

# Análisis espacial y conservación de los anfibios y reptiles del Estado de México

Xóchitl Aguilar Miguel\*, Gustavo Casas Andreu\*\*, Pablo Jaime Cárdenas Ramos\*\*\* y Eliseo Cantellano de Rosas\*\*\*

Recepción: 10 de abril de 2008  
Aceptación: 8 de enero de 2009

\* Centro de Investigaciones y Recursos Bióticos Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Correo electrónico: sxaguilar@gmail.com

\*\* Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Correo electrónico: gcasas@ibiologia.unam.mx

\*\*\* Facultad de Estudios Superiores "Zaragoza", Carrera de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Correo electrónico: cantellano@correo.unam.mx

Agradecemos a la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México y al Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México por los apoyos recibidos.

**Resumen.** Se calculó la riqueza y diversidad alfa y beta de los anfibios y reptiles del Estado de México, para identificar las regiones de mayor importancia para su estudio y conservación. Se analizaron 10 992 registros. Se calculó la riqueza de especies y los índices de Simpson y Whittaker, mediante DIVA 5.0. Se digitalizaron las áreas con mayor valor de diversidad alfa, diversidad beta y riqueza de especies, traslapándolas para identificar las de mayor valor para conservación. Se obtuvieron valores altos de diversidad alfa en muchas partes del estado, mientras que la diversidad beta muestra una situación intermedia. Las tres zonas de mayor valor para la conservación se ubican en el centro-sur, suroeste y oriente, por su mayor número de criterios de conservación.  
**Palabras clave:** anfibios, reptiles, herpetofauna, Estado de México, distribución espacial, riqueza, conservación.

**Spatial Analysis and Conservation of the Amphibians and Reptiles of the State of Mexico.**

**Abstract.** We calculate the richness and alpha and beta diversity of the amphibians and reptiles of the State of México to help in the identification of the regions of greatest importance for its conservation. We performed an analysis of 10 992 records pertaining to the State. Also we calculated species richness and rates of Simpson and Whittaker by mean of the package DIVA 5.0. Areas with the highest value of diversity alpha, beta diversity and species richness, were overlapped to identify the larger value for conservation. There are higher values of alpha diversity in many parts of the state, while the beta diversity shows an intermediate situation. The three areas of highest conservation value were located in the south-center, southeast and west of State, that show the larger criteria numbers.

**Key words:** amphibians, reptiles, herpetofauna, State of Mexico, spatial distribution, richness, conservation.

## Introducción

El conocimiento de los anfibios y reptiles del Estado de México, aunque escaso hasta mediados del siglo xx y medianamente hasta la última década del mismo siglo, tiene su origen en las primeras colecciones científicas de México que fueron albergadas por museos de historia natural.

Jean Louis Berlandier (1980), naturalista nacido en Francia, desarrolló trabajo para la Comisión de Límites entre México y los Estados Unidos de 1826 a 1829 y después en

forma independiente hasta 1836, en los estados de Tamaulipas y Texas. Viajó a la Ciudad de México y de ahí a diferentes lugares del Valle de México, como el Lago de Texcoco, posteriormente a Lerma y de ahí a Toluca y Tenancingo, es seguro que recolectó anfibios y reptiles en esos lugares del Estado de México.

En el primer cuarto del siglo XIX, llegaron a México tres colectores alemanes: Ferdinand Deppe, Christian Julius Wilhelm Schiede y Graf von Sack, quienes fueron los proveedores del material con el que el también alemán A. F. A. Wiegmann pu-

blicó varios artículos sobre herpetozoarios de México, además de su obra "Herpetología Mexicana" en Berlín, Alemania en 1834, sobre la base de 174 ejemplares de anfibios y reptiles. Desafortunadamente, gran parte del material obtenido en estas expediciones se ha perdido, siendo seguro que una buena parte de ese material se recolectó en el Estado de México.

Alfredo Dugès el gran herpetólogo franco mexicano menciona hacia 1869 una decena de especies de anfibios y reptiles de "México" y que asumimos como del Estado de México. En años posteriores a los mencionados, se realizaron algunas colectas, sin embargo, solamente existe registro de ejemplares colectados por S.V. Hoege entre 1884-1885 (un antiguo colector de Frederick du Cane Godman, de la gran obra británica "Biología Central-Americana"), que obtuvo ejemplares del Valle de México y Toluca, para el Museo Nacional de los Estados Unidos; y también para ese mismo museo existen colectas de Julius Hurter en 1901, no obstante, estas colectas son de Chalco, Toluca y Valle de México.

Las primeras listas de anfibios y reptiles para el Estado de México fueron publicadas a mediados del siglo pasado por Smith y Taylor (1945, 1948 y 1950), esas listas, aunque formales, fueron todavía muy incompletas.

En épocas recientes, diferentes autores han analizado la diversidad de anfibios y reptiles del Estado de México (Camarillo y Smith, 1992; Manjarrez, 1999; Casas *et al.*, 1997; Casas-Andreu y Aguilar-Miguel, 2007). En los últimos diez años diferentes autores han citado más de 20 especies no reportadas previamente para el estado (Casas *et al.*, 1997; Casas-Andreu y Aguilar-Miguel, 2007) y se han referido a la gran riqueza de especies, la problemática y perspectivas para su conservación y hacen algunas sugerencias generales para la preservación de esta fauna. Casas-Andreu y Aguilar-Miguel (2005) realizaron un estudio sobre la herpetofauna de la Sierra de Nanchititla donde señalaron la importancia de la biodiversidad de esa fauna en esta región del estado. Como antecedente a este estudio Ochoa y Flores (2006) presentan un panorama general de los centros de endemismo de la herpetofauna mexicana analizando áreas en cuadros de 1×1 y de 0.5×0.5 de latitud y longitud para toda la república, encontrando un total de 25 a 27 áreas de endemismo para el análisis de 1 y de 63 para el de 0.5, obteniendo una mejor resolución en esta última escala. Desafortunadamente cuando se tratan de establecer áreas más precisas a nivel estatal, las escalas antes mencionadas no permiten el detalle en la decisión de qué áreas recomendar para su conservación.

El Estado de México se caracteriza por una heterogeneidad física y biológica y presenta diversas regiones fisiográficas, biogeográficas e hidrológicas, lo que determina una eleva-

da riqueza biótica. Por ello, se ha establecido un acuerdo interinstitucional para realizar un estudio de biodiversidad para fundamentar la Estrategia Estatal para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Biodiversidad del Estado. El compromiso de este grupo de trabajo fue conocer el estado actual de la biodiversidad en el Estado de México, su problemática y establecer políticas y estrategias que fomenten la protección y al aprovechamiento sustentable (López, 2003). Para apoyar dicho estudio se requería de la representación cartográfica de la biodiversidad para poder establecer relaciones con otros factores como la densidad, población o infraestructura urbana. Lo anterior, debido a que las comunidades no se distribuyen de manera homogénea y su estructura espacial cambia a lo largo del tiempo (Mackey, 2001; Shimatani y Kubota, 2004).

