

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS ANFIBIOS EN MÉXICO: UN ANÁLISIS DE DIVERSIDAD, DISTRIBUCIÓN Y CONSERVACIÓN

Juan Manuel Díaz-García^{1*}, Marco Tulio Oropeza-Sánchez² y José Luis Aguilar-López¹.

¹Instituto de Ecología, A. C. Carretera Antigua Coatepec 351, El Haya, Xalapa 91070, Veracruz.

²Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua carretera a Pátzcuaro 8701, Ex Hacienda de San José de la Huerta, Morelia 58190, Michoacán.

*Correo: juanm.diazgarcia@gmail.com

RESUMEN

El estudio de los servicios ecosistémicos que provee la biodiversidad es importante para entender la relación naturaleza-humano, además puede generar información que apoye a la conservación de grupos biológicos amenazados. Los anfibios cumplen diferentes funciones en los ecosistemas, las cuales pueden derivar en servicios ecosistémicos que contribuyan al bienestar social. El objetivo de este estudio fue identificar las contribuciones de los anfibios a los servicios ecosistémicos de México utilizando la clasificación propuesta por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Además, se determinaron las zonas ecológicas e indígenas con reportes de servicios y se analizó el estado de conservación y la amplitud de distribución de las especies contribuyentes. A partir de una revisión bibliográfica, se recopilaron 24 publicaciones científicas con información relacionada a los usos y servicios ecosistémicos de los anfibios. En estas publicaciones se encontraron 98 reportes de 40 especies de anfibios que contribuyen a los servicios de provisión (58.1%), culturales (37.8%) y de regulación (4.1%). Estos servicios ocurren principalmente en el centro y sur del país donde convergen regiones boscosas (e.g. templada húmeda, tropical subhúmeda y tropical húmeda) y numerosas comunidades indígenas. La mitad de las especies contribuyentes son endémicas a México, mientras que un tercio se encuentra en alguna categoría de riesgo de instituciones nacionales e internacionales, lo que coincide con el panorama actual de los anfibios a nivel mundial. Nuestros resultados resaltan la importancia de desarrollar planes de conservación y manejo sustentable que contribuyan al mantenimiento o recuperación de las poblaciones de anfibios y de sus servicios ecosistémicos. Finalmente, estos resultados sugieren que la evaluación del conocimiento y uso tradicional de los anfibios por pueblos indígenas desde un enfoque de servicios ecosistémicos, puede ofrecer información necesaria para desarrollar estrategias de conservación y un manejo responsable de la biodiversidad.

PALABRAS CLAVE: Bienestar humano, conocimiento tradicional, vertebrados, regiones indígenas, diversidad biocultural.

ECOSYSTEM SERVICES OF AMPHIBIANS IN MEXICO: AN ANALYSIS OF DIVERSITY, DISTRIBUTION AND CONSERVATION

ABSTRACT

The study of the ecosystem services provided by biodiversity is important to understand the relationship between nature and humans as well as offer important information to support the conservation of threatened biological groups. Amphibians perform different functions in ecosystems, which can lead to ecosystem services that contribute to human well-being. The aim of this study was to identify the contributions of amphibians to ecosystem services in Mexico, using the classification proposed by the Millennium Ecosystem Assessment. Additionally, the

ecological and indigenous zones of Mexico with reports of services were determined and the conservation status and the distribution range of the species were analyzed. A literature review was performed including 24 scientific publications with information related to the ecosystem services or uses of amphibians. In these publications, 98 reports of 40 species that provide ecosystem services were found (58.1% provisioning services, 37.8% cultural services and 4.1% regulating services). These services occur mainly in central and southern Mexico where forested regions (e.g. humid temperate, subhumid tropical and humid tropical) converge with numerous indigenous communities. Half of the contributing species are endemic to Mexico and a third is in some risk category of national and international institutions, which coincides with the current panorama of amphibians worldwide. Our results highlight the importance of developing conservation and sustainable management plans that contribute to the maintenance or recovery of amphibian populations and their ecosystem services. Finally, these results suggest that the evaluation of traditional knowledge from an ecosystem services approach can offer useful information to develop conservation strategies and responsible management of biodiversity.

KEYWORDS: Human well-being, traditional knowledge, vertebrates, indigenous regions, biocultural diversity.

