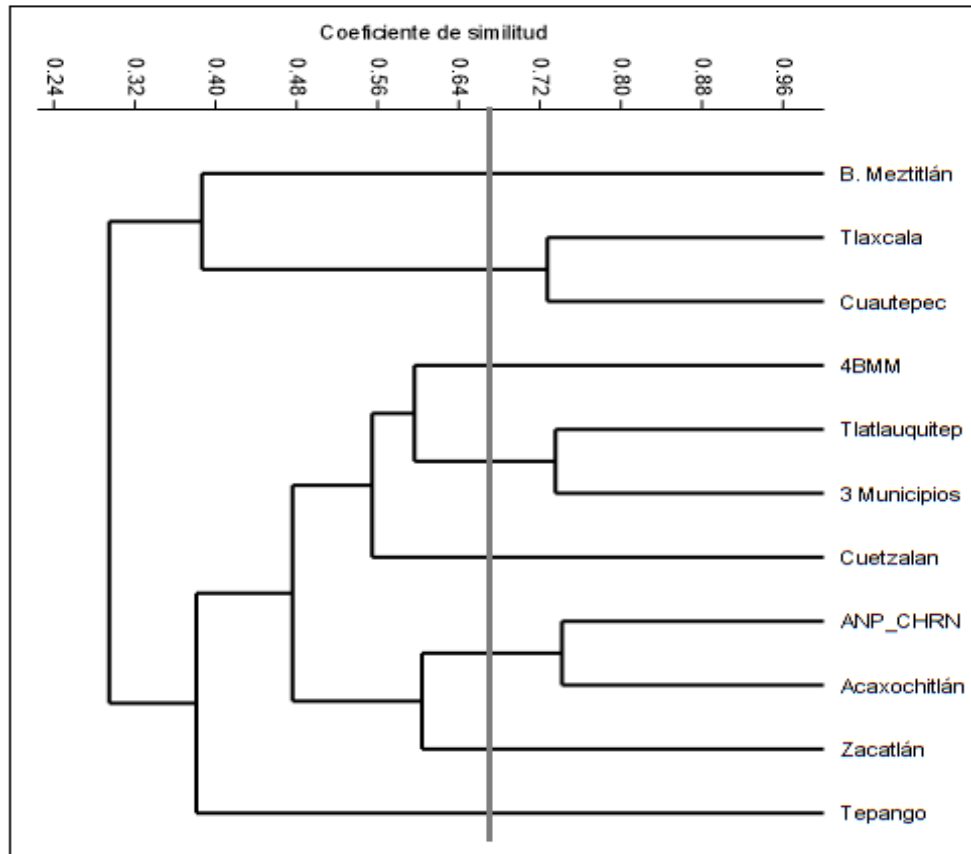


Figura 15.- Fenograma de similitud obtenido con el índice de Simpson. La ANP-CHRN, mostró la mayor similitud con el municipio de Acaxochitlán. La línea gris indica el valor crítico.

### Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

De acuerdo con los resultados del ACC, los tres primeros ejes explican el 85.74% de la varianza acumulada en el sistema, las variables de mayor importancia que explican la distribución y relación con el hábitat fueron la altitud, temperatura y porcentaje de humedad relativa, cada una representa un eje dentro del ACC (ejes canónicos), siendo el eje 1 (altitud) el de mayor proporción de la varianza acumulada (Tabla 10).

De acuerdo a estos valores, la suma de los Eigenvalores de los ejes canónicos 1 y 2 fue de 1.36 el cual midió la importancia relativa del análisis de

ordenamiento, este valor indicó que el ACC fue útil al establecer las relaciones especie-ambiente.

**Tabla 9.- Eigenvalores y porcentaje de varianza explicada por cada eje canónico.**

EJE	Eigenvalor	% varianza explicada
1	0.89	46.27
2	0.47	24.6
3	0.28	14.87
4	0.22	13.71
5	0.18	8.831
6	0.12	6.004

El diagrama de ordenamiento mostró las asociaciones entre los sitios y las variables ambientales con respecto a los ejes 1 y 2. La primera separación se presentó entre los hábitat de Teopancingo con sus respectivas especies (como *Hyla plicata*, *Lithobates spectabilis*, *B. imbricata* y *C. triseriatus*) y las variables altitud y velocidad del viento sin embargo esta última tiene poca relevancia al explicar la varianza acumulada. El resto de los hábitat y sus especies estuvieron estrechamente relacionados con la temperatura (*H. undulatus*, *S. variabilis*, *Norops laeiventris* y *A. nummifer*); y humedad relativa y nubosidad (*Thorius sp.*, *E. miotympanum*, *C. decoratus* y *B. asper*) además el porcentaje de cobertura arbórea tuvo mayor peso para los hábitat VS, P-BMM y BMM.

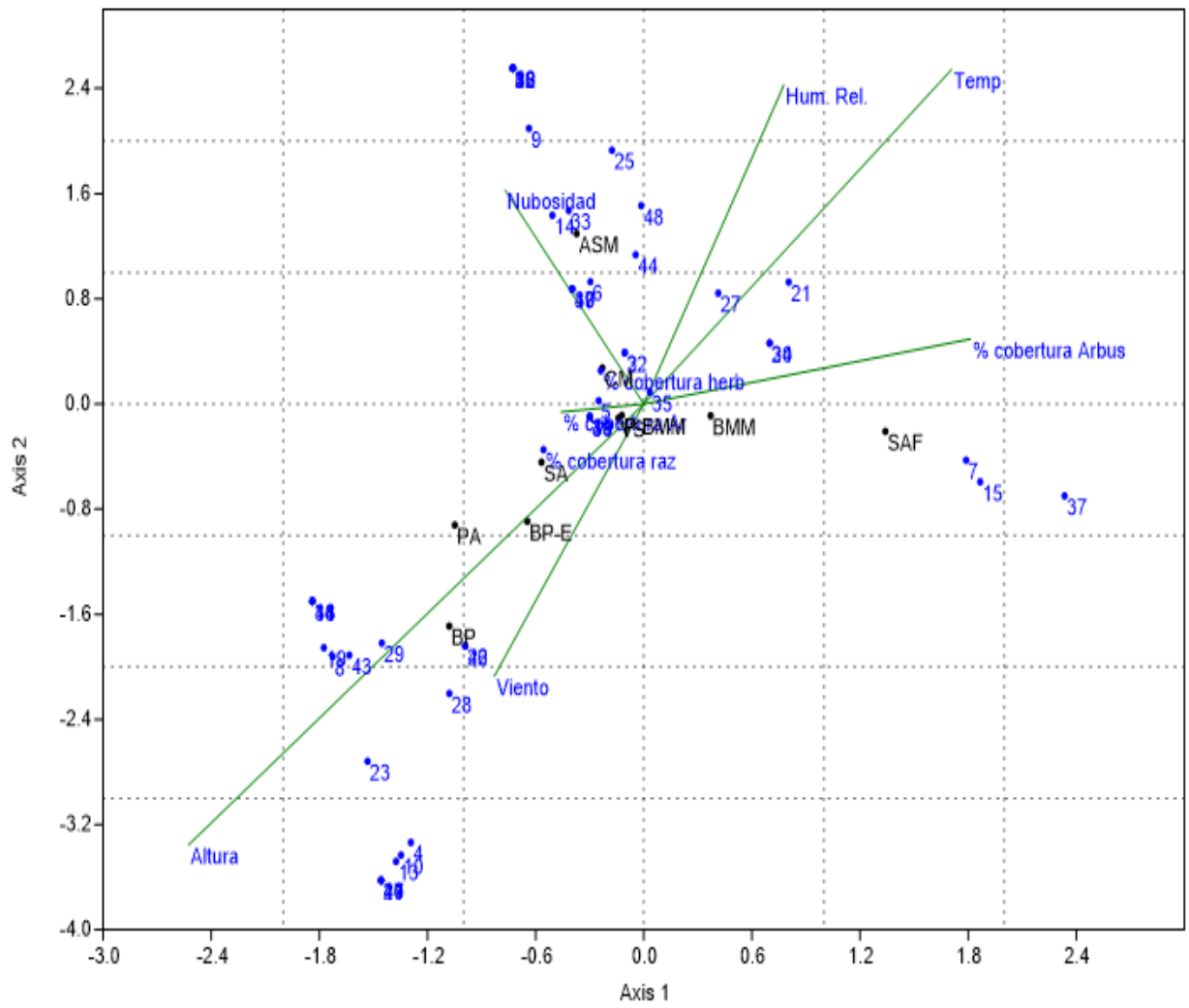


Figura 16.- Triplot de un ACC de los hábitat, especies y variables ambientales. Cada número representa a una especie (Tabla 3, Apéndice A)



## **Discusión**

### **Composición de la herpetofauna**

Los muestreos realizados a través del método de ventanas durante el desarrollo del presente estudio revelan la presencia de 51 especies, cuya importancia radica en que estas representan el 20% de la herpetofauna registrada para el Estado de Puebla (García-Vásquez *et al.* 2009) y el 46.2% de la Sierra Norte de Puebla (Gutiérrez-Mayén *et al.* 2005). Además, de las 51 especies que se registraron, 28 son un nuevo aporte para la ANP y si se suman a las 61 registradas previamente (Romero-Fragoso 2009; Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista 2012; Ramírez-Bautista *et al.* 2014) la riqueza herpetofaunística de toda la ANP-CHRN es de 89 especies.

Por lo anterior la porción Poblana del ANP puede considerarse una región con una elevada riqueza de especies, la cual se debe a que está ubicada geográficamente dentro de una zona de transición entre diferentes regiones fisiográficas, sumado a características geológicas particulares que favorecen el desarrollo de una variedad de hábitat y microhábitat que han permitido el establecimiento de especies de regiones templadas y tropicales. Esto mismo se ha reportado en otros municipios de la SNP (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén 2006; Solano-Zavaleta 2008; Gutiérrez-Mayén y Salazar-Arenas 2006) para explicar la elevada riqueza de esta región.

La riqueza específica de la porción poblana (51) ANP es mayor que la de los municipios vecinos de Zacatlán de las Manzanas (33), Tepango de Rodríguez (19), Camocuautla, Huitzilán de Serdán y Zapotitlán de Méndez (37). Estas diferencias pueden explicarse por la confluencia de tres regiones fisiográficas

en el área de la ANP, mientras que Zacatlán y los tres municipios se ubican en una (el ENT o la SMO respectivamente). Además que en tres municipios la vegetación natural fue desplazada por cafetales. En contraste la riqueza del ANP resultó menor comparada con la de Cuetzalan (68) y Tlatlauquitepec (69), posiblemente se deba a que el tamaño y el tiempo invertido en los sitios muestreados fueron mayores y con un mejor estado de conservación.

Además de su elevada riqueza otro punto importante a resaltar es su alto grado de endemidad, pues de las 51 especies encontradas el 49% (25) son endémicas, esto representa el 17% de las 147 especies endémicas que se encuentran en el estado de Puebla (Gutiérrez-Mayén *et al.* 2011). No obstante el número de especies exclusivas del estado parece ser bajo si lo comparamos con las del municipio de Tlatlauquitepec (43) (Solano-Zavaleta 2008) sitio donde se ha registrado el mayor número de endemismos para la SNP. Esto puede atribuirse a que el área de distribución de las especies presentes en la ANP ocupan regiones adyacentes del estado de Hidalgo, Querétaro y Veracruz (García-Vásquez *et al.* 2009).

De las especies que fueron un aporte nuevo al ANP, *Thorius* sp. fue endémica del estado y parece ser el primer registro de este género para la SNP y la SMO, contrario con Rovito *et al.* (2105) quienes reportan que este género no ha sido registrado para esta región. Para el Estado de Puebla, *Lithobates catesbeianus* es una especie cuya presencia se conocía únicamente en la LCG, (García-Vásquez *et al.* 2009) en la parte Nororiental del estado, por lo que es el primer registro para la ANP, lo cual indica que está incrementando su

área de distribución. Además los miembros de los géneros *Chiropterotriton*, *Pseudoeurycea* y *Lithobates* probablemente también sean nuevos registros para esta región o incluso especies nuevas para la ciencia. Estos nuevos aportes concuerdan con García-Vásquez *et al.* (2009), Vite-Silva *et al.* (2010) y Flores-Villela y García-Vásquez (2014) que son evidencia de que aun hacen falta realizar más estudios que contribuyan al conocimiento de la herpetofauna del Estado de Puebla y de Mexico.