Para aplicar los aspectos espaciales, es necesario precisar los conceptos fundamentales relacionados con la biodiversidad. Rose y Granger (2003) señalan que la diversidad biológica es la variedad y variabilidad entre los organismos vivos, y la complejidad ecológica en la que se lleva a cabo dificulta su medición. De acuerdo con Maignan *et al.*, (2003) no existe una definición de diversidad que sea completamente simple, comprensiva y totalmente operacional. Según Tews *et al.*, (2004) la diversidad de especies es una medida del número de especies y su abundancia en un punto definido en espacio y tiempo. La diversidad total reunida en un área grande a la cual Whittaker (1972) llama diversidad gamma, puede ser dividida en dos componentes: diversidad alfa o local y diversidad beta (Schluter *et al.* 1993; Plotkin y Muller-Landau, 2002). La diversidad alfa o local es la medida del número de especies que viven en un hábitat homogéneo (Morton, 1993), siendo esta diversidad una función variable de la estructura de vegetación del hábitat, así como de otras influencias ambientales (Cody, 1993) y es sensible a la producción de especies en un nivel regional (Ricklefs y Schuluter, 1993). Los índices de diversidad alfa son medidas del número y riqueza de especies, así como del grado de homogeneidad en la abundancia relativa de éstas y son usados para realizar comparaciones entre localidades en diferentes temporadas para la misma localidad (Baczkowski *et al.*, 1997). La diversidad beta es la medida entre diferentes comunidades o hábitats (Mark, 2001) y consiste en la diversidad asociada a los cambios en la composición de especies a lo largo de un gradiente medioambiental. Corresponde a la distribución de las especies en una región heterogénea (Maignan *et al.*, 2003) y a una medida de la proporción en que nuevas especies aparecen en comunidades locales como un movimiento de un hábitat a otro en la misma región (Morton, 1993).

La riqueza de especies representa simplemente las diferentes especies encontradas en una comunidad y se incrementa en relación directa con el número de individuos, el área y la variación de hábitats, es la forma más simple para describir comunidades y diversidad regional (Schluter y Ricklefs, 1993; Gotelli y Colwell, 2001; Maignan *et al.*, 2003).

El estudio de diversidad basado en las diferencias entre taxa puede proporcionar elementos para planear su conservación y modelar cambios antropogénicos actuales o potenciales a través de la deforestación o el cambio climático global (Rose y Grainger, 2003). Desde la perspectiva de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es posible recopilar la información disponible e integrarla para apoyar el proceso de planeación, conservación y uso de la biodiversidad del Estado de México. Por tal motivo, en el presente trabajo se evalúa la distribución espacial de los anfibios y reptiles del Estado de México mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG) para determinar las regiones de mayor riqueza y diversidad para el estudio y conservación de la biodiversidad.

### 1. Método

El Estado de México se localiza en la porción central de la República Mexicana, en la altiplanicie Meridional, formada por varias sierras, otorgándole un aspecto muy accidentado y variado. El clima predominante es el templado subhúmedo y es atravesado de oriente a poniente por el Eje Volcánico (INEGI, 2004).

En el listado de especies (Apéndice 1) de Casas y Aguilar (2007), se han incluido las recomendaciones de cambio en nombres científicos, los que se establecen como válidos en la actualidad, de acuerdo con Frost *et al.*, (2006); Frost (2007) y Uetz (2007).

Los datos empleados para este trabajo corresponden al Sistema de Información Biogeográfica de los Recursos Bióticos del Estado de México (BIOSI), orientado a conocer, evaluar, monitorear y analizar la distribución de los Recursos Bióticos del Estado de México, para anfibios y reptiles en particular cuenta con la información de los registros de 24 colecciones científicas (cuadro 1), así como de la literatura analizada en párrafos anteriores. Para aquellos lectores interesados, se tiene un servicio de consulta que permite

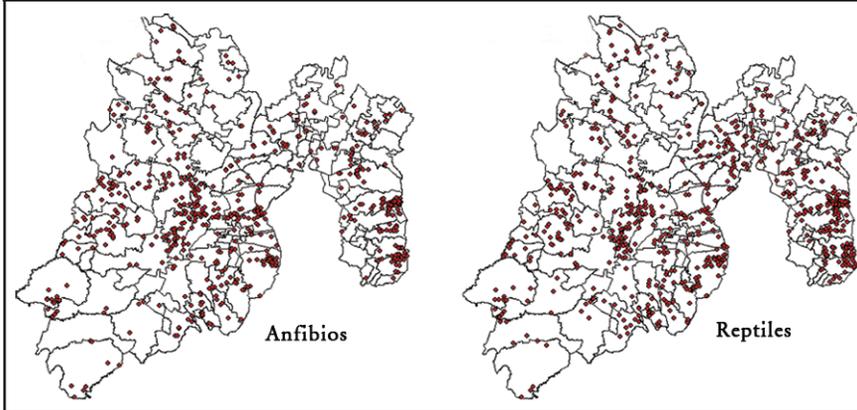
conocer la distribución puntual de las especies registradas y de la diversidad por municipio.

Los datos mencionados anteriormente se incorporaron en un SIG (ArcView 3.2) adecuándolos a un formato digital, el cual se validó espacialmente con una zona de amortiguamiento de 2 km. Pretendiendo precisar el sentido biológico de la diversidad en espacio tiempo, se calculó el índice de Simpson, Whittaker y el estimador de Chao, utilizando el programa DIVA 5.0, obteniéndose en celdas los valores de diversidad alfa, diversidad beta, riqueza y riqueza estimada de especies para los dos grupos taxonómicos. El cálculo se realizó en celdas de 370 ha. Se definió una zona de influencia a partir de mapas de interpolación espacial para cada grupo con los resultados de diversidad alfa, diversidad beta, riqueza y riqueza estimada de especies, utilizando el método de Kriging. En ArcView 3.2 se digitalizaron las áreas con mayor valor de diversidad alfa, diversidad beta, riqueza y riqueza estimada de especies las que se ubicaron en los mapas de interpolación espacial de cada grupo. Para diversidad alfa y riqueza de especies, se trasladaron las áreas de los grupos taxonómicos, digitalizando las intersecciones para formar las capas respectivas. Para diversidad beta se consideraron las capas individuales de cada grupo. Una vez identificadas las regiones de mayor valor, se compararon con las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) propuestas por CONABIO y las Áreas Naturales Protegidas (ANP) registradas en el ordenamiento ecológico del Estado de México.