INTRODUCCIÓN

A partir de la publicación de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio en 2005 (MA por sus siglas en inglés), el estudio de los servicios ecosistémicos se ha incrementado a nivel mundial (Fisher *et al.*, 2009). La MA (2005) define a los servicios ecosistémicos como todos los beneficios que las poblaciones humanas obtienen de los ecosistemas. Además, los agrupa en cuatro categorías: servicios de regulación (e.g. control de plagas y regulación del clima), servicios de provisión (e.g. alimentos y medicamentos), servicios culturales (e.g. beneficios espirituales y recreativos), y servicios de apoyo (e.g. ciclo de nutrientes y productividad primaria). Esta aproximación para estudiar el vínculo entre los ecosistemas y las sociedades humanas, puede utilizarse para promover y fortalecer los esfuerzos de conservación de la biodiversidad (Naidoo y Ricketts, 2006; Mutoko *et al.*, 2015). Asimismo, puede generar información necesaria para predecir cambios bióticos y abióticos asociados a la pérdida de especies que comprometan el mantenimiento de los servicios ecosistémicos (Sekercioglu *et al.*, 2004).

En México, los servicios ecosistémicos ocurren principalmente en las zonas indígenas y rurales, debido a las constantes interacciones entre la diversidad biológica y la diversidad cultural (Balvanera y Cotler, 2009); conocidas en conjunto como diversidad biocultural (Cocks y Dold, 2006). En estas zonas, se encuentra el 42% de los bosques y selvas del país, y sus habitantes han incorporado a la biodiversidad dentro de sus formas de vida, como en el uso comestible o medicinal de plantas y animales (Boege, 2008). Según Balvanera y Cotler (2009), los servicios ecosistémicos están parcialmente determinados por las condiciones culturales de la sociedad beneficiada. Dicho esto, se puede decir que México cuenta con numerosos

servicios ecosistémicos, debido a que es un país altamente diverso a nivel cultural (quinto país con mayor riqueza lingüística; De Ávila, 2008) y biológico (se estima que alberga al 10% de las especies del mundo; Challenger y Soberón, 2008). Sin embargo, la capacidad que tienen los ecosistemas para proveer servicios se encuentra amenazada, principalmente por la conversión de los bosques a sistemas agropecuarios (Foley *et al.*, 2007; Balvanera y Cotler, 2009), el cambio climático (Thomas *et al.*, 2004) y la falta de regulación en el manejo de los recursos naturales (Ouedraogo *et al.*, 2014).

En la evaluación de los servicios ecosistémicos es importante estudiar las contribuciones particulares de las especies, dado que estas regulan directa o indirectamente las funciones ecológicas de donde provienen los servicios (Martín-López *et al.*, 2007; Pérez y Marasas, 2013). A pesar de ser un grupo diverso y cosmopolita, los anfibios son el grupo de vertebrados con el menor número de servicios ecosistémicos reportados a nivel mundial. En los estudios existentes, se ha reportado que los anfibios ofrecen beneficios alimenticios y medicinales, participan en el flujo de nutrientes, y contribuyen en el control de plagas nocivas para los cultivos agrícolas y la salud humana (Valencia-Aguilar *et al.*, 2013; Hocking y Babbitt, 2014). Asimismo, se ha reportado que los anfibios están presentes en diferentes expresiones artísticas, como la literatura y la música (Gibbons, 2003).

En México se distribuyen 409 especies de anfibios, ubicándolo como el quinto país con mayor riqueza a nivel mundial (Frost, 2018); sin embargo, son escasos los estudios donde se les asocia algún beneficio a las poblaciones humanas (Alves y Alves, 2011), y no existe alguno que evalúe estos beneficios utilizando el enfoque de servicios ecosistémicos.

El actual periodo de disminución poblacional y riesgo de extinción que atraviesan los anfibios alrededor del mundo (Wake y Vredenburg, 2008; Hayes *et al.*, 2010), conlleva a la necesidad de reconocer sus contribuciones a los servicios ecosistémicos, como una herramienta para priorizar estrategias de conservación y manejo sustentable (Hocking y Babbitt, 2014).