Por la ubicación de la ANP-CHRN y tener elementos de tres provincias fisiográficas, la herpetofauna estuvo compuesta por especies con diferentes afinidades biogeográficas, principalmente de origen tropical. Para Savage (1982) y Flores-Villela (1998) este mosaico es el producto de diversos procesos de dispersión y vicarianza, y para Morrone (2005), esta biota que está compuesta por diferentes afinidades puede ser parte de la Zona de Transición Mexicana como resultado de la abrupta topografía del territorio mexicano y a los cambios climáticos y de vegetación que ocurrieron durante la historia geológica reciente.

### **Esfuerzo de muestreo**

La curva de acumulación de la riqueza observada no se estabilizo, de acuerdo con Fernández-García *et al.* (2014) es debido a que aún es necesario registrar algunas especies más como lo indican los estimadores Chao1 y Chao2 que predicen que la riqueza de especies, solo para la porción poblana ANP-CHRN puede ser de 71 y 73 especies respectivamente. Además los únicos y duplicados no se sobreponen, lo que en conjunto se interpreta como que hace falta registrar entre 15 y 25 especies, por ello es necesario incrementar el

esfuerzo de muestreo para completar el inventario (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

Esto puede ser resultado de que el muestreo se concentró en las ventanas, dejando fuera otros ambientes, sin embargo, resultados similares fueron reportados para los inventarios realizados en Zacatlán, Tlatlauquitepec y Cuetzalan donde fueron utilizados diferentes métodos de colecta, esfuerzo de muestreo y estimadores; y en ninguno de los casos se ha completado el inventario, los cuales apenas alcanzaron poco menos del 80% de la riqueza estimada. Esto es el reflejo de la complejidad ambiental de la SNP evidenciado por un amplio gradiente altitudinal y los diversos hábitat o tipos de vegetación presentes.

Si agregamos las especies de serpientes registradas por Romero-Fragoso (2009) el total de herpetozoarios de esta porción del ANP se eleva a 69, valor que se aproxima a la cifra predicha por los estimadores. Asimismo, y de acuerdo a la información de los habitantes de la región también están presentes en el ANP algunas salamandras (probablemente *Pseudoeurycea belli*, *P. gigantea* y *P. cephalica*), la ranita de árbol (*Charadrahyla taeniopus*), la rana de Puebla (*Lithobates pueblae*), el basilisco de árbol (*Laemanctus serratus*), el cincuate (*Pituophis deppei*), la voladora (*Oxybelis aeneus*) y el falso coralillo (*Lampropeltis triangulum*), especies que en un futuro se espera obtener con un mayor esfuerzo de muestreo. Siendo así, el inventario es casi completo.

## **Abundancias**

La mayoría de las especies registradas fueron raras y escasas. Esta rareza según Muñoz-Alonso (1988) ocurre por dos razones, una selección de hábitat al que están fuertemente ligadas o una baja explotación de recursos. A estas especies se les considera estenoicas (Spellerberg y Sawyer 1999). Dentro de esta categoría, las serpientes fueron las más numerosas, lo que coincide con Camarillo-Rangel (1993) y Valdespino (1998) principalmente por sus hábitos esquivos dificultan su registro y observación lo que es un patrón común en estudios de riqueza y diversidad de la herpetofauna. El resto de las especies frecuentes y comunes que registraron mayores abundancias, es porque estas pueden explotar una mayor cantidad de recursos (Mendoza-Quijano 1990).

Las tres especies dominantes pueden considerarse eurioicas porque toleran un intervalo amplio de condiciones (De León y Gasdía 2008). *E. myotimpanum* y *S. variabilis* reflejan una amplia plasticidad para tolerar distintas condiciones ambientales, es por ello que fueron registradas en varios hábitat. *C. decoratus* se registró en un solo hábitat (ASM), en donde su elevada abundancia puede deberse a la heterogeneidad espacial y a la escasa competencia interespecifica que les permite explotar una gran cantidad de recursos (Lemos-Espinal y Rodríguez-Loeza 1984).

Los modelos de distribución de las abundancias permiten conocer la estructura de la comunidad y generan información acerca del nicho de las especies o el reparto de recursos (Uribe y Orrego 2001). Los datos del presente estudio se ajustaron al modelo de la serie logarítmica y sugieren que el sitio de estudio corresponde a una comunidad que está sometida a disturbio (Hill y Hamer

1998), debido a que un incremento o disminución en la disponibilidad de algunos recursos favorece a solo algunas especies provocando patrones heterogéneos de abundancia, como se observó en este estudio (Ferreira y Petreire 2008). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que esto no ocurre siempre, ya que según Hughes (1986) éste patrón no solo es resultado de la disponibilidad de recursos, sino que también es afectado por la estructura del muestreo. Esto es, que las ventanas están describiendo muestras pequeñas de una comunidad más grande que puede ajustarse a otro modelo (Nee *et al.* 1991).

Los patrones de diversidad, riqueza y abundancia pueden estar relacionados a la fisiología de cada grupo y los cambios de las variables ambientales. En este estudio no se encontraron diferencias significativas en cuanto al número de individuos entre épocas. Sin embargo los contrastes en la abundancia y riqueza de anfibios y reptiles y entre temporadas parecen estar relacionados con la constante humedad presente en la ANP la mayor parte del año (CONANP 2013) provocando que la actividad de estos organismos difiera debido a una variación de la cantidad de recursos entre temporadas (Andreone *et al.* 2001).

Lo observado en este trabajo durante la época húmeda en el que se registró el mayor número de individuos y una diferencia significativa en el número de especies raras comparadas con la época seca, coincide con lo reportado por Hernández-Ibarra (2005); Estrada-Rodríguez *et al.* (2006) y Garza-Castro *et al.* (2006), quienes proponen que durante esta temporada el alimento es

abundante y por ello; anfibios y reptiles se ven favorecidos, por el acceso a este.

Por otra parte aunque no fue objetivo de nuestro estudio medir la perturbación del ANP y su relación con la composición de la herpetofauna, se ha visto que la modificación y pérdida de hábitat provoca una variación en la abundancia y riqueza principalmente en anfibios debido a que esto promueve la generación de diversos microhábitat por lo que los anfibios muestran un amplio rango ecofisiológico de tolerancia dentro de la comunidad (Cáceres-Andrade y Urbina-Cardona 2009) lo que podría explicar su elevada abundancia.

### **Uso de microhábitat**

El número de microhábitat considerados en éste trabajo fue menor en comparación con los 13 reconocidos por Ramírez-Pérez (2008) o los 20 tipos o subtipos de Huitzil-Mendoza (2007) y Percino-Daniel *et al.* (2013). Las diferencias de microhábitat radican en las variables ambientales y características de cada comunidad como la cobertura vegetal, tipo de vegetación, cantidad y cobertura de troncos caídos, presencia de cuerpos de agua, porcentaje de rocas, temperatura y humedad presentes en cada hábitat (Hager 2001 y Smith *et al.* 2003). Los microhábitat más explotados por la herpetofauna del ANP-CHRN fueron el ripario por los anfibios y el terrestre por los reptiles. Estos mismos microhábitat fueron los más usados por la herpetofauna en Tlatlauquitepec (Solano-Zavaleta 2008) y Camocuautla, Huitzilán de Serdán y Zapotitlán de Méndez (Gutiérrez-Mayén y Salazar-Arenas 2006), zonas con las que la ANP comparte los mismos tipos de vegetación y región geográfica.

Los anfibios usan determinados microhábitat dependiendo de sus requerimientos tróficos, fisiológicos y físicos (Cadavid *et al.* 2005), no obstante la diferencia en la explotación de cada espacio ocasiona una reducción en las relaciones interespecíficas (Muñoz-Guerrero 2007). El hábitat más usado por los anfibios fue el ripario, utilizado por *H. plicata* y *L. spectabilis* especies con una alta dependencia de los cuerpos de agua, debido a la elevada permeabilidad al agua de su piel, además de que en el agua ocurre el amplexo y la ovoposición (Duellman y Trueb 1994), además el uso de este espacio es esencial para la sobrevivencia ya que puede ofrecer refugio contra depredadores.

El segundo microhábitat más usado fue el arborícola, este fue explotado por los anuros *E. miotympanum*, *S. baudinii* y *C. decoratus* especies que pueden considerarse especialistas por que consumen los recursos que sólo están presentes en el dosel de los árboles, y este ofrece un refugio contra los rayos solares para evitar la evapotranspiración (Wells 2007).

El microhábitat terrestre, fue ocupado por especies que no dependen de los cuerpos de agua sino de la humedad ambiental (Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén 2010), en la ANP este microhábitat fue utilizado por *I. nebulifer* y *R. marina*, estas especies pueden alejarse de cuerpos de agua debido a que tienen una piel gruesa que les ayuda a evitar la deshidratación y regresar ahí solo para reproducirse, además es un microhábitat propio para anfibios de gran tamaño (Lima y Magnusson 1998). Otras como *Craugastor rodophis* son exclusivamente terrestres y ahí donde llevan a cabo todo su ciclo de vida.



Los microhábitat menos usados por los anfibios fueron el saxícola y el fosorial, ocupados por las salamandras *Bolitoglossa platydactyla* y *Pseudoeurycea* sp.2; y los anuros *I. nebulifer* y *Eleutherodactylus verrucipes*. Según Wells (2007) estos organismos prefieren sitios en los que el suelo les brinda una elevada tasa de humedad relativa necesaria para mantener la piel húmeda. En el caso de *I. nebulifer* algunos ejemplares se encontraron estivados enterrados en madrigueras lo que es muy común para esta especie durante la época seca (Dixon y Lemos-Espinal 2010).

Para los reptiles, el uso del microhábitat depende principalmente de su habilidad para buscar fuentes de calor (Bustos-Zagal *et al.* 2013). En la ANP-CHRN los microhábitat más usados por este grupo fueron el terrestre y el fosorial, la preferencia por estos microhábitat radica en que los reptiles pueden usar como corredor áreas abiertas entre zonas boscosas (Gutiérrez-Mayén y Salazar-Arenas 2006) de esta manera pueden explotar todos los recursos disponibles (Pianka 1994), evitar competencia por zonas para la termorregulación y para ocultarse de los depredadores (Percino-Daniel *et al.* 2013).

El resto de los microhábitat fueron usados en menor proporción. Se considera que el hábitat arborícola es explotado por serpientes de gran tamaño, las cuales fueron especies raras en este trabajo como *Boa constrictor* y *Spillotes pullatus*. Aunque los reptiles no están fuertemente ligados a los cuerpos de agua como los anfibios, hay especies que habitan cerca de ellos como *N.*

*laeviventris*, *Thamnophis scalaris* y *B. asper* que con frecuencia se observan en busca de alimento (Lemos y Dixon 2013).

Tanto anfibios como reptiles usaron microhábitat antropogénicos, entre las especies encontramos a *Thorius sp.*, *I. nebulifer*, *S. variabilis*, y *H. undulatus*. Gutiérrez-Mayén y Salazar-Arenas (2006) y Ramírez-Bautista *et al.* (2014) indican que estas especies son resistentes y están adaptadas de manera favorable al cambio en el uso de suelo y pérdida del hábitat original porque las zonas alteradas producen una mayor cantidad de recursos (Mendoza-Quijano 1990) o incluso pueden considerarse especies oportunistas (Vargas-Santamaría y Flores-Villela 2006).