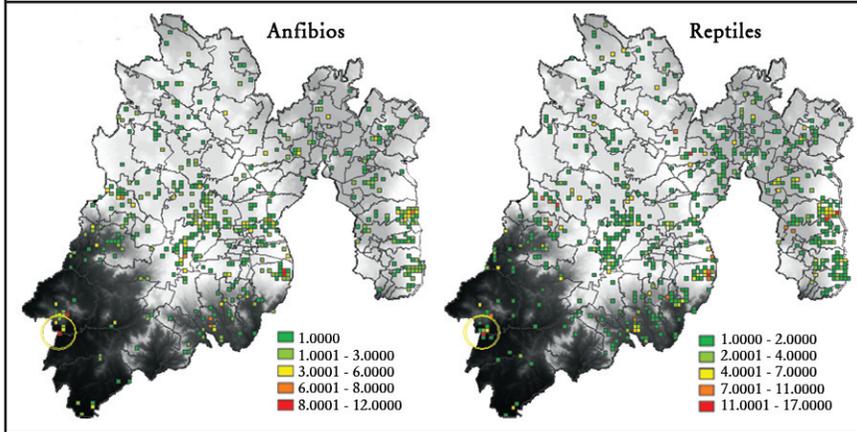
**Cuadro 1. Lista de colecciones científicas consultadas e incorporadas a BIOSI.**

Nombre/Colección	Siglas
Carnegie Museum of Natural History, Section of Amphibians and Reptiles	CMNH
Colección de Herpetozoarios de ENCB	CB
Colección Herpetológica	ENEPI
Colección Herpetológica del Museo de Zoología	ECO-CH-H
Colección Nacional de Anfibios y Reptiles	IBH
Collection Section of Amphibians and Reptiles	CAS
Collection of Herpetology	MVZ
Department of Biological Science	UTEP
Department of Herpetology	MCZ
Department of Herpetology	SDSNH
Division Amphibians and Reptiles	USNM
Division of Herpetology	KU
Division of Reptiles and Amphibians	UMMZ
Field Museum Division of Amphibians and Reptiles	FMNH
Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN.	ENCB
Herpetology	AMNH
Museo de Zoología, Facultad de Ciencias. Colección Herpetológica	MZFC
Museum of Natural Science Collection of Amphibians and Reptiles	LSUMZ
Natural History Museum of Los Angeles Country. Herpetology	LACM
Texas Cooperative Wildlife Collection	TCWC
Texas Natural History Collection	TNHC
The University of Texas at Arlington, Department Biology	UTA
University of Colorado Museum Holdings of Amphibians and Reptiles	UCM
University of Illinois at Urbana-Champaign Museum of Natural History	UIMNH

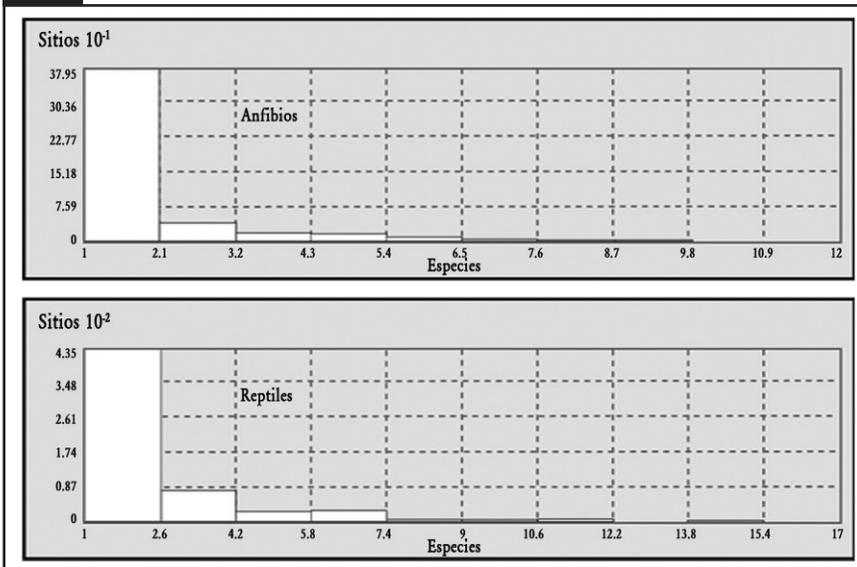
**Figura 1.** Distribución puntual de cada grupo taxonómico según su número de registros. Anfibios: 6 670 y reptiles: 4 322.



**Figura 2.** Riqueza de especies. Anfibios 44 especies, riqueza por celda: 12; Reptiles 81 especies, riqueza por celda: 17.



**Figura 3.** Frecuencia de sitios con respecto al número acumulado de especies.



**Cuadro 2.** Número y tamaño de las celdas por grupo.

Grupo	No. de celdas	Tamaño de celda (ha)
Anfibios	460	367.1
Reptiles	580	368.6

## 2. Resultados y discusión riqueza y diversidad

A partir de los datos contenidos en el BIOSI, se destaca para el Estado de México un total de 10 992 registros de 125 especies depositadas en 24 colecciones y con coordenadas geográficas, de anfibios y reptiles. Los grupos presentan un alto porcentaje de especies dentro de la norma oficial mexicana 059 (anfibios 47.7% y reptiles 29.6%). La distribución puntual de las diferentes especies de cada grupo, presenta un patrón de distribución agregada (figura 1). Los valores correspondientes a riqueza, riqueza estimada, diversidad alfa y diversidad beta se presentan en celdas, en donde cada grupo taxonómico mostró diferente número y tamaño (cuadro 2).

En la figura 2 se muestran en colores, divididas en una escala de cinco clases, donde el máximo valor se muestra en rojo y el mínimo en verde, con los valores intermedios en amarillo, el máximo valor de riqueza por celda de cada grupo, el cual se localiza dentro de un círculo amarillo. Los reptiles presentan mayor número de especies (17) mientras que los anfibios son 12, las celdas con mayores valores se localizan entre los municipios de Tejupilco y Amatepec, al oeste del Estado de México (figura 2).

La distribución en el espacio de la riqueza de especies (figura 3) muestra el predominio de muchos sitios con pocas especies y muy pocos lugares con elevada riqueza. Al comparar los valores de riqueza y riqueza estimada de especies, en anfibios el número de celdas actuales son 12 y las estimadas 30 y en reptiles las actuales 17 y las estimadas 47, la riqueza estimada casi se duplica, lo que se muestra en la misma

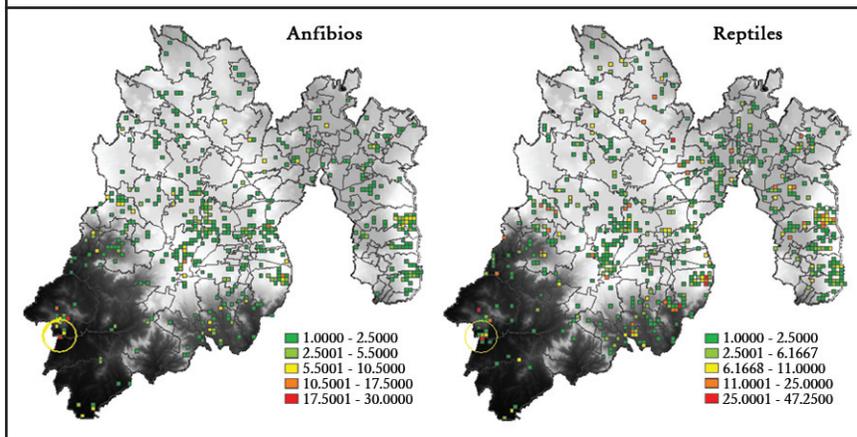
celda (figura 4). Dado que las variaciones en los valores de la riqueza estimada son muy marcadas, no se emplearon como criterios de conservación. Tal vez, empleando otro estimador,

estos valores cambien y el incremento en el número de especies sea más confiable. La diversidad alfa (figura 5) presenta una distribución heterogénea en los valores elevados para anfibios y reptiles, mientras que la diversidad beta (figura 6) presenta pocas celdas con valores altos para ambos grupos (en Tejupilco y Amatepec).