El objetivo de este trabajo fue identificar los servicios ecosistémicos que brindan los anfibios en México, esperando que ocurran principalmente en zonas indígenas donde convergen la diversidad biológica y la diversidad cultural. Para cumplir este objetivo fue necesario (1) describir las contribuciones de los anfibios a los servicios ecosistémicos, (2) determinar las zonas ecológicas e indígenas donde existen reportes de servicios ecosistémicos y (3) analizar la amplitud de distribución y el estado de conservación de las especies prestadoras de servicios.

MÉTODOS

Para describir las contribuciones de los anfibios a los servicios ecosistémicos en México, se realizó una búsqueda de publicaciones en diferentes revistas científicas, libros, tesis y reportes finales de proyectos. Los criterios de búsqueda fueron restringidos a las combinaciones de las palabras claves: anfibios, herpetofauna, ranas, sapos, salamandras, cecilias, servicios ecosistémicos, uso tradicional, importancia y México. En cada ocasión que se mencionaba a una especie asociada a un uso o servicio ecosistémico se le consideró como un reporte. La clasificación de los reportes fue basada en las categorías propuestas por la MA (2005). Cuando la determinación del taxón no se realizó a nivel de especie o no coincidía con la distribución natural de la misma, los reportes no fueron considerados. La nomenclatura taxonómica de las especies se actualizó siguiendo el sitio en internet Amphibian Species of the World versión 6.0 (Frost, 2018).

Para determinar las zonas ecológicas e indígenas donde existen reportes de servicios ecosistémicos de anfibios, se utilizó la ubicación geográfica de las localidades mencionadas en la literatura y se generaron dos mapas de distribución con el programa QGIS 2.6.1. (QGIS, 2017). En el primero, se combinó la ubicación de las localidades con el mapa de las Zonas Ecológicas de México, tomado de Toledo y Ordoñez (2009). Mientras que en el segundo, las mismas localidades fueron superpuestas con el mapa de distribución de las familias de lenguas indígenas de México, tomado de Ávila-Blomberg y Moreno-Díaz (2008). Los mapas de referencia fueron obtenidos a través del portal de geoinformación de la Comisión Nacional para

el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (<http://www.conabio.gob.mx/>). A partir de estos mapas, se cuantificó el número de especies y la cantidad de reportes por zona ecológica e indígena.

Para analizar la amplitud de distribución de las especies que proveen servicios ecosistémicos, se revisó su distribución basándonos en la lista de referencia en línea Amphibian Species of the World 6.0 (Frost, 2018). Para analizar el estado de conservación de las especies, se revisó la lista de especies en riesgo de extinción contenidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT, 2010) y la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de anfibios y servicios ecosistémicos. Se encontraron 24 estudios publicados entre 1992 y 2016, en los cuales 40 especies de anfibios contribuyen con 98 reportes a los servicios de regulación, provisión y culturales de México; mientras que no se encontraron reportes para los servicios de apoyo. La mayor proporción de reportes se presentó en los servicios de provisión con el 58.1%, seguidos por los culturales con el 37.8% y los de regulación con el 4.1% (Tabla 1). A pesar de que México ocupa el quinto lugar a nivel mundial en riqueza de anfibios, el número de especies prestadoras de servicios ecosistémicos encontradas en la literatura revisada representa tan solo el 9.8% de las 409 especies reportadas para el país (Frost, 2018). Esto refleja el escaso número de estudios sobre los servicios ecosistémicos o usos de los anfibios, en comparación con otros vertebrados como los mamíferos o las aves (Alonso-Castro, 2014; Hocking y Babbitt, 2014). Los reportes no considerados en este estudio por falta de precisión en la identificación de las especies, sugieren que el número de anfibios prestadores de servicios podría ser mayor.

Las familias de anfibios con mayor número de reportes fueron Ranidae, Hylidae, Bufonidae y Ambystomatidae, y las especies con mayor número de reportes fueron *Rhinella horribilis*, *Ambystoma mexicanum* y *Ambystoma dumerilii*. El 42.5% de las especies registradas presentaron solo un reporte de servicio ecosistémico. El gran aporte de los hílidos a los servicios ecosistémicos probablemente esté explicado por el hecho de que esta familia es la más diversa entre los anfibios mexicanos (Parra-Olea *et al.*, 2014). Por otro lado, el elevado número de reportes para *R. horribilis* pueden estar relacionado a su amplia distribución en el país (Ochoa-Ochoa *et al.*, 2006), lo que permite una diversificación de servicios entre las

distintas regiones donde habita. Por ejemplo, en la sierra nororiental de Puebla es utilizada como una fuente de alimento complementaria (Cossío-Bayúgar, 2007), mientras que en el sur de Morelos es considerada un controlador natural de plagas en cultivos de traspatio (Monroy y García-Flores, 2013).