#### **Diversidad alfa de las ventanas y los hábitat**

El enfoque de ventanas de acuerdo a Halffter y Rös (2013) ha sido empleado como estrategia para evaluar la diversidad de un paisaje usando coleópteros, aves y plantas (Lindenmayer *et al.* 2003; Arroyo-Rodríguez *et al.* 2009; Numa *et al.* 2009; Arriaga *et al.* 2012 y Rös *et al.* 2012). Estos estudios encontraron que puede haber una variación en cuanto a la composición, riqueza y diversidad dentro de un paisaje que puede ser explicada por la estructura de los hábitat que lo componen, las condiciones climáticas o el grado de deterioro causado por actividades antrópicas. De esta manera es posible conocer el aporte de la diversidad beta entre hábitat, explicar la distribución y la biogeografía de estos grupos y mediante las ventanas o parches de vegetación establecer objetivos de conservación.

En este estudio se encontró que, la ventana 1, Teopancingo, ubicada a mayor altitud y donde los hábitat presentes corresponden a zonas templadas, fue la ventana con mayor riqueza específica y diversidad, resultado que concuerda con lo obtenido por Flores-Villela *et al.* (2010) en bosques templados, quienes concluyen que estos sitios albergan un número considerable de especies y endemismos, debido a factores biogeográficos recientes como la edad del área o 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) además la mayoría son endémicas (Savage 1966 y 1982 ; Fauth *et al.* 1989).

Según Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista (2012), el bosque de pino (BP) es un hábitat homogéneo, que genera pocos microhábitat a diferencia del bosque mesófilo de montaña (BMM) o la asociación de bosque de pino-encino (BP-E) Sin embargo, en la ANP-CHRN éste hábitat fue uno de los de mayor riqueza y diversidad, en comparación con la que se encontró en el BP en Acaxochitlán la cual fue menor. Las diferencias posiblemente se deban al diferente grado de perturbación que presentan ambos bosques.

La elevada riqueza del BP en la ANP-CHRN también puede ser el resultado de que este hábitat colinda con el pastizal (Pa) y el sistema agroforestal (SA) que funcionan como zona de transición entre parches de vegetación como lo reportó Altamirano-Álvarez *et al.* (2006) razón por la cual puede aumentar la riqueza de especies. Sin embargo, la presencia de especies únicas como *L. spectabilis* o *Phrynosoma orbiculare* respectivamente se deba a características

propias de estos hábitat como la presencia de arroyos o el tipo de suelo, elementos a los que están ligadas estas especies (Smith *et al.* 2003).

El BP-E se considera uno de los tipos de vegetación que alberga una elevada riqueza y diversidad de especies en México principalmente por la elevada humedad relativa y la enorme cantidad de microhábitat que genera (Hernández-Salinas y Ramírez-Bautista 2013). En este estudio este hábitat presentó la menor riqueza y diversidad. Gutiérrez-Mayén y Salazar-Arenas (2006) encontraron un patrón similar en Camocuautla, Huitzilán de Serdán y Zapotitlán de Méndez, ellos consideran que estas especies están restringidas a este hábitat y son estenoicas por ello tienen una alta dependencia a un hábitat o microhábitat particular. Sin embargo las especies que nosotros registramos en este hábitat no están restringidas, a excepción de *Chiropterotriton* sp.1, por lo que es posible que la baja riqueza y diversidad se deba a otros factores ecológicos como la cantidad de radiación solar y recursos como el alimento o espacio; e interacciones bióticas como la competencia (Pianka 1994).

Las ventanas Nuevo Necaxa y Xaltepuxtla están asociadas al BMM, uno de los hábitat de mayor extensión dentro de la ANP-CHRN, se encuentran a una altitud media (entre 1150 y 1280 msnm) con elevada humedad y temperaturas templadas (Challenger 1998; Ramírez-Bautista y Cruz-Elizalde 2013). Sin embargo hubo diferencias en ambas ya que Nuevo Necaxa fue la que albergó una elevada riqueza de anfibios y Xaltepuxtla registró la menor riqueza y diversidad.

La riqueza y diversidad que albergó Nuevo Necaxa puede deberse principalmente a las condiciones óptimas de nubosidad que originan elevadas tasas de humedad ambiental y edáfica (Rendón *et al.* 1998) sumado a la numerosa cantidad de microhábitat que ahí pueden generarse debido a dos factores, primero por la heterogeneidad ambiental y estructural provocado por la convergencia de elementos de zonas templadas y tropicales (Muñiz-Castro 2008) como ocurre en la zona de transición de bosque de pino y mesofilo de montaña (P-BMM). Y segundo, la modificación del BMM favorece la existencia de microespacios como ocurre en el hábitat vegetación secundaria (VS) factor que ha provocado que este albergue una riqueza mayor que la de la zona transición, además es aquí donde se registró *L. catesbeianus* y *Thorius* sp.

En Xaltepuxtla el BMM colinda con un sistema agroforestal, por lo que ha sido fragmentado y degradado, según Restrepo y Gómez (1998) y Kattan *et al.* (1994) éste es un hábitat sensible a la perturbación por lo que las poblaciones que ahí habitan se ven diezmadas rápidamente. Contrario a la que se observó en Nuevo Necaxa, este es un factor que puede explicar la baja riqueza y diversidad, ya que puede haber una disminución en la humedad, mayor cantidad de luz y el incremento en la temperatura, lo que podría explicar la presencia de sólo dos especies de anfibios, mientras que el resto fueron reptiles (Saunders *et al.* 1993). Además en los cultivos de plantas de ornato, se utilizan agroquímicos para controlar plagas, los cuales indudablemente afectan negativamente a la diversidad (Marsh y Pearman 1997).

La ventana 4, el “Infiernillo”, fue la que se ubicó a menor altitud y en la que mayores temperaturas se registraron. Este sitio fue el segundo en riqueza de especies (principalmente reptiles) y en cuanto a diversidad. De acuerdo a Macip-Rios y Muñoz-Alonso (2008) en su estudio de fragmentos de bosque y cafetales, la perturbación en este tipo de hábitat promueve más tipos de microhábitat así como la tolerancia de estos organismos en la variación de los factores abióticos de estos ambientes, principalmente de especies generalistas, ya que pueden invadir refugios que se encuentran dentro y en la periferia de los hábitat por lo que puede ser este el factor por el que la diversidad alfa fue mayor que beta en comparación con el resto de las ventanas.

El acahual de selva mediana (ASM) y el sistema cafetal-maíz (SC-M) fueron los hábitat que presentaron una diversidad baja, sin embargo el ASM fue el hábitat con mayor riqueza específica principalmente reptiles mientras que el SC-M tuvo apenas ocho registros. Se sabe que los cafetales y acahuales son sitios que albergan una elevada riqueza de especies (Percino-Daniel 2001), debido a que los primeros también presentan elevadas tasas de humedad ambiental y edáfica, además que la cobertura vegetal proporciona una gran cantidad de sombra originando diversos microhábitat para anfibios y reptiles (Perfecto *et al.* 1997).

Sin embargo, la riqueza y diversidad de los acahuales y cafetales no depende solo de la estructura de la vegetación y cantidad de microespacios que se generen, otro factor decisivo corresponde a la edad que estos tengan y la etapa de sucesión en la que se encuentre la comunidad, ya que estos elementos

afectan la variación intrínseca de la composición, estructura y procesos ecológicos de la comunidad y por tanto la diversidad puede ser variable (Pineda *et al.* 2005; Perfecto y Armbretch 2003).

Las ventanas pueden indicar cómo es la diversidad a escala regional o de paisaje sin embargo no es posible comparar los resultados obtenidos aquí con otros trabajos en los que se ha aplicado esta estrategia debido a que los coleópteros, aves y plantas tienen distintas historias biogeográficas, capacidades de dispersión y cada grupo responde de manera distinta a la pérdida y fragmentación del hábitat. De manera que este trabajo puede servir como base para analizar la diversidad de anfibios y reptiles y así contribuir a la conservación de los sitios con mayor riqueza de especies, diversidad o áreas de alta endemidad.

### **Partición Aditiva de la diversidad**

Los estudios sobre diversidad en México utilizando distintos grupos (Moreno y Halfter 2001; Pérez-García y Meave 2004; Flores-Villela *et al.* 2005; Arita *et al.* 2008; y Hernández-Salinas y Ramírez-Bautista 2012) muestran un patrón donde la diversidad beta es mayor que alfa, resultado que fue similar al encontrado en el presente estudio en tres ventanas y en el ANP-CHRN, utilizando a la herpetofauna que es considerada un grupo  $\beta$ -diverso y mediante la aplicación de la partición aditiva Pineda y Halfter (2004); Jiménez-Velásquez (2013) y Suazo-Ortuño *et al.* (2015) también encontraron que beta es el elemento de mayor proporción a la diversidad gamma a nivel de paisaje. Este

mismo resultado se reporta para el Amazonas (Gardner *et al.* 2006) y otros grupos biológicos (Fleishman *et al.* 2003; Wu *et al.* 2010 y Signor y Pinho 2011).

Esto al parecer es el resultado de la heterogeneidad ambiental del territorio (Rodríguez *et al.* 2003) ya que la interacción de distintos elementos tales como la posición geográfica, la topografía, el área, los diferentes climas, tipos de vegetación y suelo son los que determinan la diversidad a nivel de paisaje (Whittaker *et al.* 2001). Además cada hábitat y ventana presenta una estructura distinta que propicia la presencia de distintos microhábitat y recursos que afectan la abundancia, riqueza y distribución de los organismos (Wagner *et al.*, 2000; Fournier y Loreau, 2001).

No obstante y de acuerdo a Kattan *et al.* (2006); en su estudio de diversidad con aves en los Andes, mencionan que la estructura y complejidad del hábitat son elementos que impiden conocer la riqueza y diversidad de especies de un sitio, por lo que puede haber un sesgo en el número de especies, por tal motivo en este caso, el elevado valor de beta debe ser tomado con cautela y esperar que, posteriormente, con un mayor esfuerzo de muestro pueda haber un acercamiento entre los valores de alfa y beta.

Desde un punto de vista de la bioconservación, separar los componentes alfa y beta es fundamental para conocer los alcances que se puede tener para el establecimiento de estrategias eficientes para la protección (Scott *et al.* 1999).

La diversidad beta es una herramienta que puede ser tomada en consideración



para la planeación y diseño de áreas de conservación (Morrone *et al.* 2002). En el caso específico del ANP, en donde el componente beta fue alto y por la heterogeneidad ambiental podrían utilizarse sitios o áreas donde confluyen varias asociaciones vegetales como las ventanas para la protección de un mayor número de especies como así escenarios o paisajes , sin embargo, de acuerdo con Hernández-Salinas y Ramírez-Bautista (2102) se deben considerar ciertos criterios como la diversidad taxonómica, número de endemismos y categoría de riesgo de las especies para establecer medidas eficientes de conservación.

### **Similitud y complementariedad**

Una característica importante dentro de las comunidades biológicas de acuerdo con Ramírez-Bautista *et al.* (2014), es la relación que tiene la fauna con el hábitat, hecho que permite agrupar sitios con faunas similares y como resultado, nos permiten regionalizar el espacio geográfico separando áreas climáticas y faunísticamente diferentes. Este fenómeno ocurre en la ANP-CHRN en la que hay una clara separación de la herpetofauna.

Los valores obtenidos aquí muestran una baja similitud faunística entre cada una de las ventanas debido a que ninguna alcanzó el valor crítico, por lo tanto esto sugiere que todas las ventanas presentan una herpetofauna particular de acuerdo al hábitat o tipo de vegetación y la estructura de cada uno. Al parecer la separación se debe a tres factores, mismos que determinan la estructura de cada ventana, siendo el principal la altitud, por ello, Teopancingo no comparte ninguna especie con el resto de las ventanas. Nuevo Necaxa, aunque

comparte algunas especies con Xaltepuxtla y el “Infiernillo”, el grado de similitud es bajo, aquí el factor determinante de separación puede ser la constante humedad ambiental. Por último Xaltepuxtla y el “Infiernillo”, tienen la mayor similitud (54%), debido a que comparten algunas especies de reptiles. En estos sitios los hábitat presentes son diferentes sin embargo fueron en los que se registró la temperatura más elevada y una alta insolación.