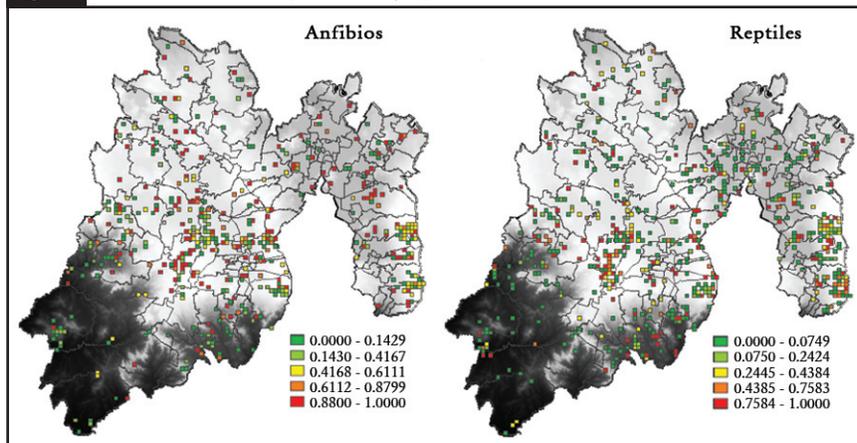
### 3. Zonas de mayor valor de conservación

En las áreas de influencia para los tres criterios de conservación (figuras 7 y 8) destacan los reptiles porque presentan mayor número de áreas de influencia para esos tres criterios y están distribuidas más ampliamente por el Estado de México, mientras que los anfibios presentan menor número de áreas (cuadro 3). Cuando se consideraron las áreas de influencia para los criterios de ambos grupos se obtuvieron zonas con los mayores valores de riqueza, diversidad alfa y diversidad beta (cuadro 4). En el caso de la riqueza se identifican cuatro zonas de mayor valor (figura 9), que al relacionarlas con las cuencas hidrológicas, se observa que la Cuenca del Río Balsas concentra a las cuatro zonas. Desde el punto de vista de las regiones biogeográficas, dos zonas quedan dentro de la Depresión del Balsas y dos en el Eje Volcánico. De acuerdo con la posición de las regiones fisiográficas, una zona se localiza en la provincia Depresión del Balsas, otra en la provincia Sierras y Valles Guerrerenses y dos en la provincia Lagos y Volcanes de Anáhuac. Para la diversidad beta se identifican tres zonas (figura 10), ubicadas en la región fisiográfica Depresión del Balsas, Mil Cumbres y Sierras y Valles Guerrerenses. Desde el punto de vista hidrológico, el Río Balsas concentra las tres zonas. Una zona se ubica en la región biogeográfica Depresión del Balsas y dos en el Eje Volcánico. Por otro lado, el criterio de diversidad alfa produce seis zonas (figura 11), todas se ubican dentro de la región biogeográfica Eje Volcánico, región fisiográfica Lagos y Volcanes de Anáhuac (una pequeña porción en Mil Cumbres) y en las cuencas del Río Balsas, Río Lerma y Lago Texcoco. Al integrar los traslapes de los tres criterios, se tienen tres zonas de alto valor, las cuales contienen al menos dos de los atributos de conservación. Estas zonas se localizan (figura 12) en el oriente, centro-sur y sur-oeste del estado (Z1, Z2 y Z3, respectivamente).

**Figura 4.** Riqueza de especies estimada. Anfibios 44 especies, riqueza por celda: 30; reptiles 81 especies, riqueza por celda: 47.25.



**Figura 5.** Valores de diversidad alfa para anfibios y reptiles.



**Figura 6.** Valores de diversidad beta. Anfibios 11 y reptiles 15.

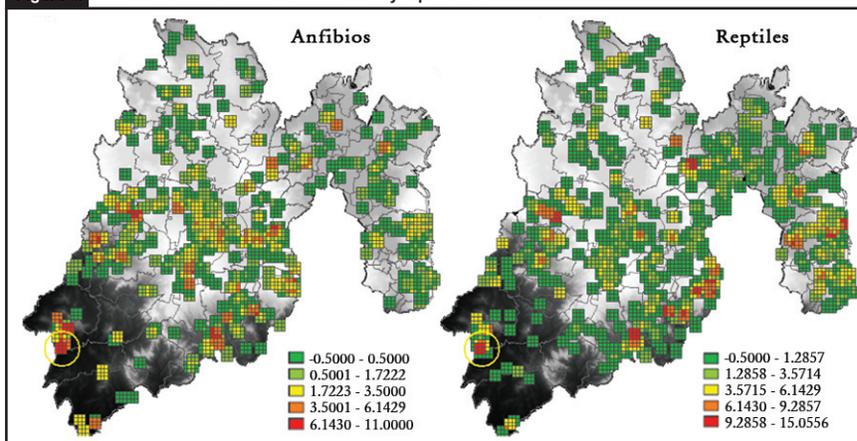


Figura 7. Áreas de influencia de riqueza, diversidad alfa y beta para anfibios.

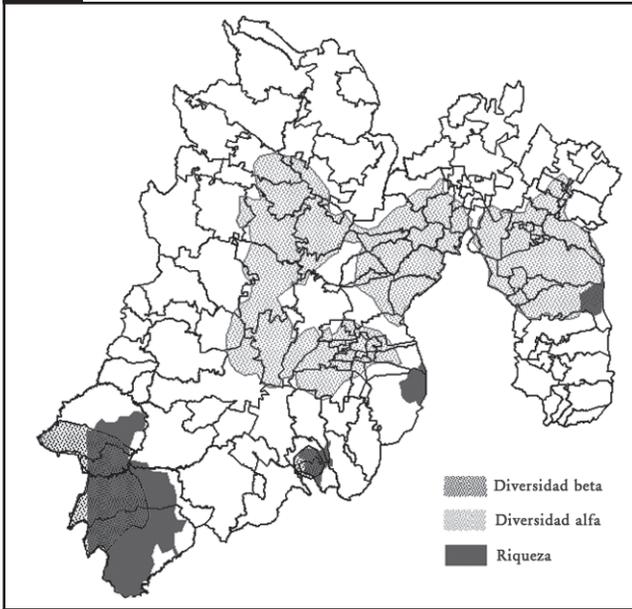


Figura 8. Áreas de influencia de riqueza, diversidad alfa y beta para reptiles.