Se encontró que los servicios de provisión que brindan los anfibios en México, incluyen el abastecimiento de alimentos y medicinas tradicionales para el tratamiento de 12 enfermedades, entre las más comunes están la erisipela, la dermatitis y diferentes malestares de las vías respiratorias. En la literatura revisada, se menciona el uso de los anfibios como alimento en diferentes regiones del país, sugiriendo que representan una fuente complementaria de proteína en las comunidades indígenas de México, lo cual ha sido reportado para otros vertebrados como mamíferos y reptiles (Velarde-Mendoza, 2012; Velarde-Ebergenyi y Cruz-León, 2015). El uso de anfibios en el tratamiento de enfermedades también ha sido reportado en otros países como China, India, Ecuador y Brasil (Jaroli *et al.*, 2010; Parker, 2011), ocurriendo principalmente en comunidades rurales donde el acceso a la medicina alopática es limitado (Kakati *et al.*, 2006). El uso de medicinas tradicionales está basado principalmente en ensayos empíricos y mágico-religiosos, que forman parte del sistema de creencias de las comunidades indígenas (Dardón-Espadas y Retana-Guiascón, 2017), y su eficacia está avalada principalmente por una valoración de tipo cultural.

En este estudio, se encontró que los anfibios contribuyen a los servicios culturales en México, a través del enriquecimiento del vocabulario y los sistemas de clasificación de la vida de diferentes grupos indígenas, como los nahuas, los totonacos y los mayas. Asimismo, se registró que los anfibios desempeñan un papel recreativo sirviendo como fuente de inspiración para la creación de mitos, canciones y artesanías. Recientemente, Ávila-Nájera *et al.* (2018) reportaron que en México, algunas especies de anfibios tienen mayor importancia cultural que diferentes especies de reptiles. Sin embargo, en su trabajo consideran a los usos medicinales y alimenticios como elementos culturales, los cuales deberían ser considerados como servicios de provisión, además, reportan un menor número de especies contribuyentes. En este estudio, se identifican con mayor certeza los servicios culturales de los anfibios, y destaca el alto número de reportes encontrados debido a que son los menos considerados en los estudios sobre servicios ecosistémicos (Milcu *et al.*, 2013). A pesar de que los servicios culturales se refieren principalmente a beneficios intangibles, lo que dificulta su reconocimiento y valoración económica (MA, 2005); se ha evidenciado la importancia

de los anfibios en la cultura de diferentes sociedades humanas a nivel mundial (Hocking y Babbit, 2014).

En los servicios de regulación, solo se encontró que las especies *R. horribilis* y *Lithobates zweifeli* son consideradas como controladores biológicos de insectos nocivos para los cultivos agrícolas. El bajo número de servicios de regulación encontrados en este estudio, contrasta con estudios donde se ha documentado que otros vertebrados como las aves, reptiles y mamíferos, aportan en mayor cantidad a este tipo de servicios a través de la polinización, la dispersión de semillas y el control de plagas (Whelan *et al.*, 2008; Valencia-Aguilar *et al.*, 2013; Rojas-Martínez y Moreno, 2014). Sin embargo, el papel como controladores biológicos de los anfibios, podrían considerarse como uno de los servicios más relevantes a nivel socioeconómico (Attademo *et al.*, 2007; Valencia-Aguilar *et al.*, 2013), debido a que las plagas de insectos son causantes de grandes pérdidas agrícolas y del incremento de los costos de producción (DuRant y Hopkins, 2008). Es necesario estudiar el papel de otras especies de anfibios como controladores biológicos, ya que, al ser depredadores generalistas, en su mayoría, podrían ejercer efectivamente el control de insectos nocivos para los cultivos agrícolas, e incluso para la salud humana (Peltzer y Lajmanovich, 2002).

Distribución de los reportes de servicios ecosistémicos.