En cuanto a los municipios de la SNP y áreas adyacentes, la separación de estos sitios en dos grandes grupos también indica una diversificación de los linajes propios de distintos ambientes, sin embargo hay un patrón en el que los ambientes templados y tropicales muestran algún valor de similitud, como ocurre con la herpetofauna de la ANP-CHRN que mostró una mayor similitud con el municipio de Acaxochitlán (Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista 2012; Ramírez-Bautista *et al.* 2014) (69%); y con Zacatlán (Xelano-Conde 2004) (58%), sitios que son parte del ANP y que comparten hábitat templados como el BP y BMM. Estos sitios muestran una baja similitud con Cuetzalan o Tlatlauquitepec, a pesar de que comparten algunos hábitat la composición herpetofaunística es distinta debido a que estos se encuentran más alejados del ANP y abarcan una porción distinta de la SMO y la LCG y como se reporta en otros trabajos (Flores-Villela *et al.* 2005; Lavín-Murcio y Lazcano 2010) cada región y ambiente presenta una composición particular de especies, por ello la fauna de estos sitios es distinta.

En cuanto a la complementariedad, los valores obtenidos por pares de biotas entre las ventanas; y la ANP y zonas adyacentes son elevados comparados

con otros estudios en los que la complementariedad alcanzó apenas el 78% (Pineda y Halffter 2004; Urbina-Cardona y Londoño-Murcia 2003; Carvajal-Cogollo *et al.* 2007 y Carvajal-Cogollo 2008), esto indica que la proporción de especies compartidas entre sitios es baja, reflejo de la alta tasa de recambio de especies que predomina en la región debido a que cada sitio alberga una herpetofauna distinta, las cuales, de acuerdo a Halffter y Moreno (2005) y Morrone y Márquez (2003) son afectadas por la discontinuidad abrupta del ambiente en el espacio como la accidentada topografía, diversidad climática, tipos de vegetación y la convergencia de distintas provincias fisiográficas.

Tanto el índice de similitud y complementariedad pueden servir para implementar estrategias de conservación para la herpetofauna, de acuerdo con Medina-Rangel (2011), por el bajo número de especies compartidas entre sitios, se podría crear una estrategia en la que sean conservados un conjunto de hábitat que tengan el menor impacto humano posible y que alberguen la mayor proporción de especies.

### **Análisis de correspondencia canónica**

El ACC involucra el ensamblaje completo de una comunidad que revela una respuesta significativa hacia las variables ambientales que determinan la presencia, abundancia y distribución de las especies., el ACC también muestra una separación de las variables ambientales de mayor importancia, las especies y los hábitat.

Los hábitat homogéneos en cuanto a la estructura de la vegetación presentan una menor riqueza, mientras que los que tienen una estructura compleja

albergan una mayor riqueza y diversidad por la mayor cantidad de microhábitat que puedan generar (Pérez-Rodríguez y Delgado-Fernández 2013). En nuestro análisis hay una respuesta significativa de las especies hacia las variables ambientales de manera similar, las especies que se encuentran asociadas a zonas templadas y que su presencia y distribución están determinadas por el gradiente altitudinal son menos en comparación con las que habitan zonas húmedas o tropicales y están asociadas a variables más complejas.

Sin embargo hay especies que están presentes en diferentes hábitat como *R. Marina*, *I. nebulifer* y *S. variabilis* que no están ligadas a condiciones específicas de un hábitat, como lo mencionan Ulrich *et al.* (2000) la presencia de estas especies y su relación con las variables del hábitat no pueden ser evaluadas con el ACC.

De acuerdo con Arias (2010), esta separación puede deberse a la plasticidad ecológica, adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales de las especies que muestran variaciones en el uso del espacio y otros recursos, de acuerdo a la estructura de la vegetación en que habitan.

## Conclusiones

- Después de 26 muestreos llevados a cabo durante la época seca (enero-mayo) y húmeda (junio-diciembre) en cuatro ventanas y en diez hábitat dentro de la porción Poblana del ANP-CHRN, se registraron 51 especies de herpetozoarios de las cuales aproximadamente el 50% son endémicas de México, no obstante esta elevada riqueza, aún hace falta aumentar el esfuerzo de muestreo.
- De las 51 especies registradas, 28 son nuevos registros para el ANP, que sumadas a las 61 previamente registradas en la literatura para esta región el número total de especies del ANP-CHRN es de 89.
- Biogeográficamente la herpetofauna del ANP-CHRN es una fauna mixta, compuesta por el 22% de los géneros que son de afinidad Neártica y 78% de afinidad Neotropical dentro de los cuales el 13% son endémicos de México
- Dos especies pueden considerarse nuevos registros, *L. catesbeianus* para la parte Noroeste de la Sierra Norte de Puebla y *Thorius* sp. lo es para la Sierra Norte de Puebla y la Sierra Madre Oriental. Esta fue la única especie endémica del Estado de Puebla.
- De acuerdo con la abundancia relativa, la comunidad de herpetozoarios estuvo compuesta por tres especies dominantes (6% del total), algunas comunes (10%), frecuentes (8%), y la mayoría fueron escasas y raras (27% y 49% respectivamente). El modelo de la serie logarítmica fue el que mejor

se ajustó a las abundancias relativas de las especies, lo que sugiere que la comunidad explorada se encuentra sometida a disturbio, esta información es relevante para desarrollar proyectos encaminados al manejo, recuperación y conservación.

- En la época húmeda fue cuando se registró el mayor número de individuos (470) representantes de 39 especies principalmente anfibios. Mientras que durante la época seca se registraron 432 individuos pertenecientes a 33 especies. En ambas temporadas siempre fue mayor el número de reptiles.
- De los seis microhábitat explorados en el ANP-CHRN el ripario fue usado principalmente por anfibios (28%) y el terrestre por los reptiles (44%).
- La ventana con la mayor riqueza (19 especies) y diversidad ( $H' = 2.38$ ) fue Teopancingo. En Nuevo Necaxa se registró la mayor riqueza de anfibios. Xaltepuxtla es la que albergó menor riqueza (11 especies) y diversidad ( $H' = 0.69$ ) y el “Infiernillo” fue la ventana en la que se encontró el mayor número de serpientes. Esta información puede ser relevante para ayudar a establecer sitios prioritarios para la conservación principalmente en aquellos con elevada riqueza de especies y endemidad.
- Los hábitat bosque de pino, vegetación secundaria y el acahual de selva mediana fueron los que albergaron la mayor riqueza y diversidad de especies.
- La partición aditiva mostró en general que la diversidad beta fue el elemento que mayor aportó a la diversidad gamma debido a la

heterogeneidad ambiental que impera en la zona, siendo la altitud, la humedad y la temperatura las variables ambientales relacionadas con la elevada tasa de recambio de especies.

- El valor de similitud entre ventanas fue bajo, lo que indica que cada sitio alberga una herpetofauna distinta, reflejo de la elevada tasa de recambio dentro del ANP.
- La herpetofauna del ANP-CHRN mostró una similitud alta (entre 60% y 70%) con los municipios de Acaxochitlán (Hidalgo) y Zacatlán (Puebla), sitios cercanos al ANP y donde la herpetofauna compartida corresponde a ambientes templados como el bosque de pino y mesofilo de montaña.
- Fue diferente para la Barranca de Meztlán, Cuautepec o incluso otros municipios de la Sierra Norte de Puebla como Tlatlauquitepec y Cuetzalan en donde la herpetofauna pertenece a zonas áridas, templadas y tropicales por ello el valor de similitud fue bajo, sin embargo con estos sitios se obtuvieron altos valores de complementaridad (incluso más del 80%).

## Literatura Consultada

- Altamirano-Álvarez, T.A., S. Sarabia-Marisela y S. Torres-Reyes. 2006. Anfibios y reptiles de Tepotzotlán, Estado de México. *Revista de Zoología*, 17: 46-52.
- AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. 2016. Berkeley, California: AmphibiaWeb. Available: <http://amphibiaweb.org>. Accesado: 11 de mayo de 2016.
- Andreone, F., M. Vences y J.E. Randrianirina. 2001. Patterns of amphibian and reptile diversity at Berara Forest (Sahamalaza Peninsula), NW Madagascar. *Italy Journal of Zoology*, 68: 235-241.
- Arias, Á. 2010. *Ecología de las comunidades de lagartos de Cayo Santa María, Villa Clara, Cuba*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ecológicas. Universidad de Alicante, España. 181p.
- Arita, H.T., A. Christen, P. Rodríguez y J. Soberón. 2008. Species diversity and distribution in presence-absence matrices: Mathematical relationships and biological implications. *American Naturalist*, 172: 519-532.
- Arriaga, A., G. Halffter y C. Moreno. 2012. Biogeographical affinities and species richness of copronecrophagous beetles (Scarabaeoidea) in the southeastern Mexican High Plateau. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 519-529.
- Arroyo-Rodríguez, V., E. Pineda, F. Escobar y J. Benítez-Malvido. 2009. Value of small patches in the conservation of plant-species diversity in highly fragmented rainforest. *Conservation Biology*, 23: 729-739.
- Ávila-Soriano A. 1987. *Algunos aspectos etnoherpetológicos de un municipio totonaco de la Sierra Norte de Puebla: Tepango de Rodríguez*. Tesis: Biólogo. ENEP Iztacala, UNAM. México. 96p.



- Benítez-Gálvez, J.E. 1997. *Los ofidios de Puebla*. Gobierno del Estado de Puebla. México. Pp. 121.
- Bustos-Zagal, M.G., J. Manjarrez y R. Castro-Franco. 2013. Uso de microhábitat y termorregulación en *Sceloporus horridus* (Wiegman 1939) (Sauria: Phrynosomatidae). *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*, 29(1): 153-163.
- Cáceres-Andrade, S.P. y J.N. Urbina-Cardona. 2009. Ensamblaje de anuros de sistemas productivos y bosques en el piedemonte llanero, Departamento del Meta, Colombia. *Caldasia*, 31(1): 175-194.
- Cadavid, J.G., C. Román-Valencia y A.F. Gómez. 2005. Composición y estructura de anfibios anuros en un transecto altitudinal de los Andes Centrales de Colombia. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 7(2): 103-118.
- Camarillo-Rangel, J.L. 1993. Algunos aspectos biogeográficos de los anfibios y reptiles de la Zona Xerófila de Hidalgo. Pp.415-432. En: N. Villavicencio, M.A.; Y. Marmolejo y B.E. Pérez (eds.). *Investigaciones recientes sobre Flora y Fauna de Hidalgo, México*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.
- Cambell, J.A. y J.L. Camarillo. 1994. A new lizard of the genus *Diploglossus* (Anguinae: Diploglossinae) from Mexico, with review of the Mexican and Northern Central American species. *Herpetologica*, 50(2): 193-209.
- Canseco-Márquez, L., J.R. Mendelson III y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2002. A new species of large *Tantilla* (Squamata: Colubridae) from the Sierra Madre Oriental of Puebla, Mexico. *Herpetologica*, 58: 492-497.
- Canseco-Márquez, L. y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2004. Distribución y notas ecológicas de *Celestus legnotus* (Lacertilia: Anguinae) en el norte de Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 12: 55-58.

- Canseco-Márquez, L., F. Mendoza y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2004. Análisis de la distribución de la herpetofauna. Pp. 427-437. En: I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Las prensas de ciencias, México, D.F.
- Canseco-Márquez, L. y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2006. Herpetofauna del Municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla. Pp. 180-196. En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana No.3. BUAP.
- Canseco-Márquez L. y M.G. Gutiérrez-Mayén. 2010. *Anfibios y reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A.C., Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México D.F.
- Carvajal-Cogollo, J.E., O.V. Castaño-Mora, G. Cárdenas-Arévalo y J.N. Urbina-Cardona. 2007. Reptiles de áreas asociadas a humedales de la planicie del Departamento de Córdoba, Colombia. *Caldasia*, 29: 427-438.
- Carvajal-Cogollo, J.E. 2008. *Evaluación de efectos antropogénicos sobre la diversidad de reptiles de un bosque fragmentado en el Departamento de Córdoba*, Colombia. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Colombia. 90p.
- 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.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. UNAM Agrupación Sierra Madre, A.C. México, D.F. 847 p.