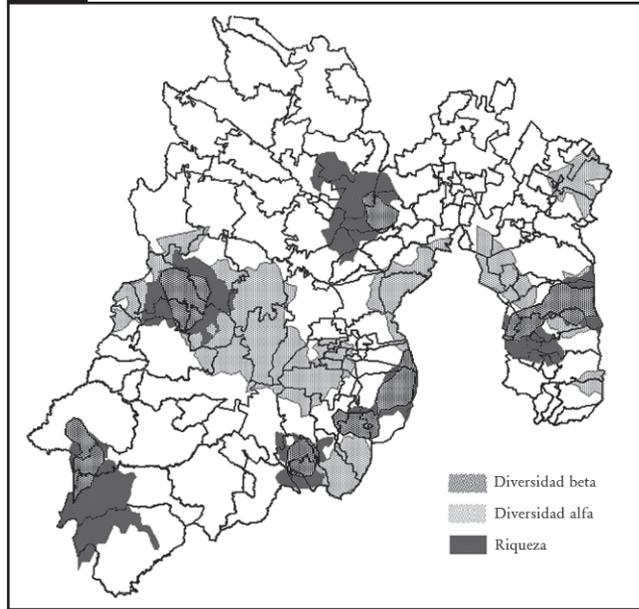


Figura 9. Zonas de mayor valor de riqueza.

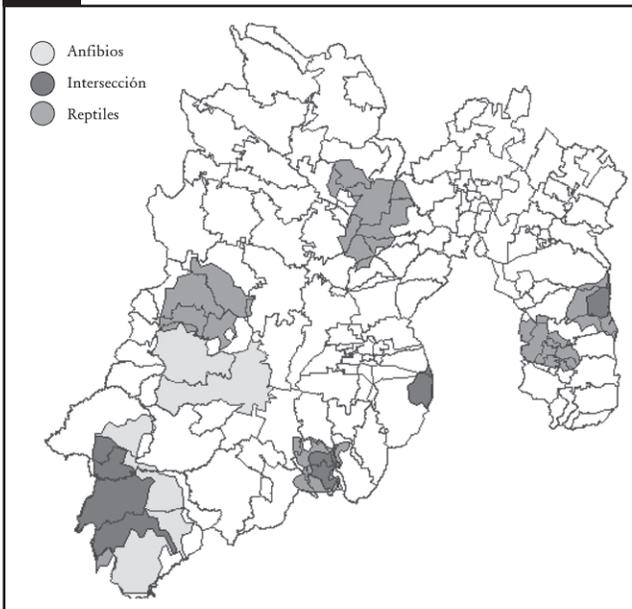
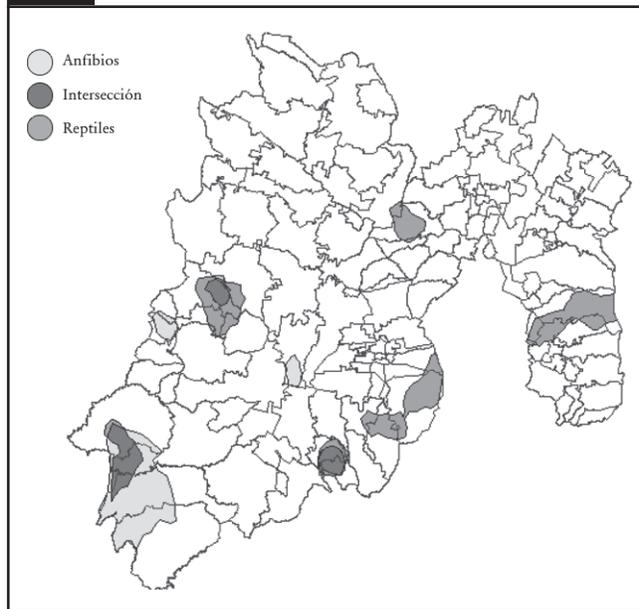


Figura 10. Zonas de mayor diversidad beta.



Cuadro 3. Descripción de las tres zonas localizadas dentro del Estado de México. DB = Diversidad beta, DA = Diversidad alfa, R = Riqueza, RTP = Regiones Terrestres Prioritarias.

Zona	Áreas DB	Áreas DA	Áreas R	Cuenca hidrológica	Región biogeográfica	Región fisiográfica	RTP
Z1	-	1	1	Río Balsas y L. T.	Eje Volcánico	Lagos y V. A.	107
Z2	1	-	1	Río Balsas	Depresión del Balsas	Sierras y V. G.	-
Z3	1	-	1	Río Balsas	Depresión del Balsas	Depresión del Balsas	119

L. T.= Lago de Texcoco; V. A.= Volcanes de Anáhuac; V. G.= Valles Guerrerenses

Cuadro 4. Presencia de los distintos criterios de conservación por zona. DB = Diversidad beta, DA = Diversidad alfa, R = Riqueza.

Grupo	Z1	Z2	Z3
Anf	R-DA	R-DB	R-DB
Rep	R-DA-DB	R-DA-DB	R-DB
Frecuencia			
Riqueza	2	2	2
Alfa	2	1	0
Beta	1	2	2
Total	5	5	4

Figura 11. Zonas de mayor diversidad alfa.

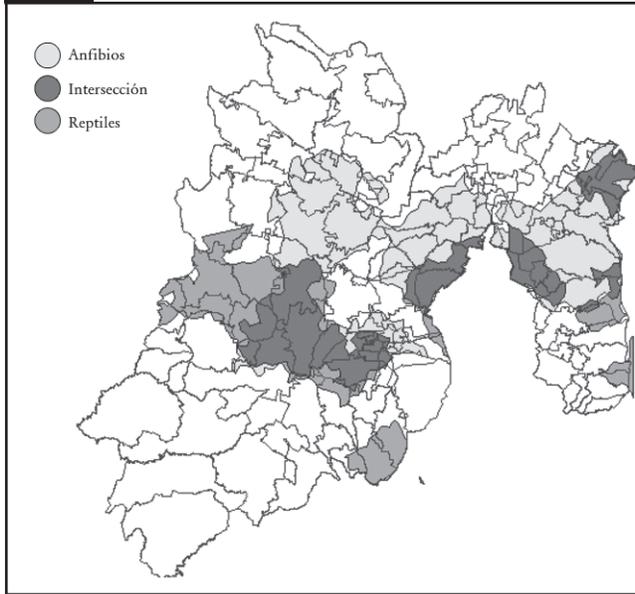
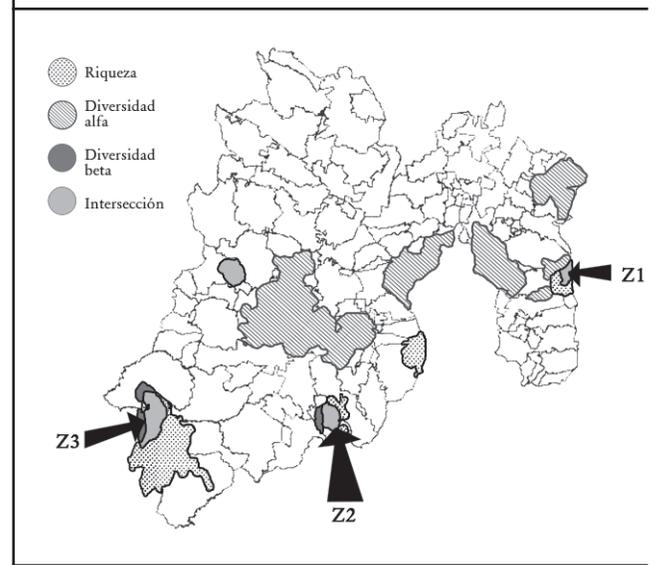


Figura 12. Integración de las zonas de mayor valor de conservación (anfibios y reptiles).