Los reportes de anfibios que proveen servicios ecosistémicos se localizaron en 16 estados de México, en mayor proporción en Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz. Estos reportes se ubicaron en seis de las ocho Zonas Ecológicas del país (Figura 1), con el mayor número de servicios ecosistémicos y especies contribuyentes en la zona templada subhúmeda, seguida por la zona tropical subhúmeda, y en tercer lugar por la zona tropical húmeda (Tabla 2).

Los reportes de anfibios que aportan a los servicios ecosistémicos, se localizaron en los territorios de siete de las 11 familias de lenguas indígenas de México (Figura 2). La zona indígena con mayor número de reportes y especies contribuyentes fue la maya, seguida por la yuto-nahua. También, se encontraron reportes de servicios ecosistémicos en zonas no indígenas (Tabla 2).

Los reportes de servicios ecosistémicos de los anfibios ocurrieron principalmente en regiones donde convergen las zonas tropicales e indígenas en el centro y sur del país (Figura 1, 2). En estas regiones, las condiciones ambientales (e.g. precipitación pluvial, humedad atmosférica y cobertura vegetal) favorecen tanto la riqueza de anfibios (Pineda y Lobo, 2009) como la diversidad cultural (Collard

Tabla 1. Número de reportes de servicios ecosistémicos, estado de conservación y amplitud de distribución de los anfibios en México. SR = Servicios de regulación (C = Control de plagas), SP = Servicios de provisión (A = Alimentación y M = Uso medicinal) y SC = Servicios culturales (V = Vocabulario y sistema de clasificación, R = Recreación e inspiración y E = Espiritual). La columna T muestra el número total de servicios reportados por especie. La columna NOM muestra el estado de conservación según la Norma Oficial Mexicana-059 (SEMARNAT, 2010): Pr = Preocupación menor, P = En peligro y A = Amenazada. La columna UICN muestra el estado de conservación según la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2018): NE = No evaluada, DD = Datos insuficientes, LC = Preocupación menor, NT = Casi amenazada, VU = Vulnerable, EN = En peligro, CR = En peligro crítico. La columna Distribución indica la amplitud de la distribución de cada especie: DA = Distribución amplia, Mx = Endémica a México.

ESPECIE	SR	SP		SC			T	ESTADO DE CONSERVACIÓN		DISTRIBUCIÓN
	C	A	M	V	R	E		NOM	UICN	
ANURA										
Bufonidae										
<i>Anaxyrus compactilis</i> ⁽²¹⁾			1				1		LC	Mx
<i>Anaxyrus punctatus</i> ⁽²¹⁾			1				1		LC	DA
<i>Incilius alvarius</i> ⁽¹⁾					1		1		LC	DA
<i>Incilius bocourti</i> ⁽²⁾			1				1		LC	DA
<i>Incilius macrocristatus</i> ⁽²⁾			1	1			2		VU	DA
<i>Incilius marmoreus</i> ⁽²²⁾			1				1		LC	Mx
<i>Incilius occidentalis</i> ^(22,23)			2				2		LC	DA
<i>Incilius valliceps</i> ^(3,4,5)		2	1		1		4		LC	DA
<i>Rhinella horribilis</i> ^(6,7,8,9,10)	3	5	6	1		1	16		LC	DA
Craugastoridae										
<i>Craugastor glaucus</i> ⁽²⁾		1		1			2	Pr	CR	Mx
<i>Craugastor laticeps</i> ⁽²⁾		1		1			2	Pr	NT	DA
Hylidae										
<i>Agalychnis callidryas</i> ⁽⁵⁾					1		1		LC	DA
<i>Agalychnis dacnicolor</i> ⁽¹¹⁾		1			1		2		LC	Mx
<i>Charadrahyla chaneque</i> ⁽²⁾		1		1			2	Pr	EN	Mx
<i>Charadrahyla taeniopus</i> ⁽²⁴⁾		1					1	A	VU	Mx
<i>Rheohyla miotympanum</i> ⁽¹²⁾		1					1		NT	Mx
<i>Hyla arenicolor</i> ^(9,21)			1		1		2		LC	DA
<i>Dryophytes cinerea</i> ⁽⁹⁾			1				1		LC	DA
<i>Dryophytes eximia</i> ^(13,21)		1	1	1	1		4		LC	Mx
<i>Sarcohyala bistrincta</i> ⁽¹⁴⁾					1		1	Pr	LC	Mx
<i>Smilisca baudinii</i> ^(3,5)		2					2		LC	DA
Microhylidae										
<i>Hypopachus barberi</i> ⁽²⁾		1		1			2		VU	DA
Ranidae										
<i>Lithobates berlandieri</i> ^(3,11)		2			2		4	Pr	LC	DA
<i>Lithobates brownorum</i> ^(5,11)		2					2	Pr	NE	DA
<i>Lithobates maculatus</i> ^(2,5)		1	1	1			3		LC	DA
<i>Lithobates megapoda</i> ⁽¹⁵⁾		1			1		2	Pr	VU	Mx
<i>Lithobates montezumae</i> ⁽¹³⁾		1					1	Pr	LC	Mx
<i>Lithobates neovolcanicus</i> ⁽¹⁴⁾		1			2		3	A	NT	Mx