- Chong-Alcaraz, L.E. 2004. *Estudio sobre la distribución altitudinal de las salamandras pletodóntidas neotropicales en el Municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla*. Tesis de Licenciatura en Biología. Escuela de Biología, BUAP. 77p.
- Colwell, R.K. 2013. *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Version 9. User's guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Colwell, R.K. y J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 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*. México. Pp. 118.
- 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.
- De la Maza, E.R. y A. White. 1990. *Rhopalocera* de la Huasteca Potosina, distribución, composición, origen y evolución. *Revista de la sociedad Mexicana de Lepidopterología*, 13(2): 2988.
- De León, M.J. y V. Gasdía. 2008. *Biodiversidad del Uruguay*. Editorial Fin de Siglo, Montevideo. Pp. 271.
- Diario Oficial de la Federación*. 20 de octubre de 1938. "Decreto que declara Zona Protectora Forestal Vedada, los terrenos que limita la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa". Pp 11-15.
- Dixon, J.R. y J.A. Lemos-Espinal. 2010. *Anfibios y reptiles del Estado de Querétaro, México*. Texas A. & M. University. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

- Duellman, W.E. y L. Trueb. 1994. *Biology of amphibians*. The John Hopkins University Press, Baltimore and London. Pp. 670.
- Duellman W.E. 2001. *The hylid frogs of Middle America*. Natural History Museum of the University of Kansas.
- Durant, S.E. y W.A Hopkins. 2008. Amphibian predation on larval mosquitoes. *Canadian Journal of Zoology*, 86: 1159-1164.
- Elzinga, C.L., D.W. Salzer y J.W. Willoughby.1998. *Measuring and monitoring plant populations*. BLM Technical Reference. Pp.319-323.
- Espinosa-Escalante, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 52: 53-56.
- Espinosa, D. y S. Ocegueda. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural. Pp. 33-65. En: Capital Natural de México, Vol.I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*, CONABIO, México.
- Estrada-Rodríguez, J.L., H. Gadsden, S.V. Leyva-Pacheco y T.U. Morones-Long. 2006. Herpetofauna del cañón "Piedras Encimadas", Sierra "El Sarnoso", Durango, México. Pp. 1-23. En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana No.3. BUAP.
- 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.
- Fernández, A.J., O. Sánchez y O. Flores-Villela. 2006. Anfibios y reptiles del Estado de Tlaxcala. Pp. 224-240. En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de*

su biodiversidad. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana. No.3 BUAP.

Fernández-García, I., M.E. Favila-Castillo y G.M. López-Iborra. 2014. Composición, riqueza y abundancia de Coleopteros (Coleoptera) asociados a bosques semidecíduos y vegetaciones ruderales en la Sierra del Rosario, Cuba. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, 54: 329-339.

Ferrari D.M., O.R. Pozzolo y H.J. Ferrari. 2008. *Software CobCal*. Para estimación de cobertura vegetal. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, EEA Concepción del Uruguay, entre Ríos Argentina.

Ferreira, F.C. y M.Jr. Petrere. 2008. Comments about some species abundance patterns: Classic, neutral and niche partitioning models. *Brazilian Journal Biology*, 68(4): 1003-1012.

FIR (Ficha Informativa de los Humedales Ramsar versión 2006-2008), 2007. *Sistema de Represas y Corredores Biológicos de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas*. Pp 31.

Fleishman, E., C.J. Betrus y R.B. Blair. 2003. Effects of spatial scale and taxonomic group on partitioning of butterfly and birds diversity in the Great Basin, USA. *Landscape Ecology*, 18: 675-685.

Flores-Villela, O., P. Mendoza y G. Gonzales.1995. Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. *Publicaciones Especiales Museo Zoología*, 10: 285. Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F., México.

Flores-Villela, O. 1993. Herpetofauna of Mexico: Distribution and endemism. Pp. 251-278. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico: Origins and distribution*. Oxford University Press, New York.

- Flores-Villela, O., L.M. Ochoa-Ochoa y C.E. Moreno. 2005. Variación latitudinal y longitudinal de la riqueza de especies y la diversidad beta de la herpetofauna mexicana. Pp: 143-152. En: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A), Zaragoza.
- Flores-Villela, O., L. Canseco-Márquez y L.M. Ochoa-Ochoa. 2010. Geographic distribution and conservation of the Mexican central highlands herpetofauna. Pp. 303-320. En: L.D. Wilson, J.H. Townsend y J.D. Johnson (eds.). *Conservation of the Mesoamerican amphibians and reptiles*, Eagle Mountain, Eagle Mountain, Utah.
- Flores-Villela, O. y U.O. García-Vásquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl.85: S467-S475.
- Fournier, E. y M. Loreau. 2001. Respective roles of recent hedges and forest patch remnants in the maintenance of ground-beetle (Coleoptera: Carabidae) diversity in an agricultural landscape. *Landscape Ecology*, 16: 17-32.
- García, E. 1975. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)* Instituto de Geografía. UNAM. México, 246p.
- García, J.C., F. Castro y H. Cárdenas. 2005. Relación entre la distribución de anuros y variables del hábitat en el sector la Romelia, Parque Nacional Natural Munchique (Cauca, Colombia). *Caldasia*, 27: 299-310.
- García-Vásquez, U.O., J.A. Márquez-Ramos y L. Canseco-Márquez. 2002. *Distribución y actualización de la fauna herpetológica en el Estado de Puebla, México*. Programa y resúmenes de la VII Reunión Nacional de Herpetología, Sociedad Herpetológica Mexicana, Universidad de Guanajuato.

- García-Vásquez., U.O., L. Canseco-Márquez, J.L. Aguilar-López, C.A Hernández-Jiménez, J. Maceda-Cruz., M.G. Gutiérrez-Mayén, y E.Y. Melgarejo-Velez. 2006. Análisis de la herpetofauna en la región Mixteca de Puebla, México. Pp. 152-169. En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana No.3. BUAP.
- García-Vásquez, U.O., L. Canseco-Márquez, M.G. Gutiérrez-Mayén y M. Trujano-Ortega. 2009. Actualización del conocimiento de la fauna herpetológica del Estado de Puebla, México. *Boletín de la Sociedad Herpetológica de México*, 17(1): 12-36
- Gardner, T.A., J. Barlow, L.W. Parry y C.A. Peres. 2006. Predicting the uncertain future of tropical forest species in a data vacuum. *Biotropica*, 39: 25-30.
- Garza-Castro, J.M., F.H. Carmona-Torres y A.J. González-Hernández. 2006. Anfibios y reptiles del Ejido San Juan Raya, Municipio de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Pp. 170-179. En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana No.3. BUAP.
- Gutiérrez-Mayén, M.G., L. Canseco-Márquez, U.O. García-Vásquez y J.M. Xelano-Conde. 2005. *Anfibios y Reptiles de la Sierra Norte de Puebla*. En: Memorias del VII Congreso Latino Americano de Herpetología, 15-19 de Agosto del 2005. Cuernavaca, Morelos.
- 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: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana. No. 3 BUAP.

- Gutiérrez-Mayén, M.G., L. Canseco-Márquez, U.O. García-Vázquez y C. Hernández-Jiménez. 2011. Anfibios y reptiles. Puebla. Pp. 440. En: *La biodiversidad de Puebla: estudio de estado. México* (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- 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. Pp 230.
- Hager, S.B. 2001. Microhabitat use and patterns of *Hoolbrookia maculata* and *Sceloporus undulatus* at White Sands National Monument, New Mexico. *Journal of Herpetology*, 35: 326-330.
- Halffter, G., y C.E. Moreno. 2005. Significado biológico de las diversidades alfa, beta y gamma. Pp. 5-18. En: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). *Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A), Zaragoza.
- Halffter, G., y M. Rös. 2013. A strategy for measuring biodiversity. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie.)*, 29(2): 400-411.
- Hammer, Ø., D.T.A. Harper y P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electronica*, 4(1):9.
- Hayek, L.1994. Transect sampling. Pp. 103-107 .En: W.R. Heyer, 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 D.C. USA.



- Hernández-Ibarra, X. 2005. *Biodiversidad de la herpetofauna del Municipio de Guadalcázar, San Luis Potosí, México*. Tesis Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 271p.
- Hernández-Salinas, U. y A. Ramírez-Bautista. 2013. Distribución de la herpetofauna en cuatro tipos de vegetación del Estado de Hidalgo, México. Pp. 5-12. En: G. Pulido-Flores y S. Monks (eds.). *Estudios Científicos en el Estado de Hidalgo y Zona Aledañas*, Vol. II.
- Hill, J.K. y K.C. Hamer 1998. Using species abundance models as indicator of habitat disturbance in tropical forest. *Journal of Applied Ecology*, 35: 458-460.
- Hughes, R.G. 1986. Theories and models of species abundance. *American Nature*, 128(6): 879-899.
- Huitzil-Mendoza, J.C. 2007. *Herpetofauna de dos localidades en la región de Zimapán, Hidalgo*. Tesis profesional en biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 98p.
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) Gobierno del Estado de Puebla, 2009. "*Enciclopedia de los municipios de México, Estado de Puebla*", disponible en [http://www.E-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_Puebla](http://www.E-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Puebla).
- INEGI, (12/12/2013). Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación escala 1:250 000, serie V (capa Unión)', escala: 1:250000. Edición: 2a. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes.
- 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-Velásquez, G. 2013. *Estructura y composición de la herpetofauna asociada a humedales en un paisaje urbano-agrícola del Eje Neovolcánico*. Tesis de Maestría.

- Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Queretaro, Mexico. 68p.
- Jost, L. 2010. Independence of alpha and beta diversities. *Ecology*, 9: 1969-1974.
- 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.
- Kattan, H.G., P. Franco, C.A. Saavedra-Rodríguez, C. Valderrama, V. Rojas, D. Osorio y J. Martínez. 2006. Spatial components of bird diversity in the Andes of Colombia: Implications for designing a Regional Reserve System. *Conservation Biology*, Vol. 20 No. 4: 1203-1211.
- Koleff, P. y J. Soberón. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. Pp. 323-364. En: Capital Natural de México, Vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*, CONABIO, México.
- Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.
- Lavín-Murcio, P.A., y D. Lazcano. 2010. Geographic distribution and conservation of the herpetofauna of northern Mexico. Pp. 274-301. En: L.Wilson, D., H. Townsend, y J.D. Johnson (eds.). *Conservation of the Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. Eagle Mountain Publ., L. C. Eagle Mountain, Utah, USA.
- Lemos-Espinal, J.A. y J.L. Rodríguez-Loeza. 1984. *Estudio general de la comunidad herpetofaunística de un bosque templado (mezcla Quercus-Pino) del Estado de México*. Tesis de Licenciatura en Biología. ENEP-Iztacala, UNAM. México. 41p.
- Lemos-Espinal, A. y J.R. Dixon. 2013. Amphibians and reptiles of San Luis Potosi. Eagle Mountain Publishing.