#### 4. Caracterización de zonas con mayor valor de conservación

a) Z1 (oriente):

- **Ubicación:** se localiza en la Cuenca del Río Balsas, en la región biogeográfica Eje Volcánico, en la provincia de la región fisiográfica Lagos y Volcanes de Anáhuac.
- **Características:** riqueza y diversidad alfa.
- RTP CONABIO: 107 “Sierra Nevada”.

b) Z2 (centro-sur):

- **Ubicación:** se encuentra entre la Cuenca Río Balsas, en las región biogeográfica Depresión del Balsas, en la región fisiográfica Sierras y Valles Guerrerenses.
- **Características:** riqueza y diversidad beta.

RTP CONABIO: Ninguna.

c) Z3 (sur-oeste):

- **Ubicación:** se localiza en la Cuenca Río Balsas, región biogeográfica Depresión del Balsas, región fisiográfica Depresión del Balsas
- **Características:** riqueza y diversidad beta.
- RTP CONABIO: 119 Sierra de Nanchititla.

La comparación de las zonas y grupos permite establecer el siguiente orden de prioridad para la conservación: Z1= Z2 > Z3 (cuadro 4); para los reptiles, se presentan los tres criterios de conservación en la Z1 y Z2, en la Z3 sólo se presenta riqueza y diversidad beta. Para los anfibios, en las tres zonas se presentan dos de los criterios de conservación, riqueza y diversidad alfa o beta.

La superficie total de las zonas de alto valor de conservación es de 23 363.08 ha (Z1 = 2 933.87, Z2 = 6 489.80 y Z3 = 13 939.41). Las zonas de alto valor de conservación

Cuadro 5. Especies totales presentes por zona.

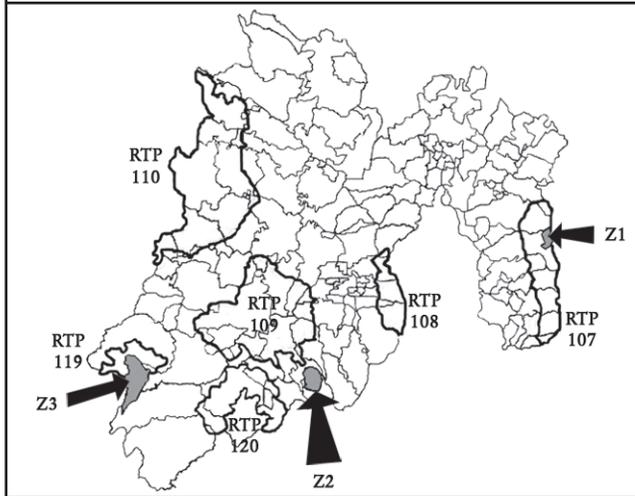
Grupo	Zona	No. Géneros	No. Especies
Anfibios	Z1	5	8
Anfibios	Z2	6	12
Anfibios	Z3	8	16
Reptiles	Z1	7	15
Reptiles	Z2	15	19
Reptiles	Z3	16	20

se concentran principalmente en la cuenca del río Balsas, en las regiones biogeográficas Depresión del Balsas y Eje Volcánico, en las provincias de las regiones fisiográficas Depresión del Balsas, Sierras y Valles Guerrerenses y Lagos y Volcanes de Anáhuac. Para el Estado de México, Casas-Andreu y Aguilar-Miguel (2005) han registrado 48 especies de anfibios y 147 especies de reptiles. En la zona Z3 se localiza el Parque Sierra de Nanchititla que ha sido identificado por dichos autores como de gran valor para la conservación ya que contiene el 25% de la herpetofauna del estado, es decir, 20 especies de anfibios (2 caudados y 18 anuros) y 28 especies de reptiles (2 testudines, 13 saurios y 13 serpentes). Resulta sobresaliente que aun cuando en este trabajo se registran sólo 16 especies de anfibios y 20 de reptiles (80% y 71.43% respectivamente) para el parque, es en la Z3 que efectivamente se presenta la mayor riqueza de especies tanto de anfibios como de reptiles (cuadro 5).

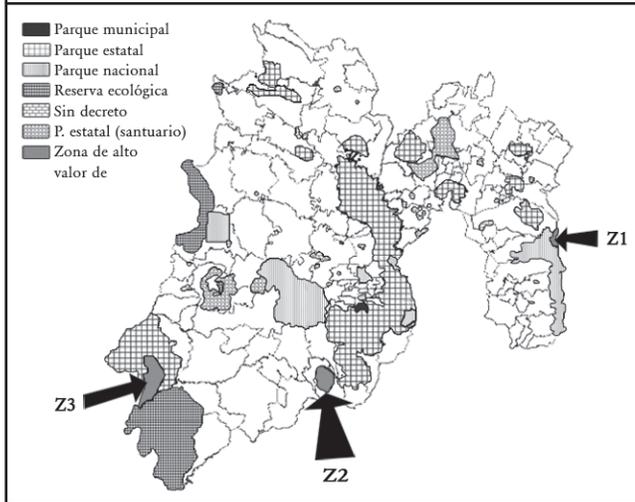
#### 5. Regiones terrestres prioritarias y áreas naturales protegidas

Las seis RTP que se encuentran dentro del Estado de México comprenden una superficie total de 516 231.35 ha y sólo el 1.6% coincide con las zonas identificadas

**Figura 13.** Comparación de superficies entre las RTP y la zona de alto valor de conservación (Z1, Z2 Y Z3).



**Figura 14.** Comparación de superficies entre las ANP y la zona de alto valor de conservación.



**Cuadro 6.** Comparación de superficies entre las RTP y las zonas de alto valor de conservación. RTP: regiones terrestres prioritarias, Z.A.V.C: Zona de alto valor de conservación.