Tabla 1. Cont.

ESPECIE	SR		SP			SC			T	ESTADO DE CONSERVACIÓN		DISTRIBUCIÓN
	C	A	M	V	R	E	NOM	UICN				
<i>Lithobates spectabilis</i> ⁽¹¹⁾		1						1		LC	Mx	
<i>Lithobates zweifeli</i> ^(10, 22)	1	2			1			4		LC	Mx	
Rhinophrynidae												
<i>Rhinophrynus dorsalis</i> ^(5, 16)		1		1				2	Pr	LC	DA	
Scaphiopodidae												
<i>Spea multiplicata</i> ⁽²²⁾			1					1		LC	DA	
Caudata												
Ambystomatidae												
<i>Ambystoma dumerilii</i> ⁽¹⁷⁾		1	1	1	1			4	Pr	CR	Mx	
<i>Ambystoma mexicanum</i> ^(18,19, 20)		3	4	1			3	11	P	CR	Mx	
<i>Ambystoma rivulare</i> ⁽¹⁴⁾				1				1	A	DD	Mx	
Plethodontidae												
<i>Bolitoglossa mexicana</i> ⁽³⁾							1	1	Pr	LC	DA	
<i>Bolitoglossa platydactyla</i> ⁽⁴⁾					1		1	2	Pr	NT	Mx	
<i>Isthmura bellii</i> ⁽¹⁴⁾				1	1			2	A	VU	Mx	
<i>Pseudoeurycea gadovii</i> ⁽¹⁹⁾				1				1	Pr	VU	Mx	
<i>Pseudoeurycea leprosa</i> ⁽¹⁹⁾				1				1	A	LC	Mx	
Total	4	33	24	15	16	6		98				

¹ Weil y Davis, 1994, ² Enriquez-Vázquez *et al.*, 2006, ³ Cossío-Bayúgar, 2007, ⁴ Gutiérrez-Mayén, 2000, ⁵ Calderón-Mandujano, 2011, ⁶ Morales-Mávil y Villa-Cañedo, 1998, ⁷ Götz, 2008, ⁸ Serrano-González *et al.*, 2011, ⁹ Alonso-Castro, 2014, ¹⁰ Reyna-Rojas *et al.*, 2015, ¹¹ Monroy y García-Flores, 2013, ¹² Quiroz-Bartolo *et al.*, 2012, ¹³ Amador-Alcalá y de la Riva-Hernández, 2016, ¹⁴ Sánchez-Núñez, 2006, ¹⁵ Pocarsi, 2010, ¹⁶ Lazcano-Barreto *et al.*, 1992, ¹⁷ Velarde-Mendoza, 2012, ¹⁸ Stephan y Ensástigue, 2001, ¹⁹ León-Pérez *et al.*, 2003, ²⁰ Jacobo-Salcedo *et al.*, 2011, ²¹ Leyte-Manrique *et al.*, 2016, ²² Rivera-Herrera, 2000, ²³ García-Castro, 2016, ²⁴ Flores-Hernández, 2014.

y Foley, 2002). Existen regiones con alta diversidad de anfibios y presencia de grupos indígenas, como en el sur del Oaxaca, zona de influencia oto-mangue y en toda la zona maya de Campeche y Quintana Roo, en las que no se encontraron reportes de servicios ecosistémicos provistos por anfibios. Esto representa una oportunidad para realizar más estudios que ayuden a ampliar el conocimiento de los beneficios que ofrecen los anfibios a la sociedad.