- Lima, A.P. y W.E. Magnusson. 1998. Partitioning seasonal time: Interactions among size, foraging activity and diet in leaf-litter frogs. *Oecologia*, 16: 259-266.
- Lindenmayer, D.B., S. McIntyre, y J. Fischer. 2003. Birds in eucalypt and pine forests: Landscape alteration and its implications for research models of faunal habitat use. *Biological Conservation*, 110: 45-53.
- Loreau, M. 2000. Are communities saturated? On the relationship between  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversity. *Ecology Letters*, 3: 73-76.
- MacArthur, R., H. Recher y M. Cody. 1966. On the relation between habitat selection and species diversity. *American Naturalist*, 100: 319-332.
- Macip-Ríos, R. y G. Casas-Andreu. 2008. Los cafetales en México y su importancia para la conservación de los anfibios y reptiles. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie.)*, 24: 143-159.
- Marsh, D.M. y P.B. Pearman. 1997. Effects of habitat fragmentation on the abundance of two species of Leptodactylidae frogs in the Andean montane forest. *Conservation Biology*, 11: 323-328.
- Martín-Regalado, C.N., R.M. Gómez-Ugalde y M.E. Cisneros-Palacios. 2011. Herpetofauna del Cerro Guiengola, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*, 27(2): 359-376.
- Medina-Rangel, G.F. 2011. Diversidad alfa y beta de la comunidad de reptiles en el complejo cenagoso de Zapatos, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(2): 935-968.
- Mendoza-Quijano, F. 1990. *Estudio herpetofaunístico en el transecto Zacualtipán-Zoquizoquiapan-San Juan Metztlán, Hidalgo*. Tesis, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalneptla, Estado de México. 94p.

- Mendoza-Quijano, F., G. Quijano-Manilla y R.F. Mendoza-Paz. 2006. Análisis fenético de la herpetofauna de los bosques mesófilos de montaña del este de Hidalgo. Pp. 99-109. En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana No.3. BUAP.
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Moreno, C.E. y G. Halffter. 2001. Spatial and temporal analysis of the alpha, beta and gamma diversities of bats in a fragmented landscape. *Biodiversity and Conservation*, 10: 367-382.
- Morrison, M.L., W.M. Block, M.D. Strickland, B.A. Collier y M.J. Peterson. 2008. *Wildlife study design*. Springer Series on Environmental Management, NewYork.
- Morrone, J.J., D. Espinosa-Organista, A. Fortino y P. Posadas 1999. *El arca de la biodiversidad*. UNAM. 87pp.
- Morrone, J.J., D. Espinosa-Organista y J. Llorente-Bousquets. 2002. Mexican biogeographic provinces: Preliminary scheme, general characterizations, and synonymies. *Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie)*, 85: 83-108.
- Morrone, J.J. y J. Márquez. 2003. Aproximación a un Atlas Biogeográfico Mexicano: Componentes bióticos principales y provincias biogeográficas. Pp. 217-220. En: J.J. Morrone, y J. Llorente Bousquets (eds.). *Una perspectiva latinoamericana de la biogeografía*. México, Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 76: 207-252.

- Muñiz-Castro, M.A. 2008. *Sucesión secundaria y establecimiento de especies arbóreas nativas para restauración del bosque mesófilo de montaña en potreros abandonados del centro de Veracruz*. Tesis de doctorado. Instituto de Ecología A.C. 172p.
- Muñoz-Alonso, L.A. 1988. *Estudio herpetofaunístico del Parque Ecológico Omitelmi, Municipio de Chilpancingo, Guerrero*. Tesis de Licenciatura UNAM. 111p.
- Muñoz-Guerrero, J., V.H. Serrano y M.P. Ramírez-Pinilla. 2007. Uso de microhábitat, dieta y tiempo de actividad en cuatro especies simpátricas de ranas Hílicas Neotropicales (Anura: Hylidae). *Caldasia*, 29(2): 413-425.
- Nee, S., P.H. Harvey y R.M. May. 1991. Lifting the veil on abundance patterns. *Proceedings of The Royal Society B: Biological Sciences*, vol.243: 161-163.
- Numa, C., J.R. Verdú, A. Sánchez y E. Galante. 2009. Effect of landscape structure on the spatial distribution of Mediterranean dung beetle diversity. *Diversity and Distributions*, 15: 489-501.
- Parra-Olea, G., L. Canseco-Márquez y M. García-Paris. 2004. A morphologically distinct new species of *Pseudoeurycea* (Caudata: Plethodontidae) from Sierra Madre Oriental of Puebla, Mexico. *Herpetologica*, 60: 78-84.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl.85: S460-S466.
- Patterson, B.D. y J.H. Brown. 1991. Regionally nested patterns of species composition in granivorous rodent assemblages. *Journal of Biogeography*, 18: 395-402.
- Percino-Daniel, R. 2001. *Diversidad de reptiles en bosque mesófilo de montaña y cafetal, en la Reserva de la Biósfera "El Triunfo", Chiapas, México*. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, BUAP, Puebla, México. 94p.

- Percino-Daniel, R., E. Cruz-Ocaña, W. Pozo-Ventura y E. Velásquez. 2013. Diversidad de reptiles en dos microcuencas del Río Grijalva, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 938-948.
- Pereyra, L.C. y C.E. Moreno. 2013. Divide y vencerás: Revisión de métodos para la partición de la diversidad regional de especies en sus componentes alfa y beta. *Revista Chilena de Historia Natural*, 86: 231-239.
- Perfecto, I., J. Vandermeer, P. Hanson y V. Cartín. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem. *Biodiversity Conservation*, 6: 935-945.
- Perfecto, I. y I. Armbrrecht. 2003. The coffee agroecosystem in the Neotropics: Combining ecological and economic goals. Pp. 159-194. En: J. Vandermeer, (Ed.). *Tropical Agroecosystems, Advances in Agroecology Series*. CRC, Boca Raton.
- Pérez-García, E.A. y J.A. Meave. 2004. Heterogeneity of Xerophytic vegetation of limestone outcrops in a tropical deciduous forest region in southern México. *Plant Ecology*, 175:147-163.
- Pérez-Rodríguez, E. y F. Delgado-Fernández. 2013. Variación espacial en las comunidades de lagartos y su relación con la estructura de la vegetación en la reserva de Biosfera Península de Guanabacabies, Cuba. *Revista Forestal Baracoa*, Vol. 32(1): 35-41.
- Pianka, E.R. 1994. Biodiversity of Australian desert lizards. Pp. 259-281. En: C.I. Peng and C.H. Chou (eds.) *Biodiversity and Terrestrial Ecosystems*. Institute of Botany, Academia Sinica, Monograph Series No. 14,
- Pineda, E. y G. Halffter. 2004. Species diversity and habitat fragmentation: Frogs in a tropical montane landscape in Mexico. *Biological Conservation*, 117: 499-508.
- Pineda, E., G. Halffter, C.E. Moreno y F. Escobar. 2005. Transformación del bosque de niebla en agroecosistemas cafetaleros; cambios en las diversidades alfa y beta de tres grupos faunísticos. Pp. 177-190. En: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds.). *Sobre*

*diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A), Zaragoza.

Ramírez-Bautista, A. y C. Moreno. 2006. Análisis comparativo de la herpetofauna de cuatro regiones geográficas de México. Pp. 74-98. En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana No.3. BUAP.

Ramírez-Bautista, A., y R. Cruz-Elizalde. 2013. Reptile community structure in two fragments of cloud forest of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *North Western Journal of Zoology*, 9: 410-417.

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. México. Pp. 387.

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. 100p.

Relyea, R.A. 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications*, 15: 618-627.

Rendón, A., T. Álvarez y O. Flores-Villela. 1998. Herpetofauna de Santiago Jalahui, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 75:17-45.

Restrepo, C. y N. Gómez 1998. Responses of understory birds to anthropogenic edges in a Neotropical montane forest. *Ecological Applications*, 8: 170-183.

Rodríguez, P., J. Soberón y H.T. Arita. 2003. El componente beta de la diversidad de mamíferos de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 89: 241-259.

- Romero-Fragoso, J.J. 2009. *Guía de campo de los reptiles venenosos del Área de Protección de Recursos Naturales "Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa"*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Pp 28.
- Rös, M., F Escobar y G. Halffter. 2012. How dung beetles respond to a human modified variegated landscape in Mexican cloud forest: A study of biodiversity integrating ecological and biogeographically perspectives. *Diversity and Distributions*, 18: 377-389.
- Rovito, S.M., G. Parra-Olea, E. Recuero y D.B. Wake. 2015. Diversification and biogeographical history of Neotropical plethodontid salamanders. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 175: 167-188.
- Sánchez, O. y G. López. 1988. A theoretical analysis of some indices of similarity as applied to biogeography. *Folia Entomológica Mexicana*, 75: 119-145.
- Saunders, D.A., R.J. Hobbs y P.R. Ehrlich. 1993. *Nature Conservation 3: Reconstruction of Fragmented Ecosystems, Global and Regional Perspectives*. Surrey Beatty & Sons, Sydney.
- Sazima, I., C. Sazima y M. Sazima. 2005. Little dragons prefer flowers to maidens: A lizard that laps nectar and pollinates trees. *Biota Neotropical*, 5: 1-8.
- 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*, Vol.69 (3): 464-547.
- Savage, J.M. 2005. *The amphibians and reptiles of Costa Rica. A herpetofauna between two continents, between two seas*. University of Chicago Press.



- Scheiner, S.M., A. Chiarucci, G.A. Fox, M.R. Helmus, D.J. McGlenn y M.R. Willig. 2011. The underpinnings of the relationships of species richness with space and time. *Ecological Monographs*, 81: 195-213.
- Schlaepfer, M.A., C. Hoover y C.D. Kenneth. 2005. Challenges in evaluating the impact of the trade in amphibians and reptiles on wild populations. *BioScience*, 55: 256-264.
- Scott, J.M., E.A. Norse, H. Arita, A. Dobson, J.A. Estes, M.S. Foster, B. Gilbert, D.B. Jensen, R.L. Knight, D. Mattson y M.E. Soule. 1999. The issue of scale in selecting biological reserves. Pp. 19-37. En: M. Soule, y J. Terborgh (eds.). *Continental Conservation, scientific foundations of regional reserve networks*. Island Press, Washington D.C.
- Signor, C.A. y J.B. Pinho. 2011. Spatial diversity patterns of birds in a vegetation mosaic of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Zoologia*, 28(6): 725-738.
- Smith, H.M. y E.H. Taylor 1948. An annotated checklist and key to the amphibian of Mexico. *Bulletin of the United States Natural Museum*, 194: 1-118.
- Smith, H.M. y R.B. Smith 1973. *Synopsis of the herpetofauna of Mexico. Vol.2. Analysis of the literature exclusive of the Mexican axolotl*. Eric Lundberg. Augusta West Virginia. Pp. 367.
- Smith, H.M. y E.H. Taylor. 1945. *An annotated checklist and key to the Snakes of Mexico*. Bulletin of the United States Natural Museum 187: 1-239.
- Smith, H.M. y E.H. Taylor 1950. An annotated checklist and key to the reptiles of Mexico exclusive of the snakes. *Bulletin of the United States natural Museum* 199: 1-253.
- Smith, G.R., A. Todd, J.E. Rettig and F. Nelson. 2003. Microhabitat selection by Northern Cricket Frogs (*Acris creoitans*) along a west-central Missouri creek: Field and experimental observations. *Journal of herpetology*, 37: 383-385.

- Solano-Zavaleta, I. 2008. *Estudio herpetofaunístico del Municipio de Tlatlauquitepec, Sierra Norte de Puebla*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 112p.
- Spellerberg, I.F. y J.W.D. Sawyer. 1999. *An introduction to applied biogeography*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Storch, I. 2003. Linking a multiscale habitat concept to species conservation. Pp. 303-320. En: J.A. Bissonette y I. Storch (eds.). *Landscape ecology and resource management: linking theory with practice*. Island press. Washington DC.
- Suazo-Ortuño, I., J Alvarado-Díaz, E. Mendoza, L. López-Toledo, N. Lara-Urbe, C. Márquez-Camargo, J.G. Paz-Gutiérrez y J.D. Rangel-Orozco. 2015. *High resilience of herpetofaunal communities in a human-modified tropical dry forest landscape in western Mexico*. *Tropical Conservation Science*, Vol.8(2): 396-423.
- Taylor, P.D., L. Fahrig, K. Henein y G. Merriam. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3): 571-573.
- Ter-Braak, C.J.F. 1986. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179
- Uetz, P. y J. Hosek (Eds.). The Reptile Database. <http://www.reptile-database.org>. Accesado: 03 de mayo de 2016.
- Urbina-Cardona, J.N. y M.C. Londoño-Murcia. 2003. Distribución de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro áreas con diferente grado de perturbación en la Isla Gorgona, Pacífico Colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 27: 105-113.
- Uribe M.J. y O. Orrego. 2001. Modelos de distribución de abundancias en comunidades de briófitos. *Caldasia*, 23(1): 261-267.