Nombre de la RTP	RTP ha	Zona de intersección ha	RTP sin Z.A.V.C ha
S. Nevada	66018,18	2933,87	63084,31
Ajusco Chichiautzin	30266,35	0	30266,35
S. Chincua	180872,60	0	180872,60
N. Toluca	152392,38	0	152392,38
S. Nanchitla	25025,00	5113,61	19911,39
Taxco-Huautla	61656,85	0	61656,85
Total	516231,36	8047,48	508183,88

en este trabajo como de mayor valor de conservación. En el cuadro 6 se observa el área de cada RTP y el área de la zona de mayor valor que protege, así como del área dentro de la RTP que no contiene ninguna zona de mayor valor de conservación. En el caso de la Z1 (zona de alto valor de conservación más pequeña) abarca una superficie del 4.6% correspondiente a la RTP 107 “Sierra Nevada”, en el municipio de Ixtapaluca, principalmente. En el caso de la Z3 (la más extensa) abarca el 25.7% de la RTP 119 “Sierra de Nanchititla” y se extiende a los municipios de Luvianos, Tejupilco y Amatepec. Por otro lado, la Z2 no coincide con ninguna RTP y corresponde a los municipios de Ixtapan de la Sal y Tonalico. En la figura 13 se muestra en gris claro las zonas de alto valor de conservación Z1, Z2 y Z3, que se encuentran dentro de las RTP, en color negro. En otro sentido, las seis categorías de las áreas naturales protegidas que se encuentran dentro del Estado de México comprenden una superficie total de 553 217 ha de la cual el 3% cubre parte de las zonas de mayor valor. En la figura 14 se observa el área total por categoría de las ANP y el área de la zona de mayor valor que protege, así como del área dentro de esa ANP que no tiene ninguna zona de valor de conservación.

En el Estado de México se localizan 40 parques estatales, además de tres santuarios, 13 parques nacionales, 5 parques municipales, 33 reservas ecológicas y 7 parques que funcionan sin decreto. La zona de alto valor de conservación Z3 se encuentra completamente protegida por el Parque Estatal Sierra de Nanchititla, el cual ha sido trabajado en detalle para estos grupos (Casas-Andreu y Aguilar-Miguel, 2005) y actualmente la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna, prepara un programa de conservación para esta área. La Z1 se encuentra protegida por el Parque Nacional Iztaccíhuatl y Popocatepetl, que por su naturaleza y extensión, es un lugar adecuado para funcionar de manera efectiva en la conservación de la biodiversidad del Estado de México, mientras que la Z2 no está incluida en ningún área natural protegida, siendo la más preocupante debido a que es un área con alto impacto humano, encontrándose en ella un corredor hortícola florícola con alta contaminación y deforestación, en el que inclusive, se ha observado en los últimos años el fenómeno de declinación de poblaciones de Anfibios (Aguilar-Miguel X., E. Toribio Hernández y G. Casas-Andreu, en preparación). Finalmente, según el ordenamiento Ecológico del Estado de México (GEDo-Méx, 1999), las zonas Z1 y Z3 se localizan en un área de máxima fragilidad ecológica.

## Bibliografía

- Baczkowski A. J.; D. N. Joanes y G. M. Shamia (1997). "Properties of a Generalized Diversity Index". *J. Theor. Biol.* 188: 207-213.
- Camarillo, J. L.; H. M. Smith (1992). *A Handlist of the Amphibians and Reptiles of the State of México*, Mexico. Greater Cincinnati Herpetological Society, Contr. Herp.
- Casas-Andreu G.  
 \_\_\_\_\_ y X. Aguilar-Miguel (2005). "Herpetofauna del Parque Sierra de Nanchititla, Estado de México, México. Lista, distribución y conservación", *CIENCIA ergo sum*. Vol. 12, Núm. 1. Universidad Autónoma del Estado de México.
- \_\_\_\_\_ (2007). "Capítulo III. Anfibios y Reptiles", en Aguilar M. X. (Coord.). *Vertebrados del Estado de México. Ciencias Naturales y Exactas. Ciencias Biológicas*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- \_\_\_\_\_; X. Aguilar M.; E. O. Pineda-Arredondo (1997). "Capítulo 1. Anfibios y Reptiles", en Aguilera, U. y O. Monroy (eds). *Lista taxonómica de los vertebrados terrestres del Estado de México*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cody, M. L. (1993). *Bird Diversity Components Withing and Between Habitats in Australia. Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago. Chicago.
- Gobierno del Estado de México (GEDOMÉX). (1999). Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México. *Gaceta del Gobierno*, 4 de junio de 1999. Toluca, México.
- Gotelli N. J. y R. K. Colwell (2001). "Quantifying Biodiversity: Procedures and Pitfalls in the Measurement and Comparison of Species Richness", *Ecology Letters*.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2004. <<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/edomex/elecaciones.cfm?c=446&e=15&CFID=1052740&CFTOKEN=18202923>> (12 de nov de 2004).
- Frost, D. R.; T. Grant; J. Faivovich; R. H. Bain; A. Haas; C. F. B. Haddad; R. O. de Sa; A. Channing; M. Wilkinson; S. C. Donnellan; C. J. Raxworthy; J. A. Campbell; B. L. Blotto; P. Moler; R. C. Drewes; R. A. Nussbaum; J. D. Lynch; D. M. Green y W. C. Wheeler (2006). *The amphibian Tree of Life*. Bulletin of the AMNH; Núm. 297.
- Frost, D. R. (2007). "Amphibian Species of the World: an Online Reference". *Version 5.0 Database Accessible at American Museum of Natural History*, New York, USA. <<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>>.
- López, R. (2003). *Inicio del estudio de Estado para la biodiversidad del Estado de México en: Agua y Desarrollo Sustentable*. Gobierno del Estado de México.
- Mackey, B. G. y D. B. Lindenmayer (2001). "Towards a Hierarchical Framework for Modelling the Spatial Distribution of Animals", *Journal of Biogeography*. 28.
- Maignan, C., G.; D. P. Ottaviano y F. Rullani (2003). *Bio-Ecological Diversity vs. Socio-Economic Diversity: A Comparison of Existing Measures*. Nota di lavoro. 13.
- Manjarrez, S. J. (1999). "Diversidad, problemática y perspectivas de los anfibios y reptiles del Estado de México", *Cultus*, Universidad Autónoma del Estado de México, Año 1, Vol. 1, Núm. 2.
- Mark, V. (2001). "Do Commonly Used Indices of  $\beta$ -diversity Measure Species Turnover?", *Journal of Vegetation Science*. 12.
- Morton, S. R. (1993). "Determinants of Diversity in Animal Communities of Arid Australia", *Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago. Chicago.
- Ochoa, O. M. y O. Flores (2006). *Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana*. UNAM-CONABIO, México, D. F.
- Plotkin, J. B. y H. C. Muller-Landau (2002). "Sampling the Species Composition of a Landscape", *Ecology*. Vol. 83, Núm. 12.
- Ricklefs, R. E. y D. Schluter (1993). "An Introduction to the Problem". *Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago. Chicago.
- Rose, S.; A. Grainger (2003). *Multivariate Mapping of Spatial Variation in Biodiversity in Peruvian Amazonia*. Diversity and Distributions.
- Schluter, D. y R. E. Ricklefs (1993). *Regional and Historical Influences. Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago. Chicago.
- Shimatani, K. y Y. Kubota (2004). "Quantitative Assessment of Multispecies Spatial Pattern with High Species Diversity", *Ecological Research*.
- Smith, H.M.; E. H. Taylor  
 \_\_\_\_\_ (1945). *An Annotated Checklist and Key to the Snakes of Mexico*. Bull. U.S. National Museum, 187.
- \_\_\_\_\_ (1948). *An Annotated Checklist and Key to the Amphibia of Mexico*. Bull. U.S. National Museum, 194.
- \_\_\_\_\_ (1950). *An Annotated Checklist and Key to the Reptiles of Mexico Exclusive of the Snakes*. Bull. U.S. National Museum, 199.
- Tews, J.; U. Brose; V. Grimm; K. Tielborger; M. C. Wichmann; M. Schwager y F. Jeltsch (2004). "Animal Species Diversity Driven by Habitat Heterogeneity/Diversity: the Importance of Keystone Structures", *Journal of Biogeography*. 31.
- Uetz, P. (2007). The Tigr Reptile Database. <<http://www.reptile-database.org/>>.
- Whittaker, R. H. (1972). "Evolution and Measurement of Species Diversity". *Taxon* 21 (2/3).