A nivel mundial, es bien conocido que la riqueza cultural está fuertemente relacionada con las principales concentraciones de biodiversidad existentes (Harmon, 1995). En el caso particular de México, el 90% de los grupos indígenas se distribuyen en regiones con porciones considerables de cobertura vegetal (Toledo *et al.*, 2002). De esta manera, la permanencia de los pueblos indígenas

de México debería considerarse como una estrategia para garantizar el mantenimiento de la biodiversidad (Toledo *et al.*, 2002) y sus servicios ecosistémicos.

Amplitud de distribución y conservación de anfibios prestadores de servicios. De las 40 especies que se encontraron como prestadoras de servicios ecosistémicos el 52.5% son endémicas a México (Tabla 1). En términos de conservación, el 47% de las especies contribuyentes se encuentran incluidas en alguna categoría de riesgo de la Norma Oficial 059-SEMARNAT (2010), y el 25% están catalogadas en alguna categoría de riesgo de la Lista Roja de la UICN (2018; Tabla 1). En orden de importancia, las principales causas de amenaza para los anfibios contribuyentes a los servicios ecosistémicos en México son la pérdida y contaminación del hábitat, la sobreexplotación y la introducción de especies exóticas (UICN, 2018).

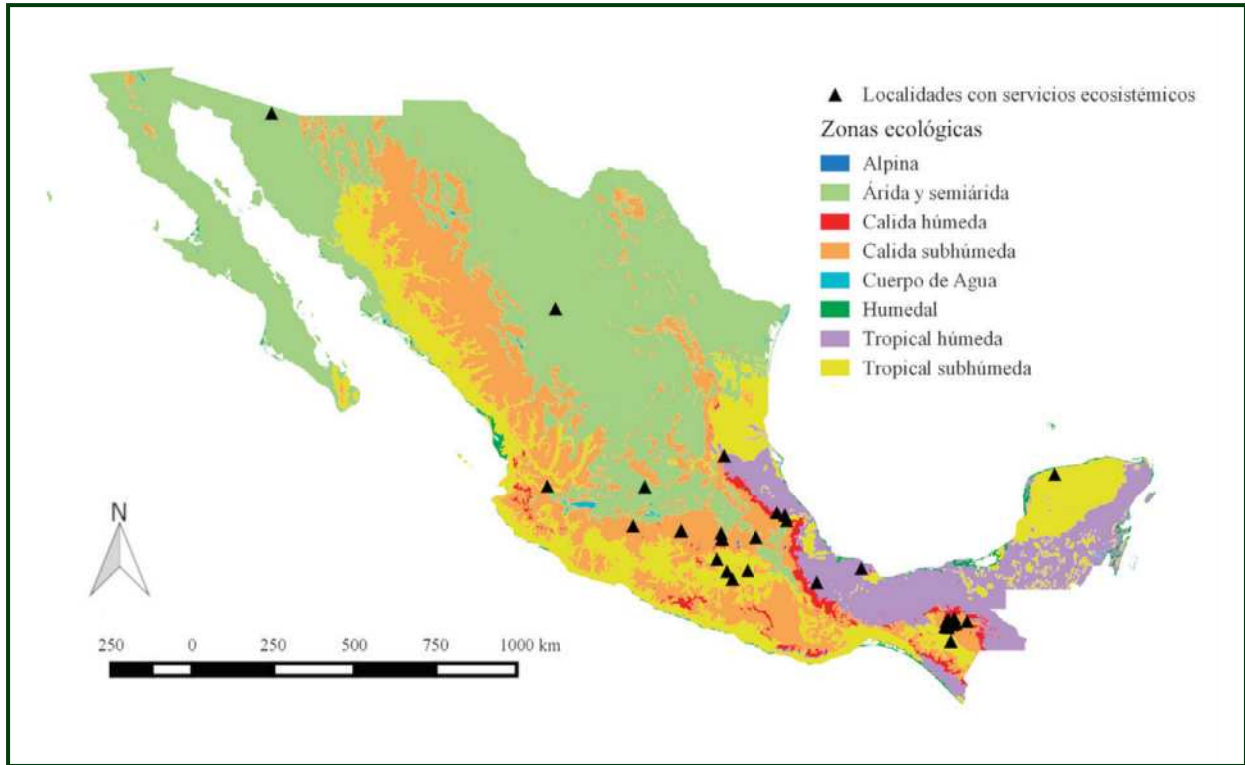


Figura 1. Localidades (triángulos negros) y zonas ecológicas de México donde se registraron servicios ecosistémicos de los anfibios.