- Valdespino, C.S. 1998. *Anfibios y Reptiles de la Sierra del Carmen, Estado de México*. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 92p.
- Vargas-Santa María, F. y O. Flores-Villela. 2006. Estudio herpetofaunístico en el Playón de Mexiquillo y áreas adyacentes en la costa sur del Estado de Michoacán, México, Pp. 110-136. En: A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez y F. Mendoza-Quijano (eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. México D.F. Publicaciones Especiales de la Sociedad Herpetológica Mexicana No.3. BUAP.
- Vite-Silva, V., A. Ramírez y U. Hernández. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Meztlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 473-485
- Vitt, L.J. y J.P. Caldwell. 2009. *Herpetology an introductory biology of amphibians and reptiles*. Academic Press. Burlington, Massachusetts. 697pp.
- Vitt, L.J. y E.R. Pianka 1994. *Lizard ecology: Historical and experimental perspectives*. Princeton University Press. 403 pp.
- Wagner, H.H., O. Wildi, y K.C. Ewald. 2000. Additive partitioning of plant species in an agricultural mosaic landscape. *Landscape Ecology*, 15: 219-227.
- Wake, D.B. y J.F. Lynch. 1976. The distribution, ecology, and evolutionary history of plethodontid salamanders in tropical America. *Science Bulletin of Museum of Natural History of Los Angeles*, 25: 1-65.
- Wells, K.D. 2010. *The ecology and behavior of amphibians*. University Chicago Press.
- Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30: 279-338.
- Whittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21: 213-251.

- Whittaker, R.H., K.J. Willis y R. Field. 2001. Scale and species richness: Towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, 28: 453-470.
- Woolrich-Piña G.A., L. Oliver-López y A. Lemos-Espinal 2005. *Anfibios y reptiles del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla*. UNAM-CONABIO. México. Pp54.
- Wu, F., X.J. Yang, y J.X. Yang. 2010. Additive diversity partitioning as a guide to regional montane reserve design in Asia: An example from Yunnan Province, China. *Diversity and Distributions*, 16: 1022-1033.
- Xelano-Conde, J.M. 2004. *Estudio herpetofaunístico del Municipio de Zacatlán, Puebla*. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología, BUAP. México. 63 p.

## Apéndice A

Tabla 2.- Lista taxonómica de anfibios y reptiles registrados en la ANP-CHRN, Puebla. Temporada seca (TS) y húmeda (TH). Endémica de México (E); NORMA Oficial Mexicana NOM-59-SEMARNAT-2015: Amenazada (A), Protección especial (Pr), No considerada (No), Exótica (Ex) y Análisis de correspondencia canónica (#ACC).

Clase	Orden	Familia	Género y Especie	TS	TH	E	NOM-059	# ACC			
Amphibia	Caudata	Plethodontidae	<i>Pseudoeurycea</i> sp. 1	X		X	A	11			
			<i>Pseudoeurycea</i> sp. 2	X	X	X	A	12			
			<i>Chirotrotriton</i> sp.	X	X	X	No	13			
			<i>Thorius</i> sp.		X	X	No	14			
			<i>Bolitoglossa platydactyla</i>		X	X	Pr	15			
			Anura	Bufonidae	<i>Incilius nebulifer</i>	X	X		No	16	
					<i>Rhinella marina</i>		X		No	17	
					Hylidae	<i>Ecnomihyla miotypanum</i>	X	X	X	No	18
						<i>Hyla plicata</i>	X	X	X	A	19
				Craugastoridae	<i>Smilisca baudinii</i>		X		No	20	
	<i>Craugastor loki</i>	X			X		No	21			
	<i>C. decoratus</i>	X			X	X	Pr	22			
	<i>C. mexicanus</i>	X				X	No	23			
	<i>C. rodophis</i>				X	X	No	24			
	Eleuterodactylidae	<i>Eleutherodactylus verrucipes</i>			X	X	X	Pr	25		
		Ranidae		<i>Lithobates spectabilis</i>	X	X	X	No	26		
	<i>L. berlandierii</i>			X	X		Pr	27			
	<i>L. catesbeianus</i>			X	X		Ex	28			
	<i>Lithobates</i> sp. 4			X	X		No	29			
	Reptilia	Squamata	Anguidae	<i>Abronia taeniata</i>	X		X	Pr	30		
				<i>Barisia imbricata</i>		X	X	Pr	31		
			Scincidae	<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	X		X	No	32		
				<i>Scincella silvicola</i>	X		X	A	33		
				<i>Scincella</i> sp. 2	X	X		No	34		
<i>Plestiodon lynxe</i>				X	X	X	Pr	35			
<i>Plestiodon</i> sp. 2				X			No	36			
<i>Holcosus undulatus</i>				X	X		No	37			
Phrynosomatidae			<i>Phrynosoma orbiculare</i>	X		X	A	38			
			<i>Sceloporus variabilis</i>	X	X		No	39			
		<i>S. aeneus</i>	X	X	X	No	40				
		<i>S. grammicus</i>	X	X		Pr	41				
Dactyloidae		<i>Norops laevis</i>			X	No	42				
		<i>N. naufragus</i>			X	X	Pr	43			
Corytophanidae		<i>Corytophanes hernandesii</i>	X			Pr	44				
		<i>Basiliscus vittatus</i>	X			No	45				
Boidae		<i>Boa constrictor</i>	X	X		A	46				
		Colubridae	<i>Conopsis lineata</i>	X		X	A	47			
<i>Drymarchon corais</i>				X		No	48				
<i>Spillotes pullatus</i>			X			No	49				
Natricidae			<i>Storeria decayi</i>	X		X	No	50			
		<i>S. hidalgoensis</i>		X		No	51				
		<i>Thamnophis scalaris</i>		X	X	A	52				
		<i>T. scaliger</i>	X		X	A	53				
Dipsadidae	<i>Ninia diademata</i>	X	X		No	54					
	<i>Rhadinaea</i> sp.	X	X		No	55					
	<i>Conopsis</i> sp.		X		No	56					
	Viperidae	<i>Crotalus triseriatus</i>	X	X	X	No	57				
<i>Bothrops asper</i>		X	X		No	58					
<i>Atropoides nummifer</i>		X			A	59					
<i>Ophryacus undulatus</i>		X		X	Pr	60					
Elapidae	<i>Micrurus</i> sp.	X			No	61					

## Apéndice B

Tabla 3.- Afinidad de cada género (Savage 1982) registrado en la ANP-CHRN, Puebla.

Género	Amplia distribución tropical	Norteamericano	Centroamericano	Sudamericano	Endémico de México
<i>Pseudoeurycea</i>			X		
<i>Chiropterotriton</i>			X		X
<i>Thorius</i>			X		X
<i>Bolitoglossa</i>			X		
<i>Incilius</i>	X				
<i>Rhinella</i>	X				
<i>Ecnomihyla</i>			X		
<i>Hyla</i>	X				
<i>Smilisca</i>			X		
<i>Craugastor</i>	X				
<i>Eleutherodactylus</i>			X		
<i>Lithobates</i>		X			
<i>Abronia</i>		X			
<i>Barisia</i>		X			
<i>Gerrhonotus</i>		X			
<i>Scincella</i>		X			
<i>Plestiodon</i>		X			
<i>Holcosus</i>				X	
<i>Phrynosoma</i>		X			
<i>Sceloporus</i>		X			
<i>Norops</i>			X		
<i>Corytophanes</i>			X		
<i>Basiliscus</i>			X		
<i>Boa</i>			X		
<i>Conopsis</i>			X		X
<i>Drymarchon</i>	X				
<i>Spillotes</i>	X				
<i>Storeria</i>		X			
<i>Thamnophis</i>		X			
<i>Ninia</i>			X		
<i>Rhadinaea</i>			X		
<i>Conophis</i>			X		
<i>Crotalus</i>		X			
<i>Bothrops</i>	X				
<i>Atropoides</i>			X		
<i>Ophryacus</i>			X		X
<i>Micrurus</i>	X				

## Apéndice C

Tabla 4.- Microhábitat que explota cada especie dentro del ANP-CHRN, Puebla.

Especie	Microhábitat					
	Terrestre	Arborícola	Ripario	Saxícola	Fosorial	Antropogénico
<i>Pseudoeurycea</i> sp. 1	X				X	
<i>Pseudoeurycea</i> sp. 2					X	
<i>Chiropterotriton</i> sp.					X	
<i>Thorius</i> sp.						X
<i>B. platydactyla</i>				X	X	X
<i>Incilius nebulifer</i>	X				X	X
<i>Rhinella marina</i>	X					
<i>E. miotympanum</i>		X	X			
<i>Hyla plicata</i>	X		X		X	
<i>Smilisca baudinii</i>		X				
<i>Craugastor loki</i>	X		X			
<i>C. decoratus</i>		X	X	X		
<i>C. mexicanus</i>			X			
<i>C. rodophis</i>	X					
<i>E. verrucipes</i>	X			X	X	
<i>Lithobates spectabilis</i>	X		X			
<i>L. berlandierii</i>			X			
<i>L. catesbeianus</i>			X			
<i>Lithobates</i> sp. 4			X			
<i>Abronia taeniata</i>	X				X	
<i>Barisia imbricata</i>					X	
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	X					
<i>Scincella silvicola</i>	X				X	
<i>Scincella</i> sp. 2					X	
<i>Plestiodon lynxe</i>					X	X
<i>Plestiodon</i> sp 2	X					
<i>Holcosus undulatus</i>	X				X	X
<i>P. orbiculare</i>	X				X	
<i>Sceloporus variabilis</i>	X	X		X	X	X
<i>S. aeneus</i>	X			X	X	
<i>S. grammicus</i>	X					X
<i>Norops laeviventris</i>						X
<i>N. naufragus</i>			X			
<i>Basiliscus vittatus</i>		X				
<i>C. hernandesii</i>		X				
<i>Boa constrictor</i>		X				
<i>Conopsis lineata</i>					X	
<i>Drymarchon corais</i>	X					
<i>Spillotes pullatus</i>		X				
<i>Storeria decayi</i>				X		
<i>S. hidalgoensis</i>					X	
<i>Thamnophis scalaris</i>			X			
<i>T. scaliger</i>						X
<i>Ninia diademata</i>			X		X	
<i>Rhadinaea</i> sp.					X	
<i>Conopsis</i> sp.	X					
<i>Crotalus triseriatus</i>	X					
<i>Bothrops asper</i>	X		X			
<i>Atropoides nummifer</i>	X					
<i>Ophryacus undulatus</i>	X					
<i>Micrurus</i> sp.					X	

## Apéndice D

Tabla 5.- Especies registradas por hábitat y por ventana en el ANP-CHRN, Puebla.