**Apéndice 1.** Lista de las especies de anfibios y reptiles del Estado de México.

Clase Amphibia	Clase Reptilia	Clase Reptilia
<i>Ambystoma altamirani</i>	<i>Abronia deppeii</i>	<i>Pituophis deppei</i>
<i>Ambystoma bombypellum</i>	<i>Aspidoscelis communis</i>	<i>Pituophis lineaticollis</i>
<i>Ambystoma granulosum</i>	<i>Aspidoscelis costata</i>	<i>Pseudoficimia frontalis</i>
<i>Ambystoma leorae</i>	<i>Aspidoscelis deppeii</i>	<i>Ramphotyphlops braminus</i>
<i>Ambystoma lermaense</i>	<i>Aspidoscelis gularis</i>	<i>Rhadinaea hesperia</i>
<i>Ambystoma mexicanum</i>	<i>Aspidoscelis sackii</i>	<i>Rhadinaea laureata</i>
<i>Ambystoma rivulare</i>	<i>Barisia herrerae</i>	<i>Rhadinaea taeniata</i>
<i>Ambystoma velasci</i>	<i>Barisia imbricata</i>	<i>Rhinoclemmys rubida</i>
<i>Anaxyrus compactilis</i>	<i>Barisia rudicollis</i>	<i>Salvadora bairdi</i>
<i>Chaunus marinus</i>	<i>Boa constrictor</i>	<i>Salvadora mexicana</i>
<i>Chiropterotriton chiropterus</i>	<i>Conopsis biserialis</i>	<i>Sceloporus aeneus</i>
<i>Craugastor augusti</i>	<i>Conopsis lineata</i>	<i>Sceloporus anahuacus</i>
<i>Craugastor hobartsmithi</i>	<i>Conopsis nasus</i>	<i>Sceloporus bicanthalis</i>
<i>Craugastor occidentalis</i>	<i>Crotalus aquilus</i>	<i>Sceloporus dugesii</i>
<i>Craugastor pygmaeus</i>	<i>Crotalus durissus</i>	<i>Sceloporus gadoviae</i>
<i>Eleutherodactylus maurus</i>	<i>Crotalus molossus</i>	<i>Sceloporus grammicus</i>
<i>Exerodonta smaragdina</i>	<i>Crotalus polystictus</i>	<i>Sceloporus horridus</i>
<i>Hyla arenicolor</i>	<i>Crotalus ravus</i>	<i>Sceloporus megalepidurus</i>
<i>Hyla eximia</i>	<i>Crotalus transversus</i>	<i>Sceloporus melanorhinus</i>
<i>Hyla plicata</i>	<i>Crotalus triseriatus</i>	<i>Sceloporus mucronatus</i>
<i>Hypopachus variolosus</i>	<i>Ctenosaura pectinata</i>	<i>Sceloporus ochoterenae</i>
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	<i>Diadophis punctatus</i>	<i>Sceloporus palaciosi</i>
<i>Lithobates catesbeianus</i>	<i>Drymarchon melanurus</i>	<i>Sceloporus pyrocephalus</i>
<i>Lithobates forreri</i>	<i>Drymobius margaritiferus</i>	<i>Sceloporus scalaris</i>
<i>Lithobates montezumae</i>	<i>Enulius flavitorques</i>	<i>Sceloporus spinosus</i>
<i>Lithobates neovolcanicus</i>	<i>Plestiodon brevirostris</i>	<i>Sceloporus subniger</i>
<i>Lithobates spectabilis</i>	<i>Plestiodon copei</i>	<i>Sceloporus sugillatus</i>
<i>Lithobates tlaloci</i>	<i>Geophis bicolor</i>	<i>Sceloporus torquatus</i>
<i>Lithobates zweifeli</i>	<i>Geophis sieboldi</i>	<i>Senticolis triaspis</i>
<i>Ollotis marmorea</i>	<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	<i>Storeria storerioides</i>
<i>Ollotis occidentalis</i>	<i>Heloderma horridum</i>	<i>Tantilla bocourti</i>
<i>Ollotis perplexa</i>	<i>Hemidactylus frenatus</i>	<i>Tantilla calamarina</i>
<i>Pachymedusa dacnicolor</i>	<i>Imantodes gemmistratus</i>	<i>Tantilla deppei</i>
<i>Plectrohyla bistineta</i>	<i>Kinosternon hirtipes</i>	<i>Tantilla rubra</i>
<i>Plectrohyla pentheter</i>	<i>Kinosternon integrum</i>	<i>Thamnophis cyrtopsis</i>
<i>Pseudoeurycea altamontana</i>	<i>Lampropeltis triangulum</i>	<i>Thamnophis eques</i>
<i>Pseudoeurycea bellii</i>	<i>Leptodeira maculata</i>	<i>Thamnophis melanogaster</i>
<i>Pseudoeurycea rubri</i>	<i>Leptodeira septentrionalis</i>	<i>Thamnophis pulchrilatus</i>
<i>Pseudoeurycea leprosa</i>	<i>Leptodeira splendida</i>	<i>Thamnophis scalaris</i>
<i>Pseudoeurycea longicauda</i>	<i>Leptophis diplotropis</i>	<i>Thamnophis scaliger</i>
<i>Pseudoeurycea robertsi</i>	<i>Leptotyphlops goudotii</i>	<i>Trimorphodon biscutatus</i>
<i>Pseudoeurycea tillicxiti</i>	<i>Leptotyphlops maximus</i>	<i>Trimorphodon tau</i>
<i>Scaphiopus couchii</i>	<i>Masticophis mentovarius</i>	<i>Urosaurus bicarinatus</i>
<i>Smilisca baudinii</i>	<i>Micrurus browni</i>	
<i>Smilisca fodiens</i>	<i>Micrurus laticollaris</i>	
<i>Spea multiplicata</i>	<i>Micrurus tener</i>	
<i>Syrrhophus angustidigitum</i>	<i>Norops nebulosus</i>	
<i>Syrrhophus nitidus</i>	<i>Oxybelis aeneus</i>	
<i>Syrrhophus pipilans</i>	<i>Phrynosoma orbiculare</i>	
<i>Tlalocohyla smithii</i>	<i>Phyllodactylus lanei</i>	