Especie	Teopancingo				Nuevo Necaxa		Xaltepuxtla		El "Infiernillo"	
	BP	BP-E	Pa	SA	P-BMM	VS	BMM	SAF	ASM	SCM
<i>Pseudoeurycea</i> sp. 1									X	
<i>Pseudoeurycea</i> sp. 2					X					
<i>Chiropterotriton</i> sp.		X								
<i>Thorius</i> sp.						X				
<i>B. platydactyla</i>					X	X				
<i>Incilius nebulifer</i>					X	X		X	X	
<i>Rhinella marina</i>					X			X	X	
<i>E. miotympanum</i>					X	X	X	X		
<i>Hyla plicata</i>	X		X	X						
<i>Smilisca baudinii</i>									X	X
<i>Craugastor loki</i>	X	X								
<i>C. decoratus</i>									X	
<i>C. mexicanus</i>	X									
<i>C. rodophis</i>	X	X								
<i>E. verrucipes</i>									X	X
<i>Lithobates spectabilis</i>			X							
<i>L. berlandierii</i>					X	X	X	X		
<i>L. catesbeianus</i>						X				
<i>Lithobates</i> sp. 4										X
<i>Abronia taeniata</i>			X							
<i>Barisia imbricata</i>	X		X							
<i>Gerrhonotus ophiurus</i>	X									
<i>Scincella silvicola</i>								X	X	
<i>Scincella</i> sp. 2									X	
<i>Plestiodon lynxe</i>	X		X	X						
<i>Plestiodon</i> sp 2							X			
<i>Holcosus undulatus</i>								X	X	X
<i>P. orbiculare</i>				X						
<i>Sceloporus variabilis</i>					X	X	X	X	X	X
<i>S. aeneus</i>	X		X	X						
<i>S. grammicus</i>	X	X		X						
<i>Norops laevis</i>						X				
<i>N. naufragus</i>							X			
<i>Basiliscus vittatus</i>					X					
<i>C. hernandesii</i>						X				
<i>Boa constrictor</i>					X		X		X	
<i>Conopsis lineata</i>			X							
<i>Drymarchon corais</i>									X	X
<i>Spillotes pullatus</i>									X	
<i>Storeria decayi</i>								X		
<i>S. hidalgoensis</i>						X				
<i>Thamnophis scalaris</i>			X							
<i>T. scaliger</i>				X						
<i>Ninia diademata</i>					X	X	X			
<i>Rhadinaea</i> sp.									X	
<i>Conopsis</i> sp.									X	
<i>Crotalus triseriatus</i>	X		X	X						
<i>Bothrops asper</i>					X		X		X	
<i>Atropoides nummifer</i>									X	
<i>Ophryacus undulatus</i>	X									
<i>Micrurus</i> sp.	X									



## Apéndice E

### Claves taxonómicas para determinación de las especies de anfibios y reptiles del ANP-CHRN, Puebla.

#### Anfibios

- Cuerpo alargado, con cola y miembros cortos..... **Caudados (Salamandras)**
- Cuerpo corto, sin cola y miembros posteriores más largos que los anteriores..... **Anuros (Ranas y sapos)**

#### Caudados

- 1.- Orificios nasales grandes, surco nasolabial notorio, nostrilos prominentes; la membrana interdigital abarca las membranas proximales; cuerpo esbelto..... ***Chiropterotriton sp.***
- Orificios nasales pequeños, surco nasolabial poco marcado, sin nostrilos prominentes, la membrana interdigital no cubre las falanges proximales, el cuerpo puede ser esbelto o robusto.....2
- 2.- Cuerpo esbelto, con un surco que surge desde la parte anterior del ojo y baja en diagonal hasta la parte posterior del labio..... ***Thorius sp.***
- Cuerpo más robusto, sin surco entre el ojo y el labio.....3
- 3.- Con pliegue sublingual, miembros anteriores y posteriores completamente palmeados, cuerpo color naranja-marrón y una mancha en forma de "Y" en la nuca..... ***Bolitoglossa platydactyla***
- Sin pliegue sublingual, miembros no palmeados o solo parcialmente, cuerpo color negro.....4
- 4.- Cola corta, con manchas blancas en la parte dorsal..... ***Pseudoeurycea sp.1***
- Cola larga, sin manchas blancas..... ***Pseudoeurycea sp.2***

#### Anuros

- 1.- Cuerpo robusto, rugoso, piel granular, miembros cortos.....2
- Cuerpo corto, delgado, piel lisa, miembros traseros largos.....3
- 2.- Crestas craneales sobresalientes y glándulas parotoides notorias..... ***Rhinella marina***
- Crestas craneales no sobresalientes, con surco interorbital profundo, glándulas parotoides pequeñas..... ***Incilius nebulifer***
- 3.- Individuos con discos adhesivos en las puntas de manos y patas.....4
- Sin la característica anterior.....6
- 4.- Individuos con hocico agudamente redondeado, discos digitales pequeños, quinto dedo del pie membranado en la base de la penúltima falange..... ***Hyla plicata***

Sin estas características.....	5
5.- Saco vocal simple, hocico agudamente redondeado, membrana axilar ausente, iris color dorado.....	<b><i>Ecnomiohyla miotympanum</i></b>
Saco vocal pareado, miembros barrados, manchas irregulares en el dorso.....	<b><i>Smilisca baudinii</i></b>
6.- Ranas con los dedos terminando en punta, patas traseras totalmente palmeadas, hábitos acuáticos.....	7
Ranas con los dedos terminando en punta, las patas traseras parcialmente palmeadas, hábitos terrestres.....	10
7.- Cuerpo sin pliegues dorsales, cuerpo robusto, el tímpano del mismo tamaño que el ojo.....	<b><i>Lithobates catesbeianus</i></b>
Con pliegues dorsales sobresalientes.....	8
8.- Sin manchas en la parte dorsal, solo en miembros.....	<b><i>Lithobates sp.4</i></b>
Numerosas manchas en la parte dorsal del cuerpo.....	9
9.- Cabeza pequeña y puntiaguda, 15 manchas o menos en la parte dorsal, forma redondeada, reticulación en muslos color oscuro hasta la mitad.....	<b><i>L. berlandieri</i></b>
Cabeza corta y redondeada; 18 manchas o más en la parte dorsal en forma elíptica, reticulación en muslos clara .....	<b><i>L. spectabilis</i></b>
10.- Anuros pequeños, con solo tres tubérculos bien desarrollados en la palma de la mano; primer dedo más corto que el segundo.....	<b><i>Eleuterodactylus verrucipes</i></b>
Cojinetes bien desarrollados, tamaño variable .....	11
11.- Dedos muy alargados con punta en forma de disco, color verde y con presencia de manchas irregulares, hábitos arborícolas.....	<b><i>Craugastor decoratus</i></b>
Sin la característica anterior, hábitos terrestres.....	12
12.- Individuos pequeños, vientre liso, tubérculo metatarsal externo.....	<b><i>C. mexicanus</i></b>
Individuos más grandes.....	13
13.- Cabeza tan ancha como el cuerpo; hocico en forma redondeada, membranas interdigitales vestigiales.....	<b><i>C. rodophis</i></b>
Membranas interdigitales presentes.....	<b><i>C. loki</i></b>

## **Reptiles**

Con parpados y 2 pares de extremidades..... **Lacertilios** (Lagartijas)

Sin parpados y sin extremidades.....**Serpientes** (Boas, Culebras, Coralillos y Víboras)

### **Lacertilios**

- 1.- Con escamas rectangulares en el dorso y vientre, un pliegue granular que abraza desde el cuello hasta la ingle..... 2  
Sin pliegue granular .....4
- 2.- Pliegue granular poco desarrollado, en el cuello con gránulos grandes, cabeza ensanchada y deprimida, hábitos arborícolas.....***Abronia taeniata***  
Pliegue granular bien desarrollado, hábitos terrestres.....3
- 3.- Una escama pequeña bordeando la rostral posteriormente.....***Gerrhonotus ophiurus***  
Un par de escamas bordeando la rostral posteriormente.....***Barisia imbricata***
- 4.- Escamas ventrales en ocho hileras longitudinales, escamas grandes en la región gular; dorsales granulares, organismos grandes .....***Holcosus undulatus***  
Sin este patrón.....5
- 5.- Lagartijas con escamas grandes en la cabeza, ojo pineal notorio, numerosos poros femorales.....6  
Ojo pineal ausente o poco visible, sin poros femorales..... 9
- 6.- Escamas modificadas en espinas; cuerpo redondeado.....***Phrynosoma orbiculare***  
Sin escamas en forma de espina, cuerpo alargado..... 7
- 7.- Presencia de bolsas postfemorales .....***Sceloporus variabilis***  
Sin estas características.....8
- 8.- Con escamas quilladas, granulares en la ingle, dos escamas cantales..... ***S. grammicus***  
Escamas débilmente quilladas, una sola escama cantal.....***S. aeneus***
- 9.- Con una cresta en la parte posterior de la cabeza..... 10  
Sin cresta.....11
- 10.- Cresta y pliegue gular aserrado.....***Coritophanes hernandesii***  
Cresta y pliegue gular sin aserrar.....***Basiliscus vittatus***
- 11.- Escamas dorsales variables, machos con abanico gular, hábitos arborícolas..... 12  
Escamas uniformes planas y cicloides..... 13

- 12.- Escamas dorsales y ventrales pequeñas, escamas laterales granulares uniformes, en machos las postanales alargadas..... **Norops laeiventris**
- Escamas dorsales y ventrales del mismo tamaño..... **N. naufragus**
- 13.- Línea clara medio dorsal que llega hasta la escama frontal, cola color azul intenso..... **Plestiodon lynxe**
- Sin este patrón..... 14
- 14.- Frontoparietal dividido, los miembros cuando se pegan al cuerpo se superponen..... **Sincella silvicola**
- Los miembros cuando se pegan al cuerpo no se superponen..... **Sincella sp. 2**

### **Serpientes**

- 1.-Escamas lisas, pequeñas en la cabeza y cuerpo, dentición aglifa, espuelas queratinizadas en la base de la cola; organismos de gran tamaño..... **Boa constrictor**
- Sin estas características.....2
- 2.- Sin fosetas termorreceptoras.....3
- Con fosetas termorreceptoras.....13
- 3.- Cuerpo con un patrón de anillos que atraviesan el cuerpo..... **Micrurus sp.**
- Sin este patrón.....4
- 4.- Escama anal única.....5
- Escama anal dividida.....9
- 5.- Organismos pequeños menos de 30 cm, cuerpo de color negro con un collar anaranjado.....**Ninia diademata**
- Organismos más grandes, sin collar.....6
- 6.- Escamas lisas en la parte dorsal del cuerpo, tamaño grande, color negro.....**Drymarchon corais**
- Escamas quilladas en la parte dorsal del cuerpo, tamaño y color variable..... 7
- 7.- Una escama temporal anterior, cuerpo de color negro marcado con puntos de color amarillo o crema, talla grande..... **Spillotes pullatus**
- Si estas características.....8
- 8.- Menos de 60 subcaudales, supralabiales posteriores del mismo color que las temporales.....**Thamnophis. scaliger**
- Más de 60 subcaudales; supralabiales posteriores del mismo color que las supralabiales anteriores..... **T. scalaris**
- 9.- Con 2 líneas oscuras a lo largo del dorso.....**Conopsis lineata**

Sin este patrón.....	10
10.- Con una franja gris que cubre tres hileras de escamas en la parte dorsal, collar.....	<b>Rhadinaea sp.</b>
Sin franja gris en la parte dorsal y sin collar.....	11
11.- 23 hileras de escamas, con cuatro franjas amarillas sobre la parte dorsal del cuerpo; dientes acanalados.....	<b>Conophis sp.</b>
17 hileras de escamas o menos, sin el patrón de franjas.....	12
12.- Una escama preocular.....	<b>Storeria decayi</b>
Dos escamas preoculares.....	<b>S. hidalgoensis</b>
13.- Con cascabel corneo en la punta de la cola, manchas más o menos redondeadas a lo largo de la parte dorsal del cuerpo, organismos de tamaño mediano.....	<b>Crotalus triseriatus</b>
Sin cascabel.....	14
14.- Escamas supraoculares modificadas formando un par de cuernos.....	<b>Ophryacus undulatus</b>
Sin esta característica.....	15
16.- Con escama lacunolabial, subcaudales divididas, patrón de triángulos sobre el dorso.....	<b>Bothrops asper</b>
Sin escama lacunolabial, subcaudales no divididas, cuerpo mucho más robusto y redondeado.....	<b>Atropoides nummifer</b>