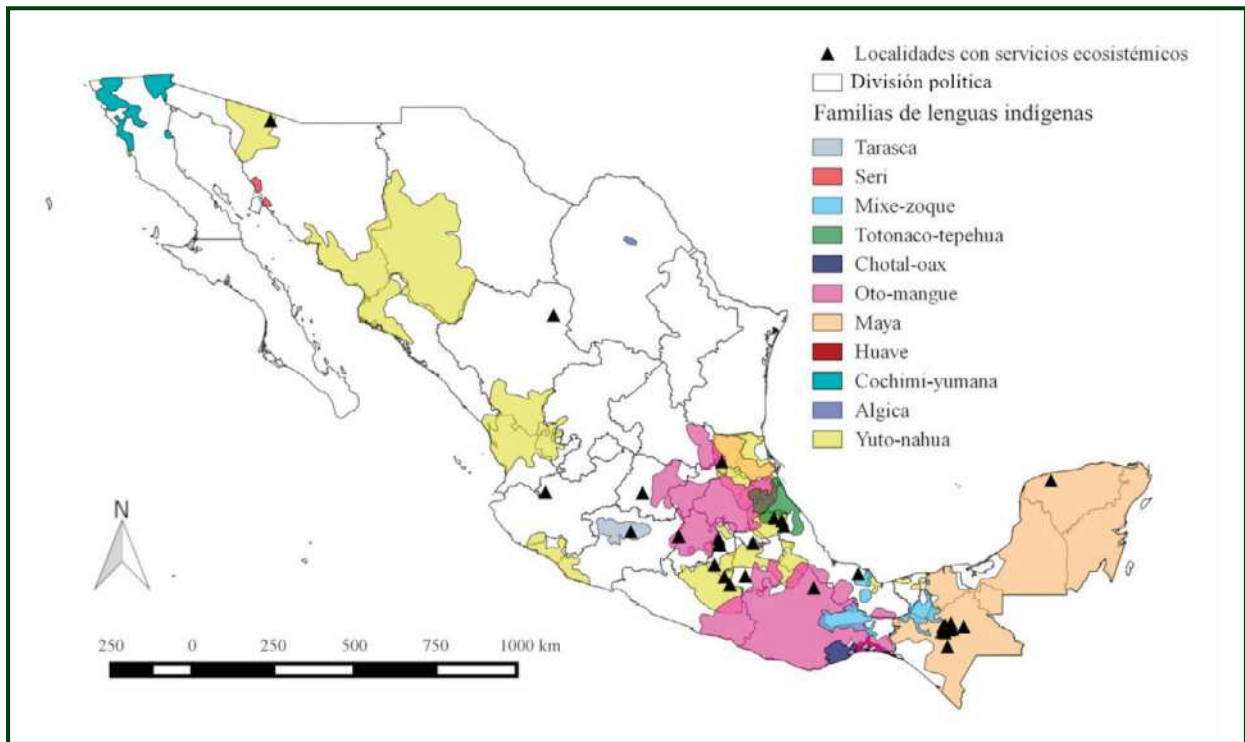


Figura 2. Localidades (triángulos negros) y zonas indígenas de México donde se registraron servicios ecosistémicos de los anfibios.

Tabla 2. Número de especies de anfibios contribuyentes a los servicios ecosistémicos y número de reportes por zona ecológica y familia indígena de México. C = Control de plagas, A = Alimentación, M = Uso medicinal, V = Vocabulario y sistema de clasificación, R = Recreación e inspiración y E = Espiritual. La columna T muestra el número total de reportes por zona ecológica o familia indígena.

	NÚMERO DE ESPECIES	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS						T
		REGULACIÓN	PROVISIÓN		CULTURALES			
		C	A	M	V	R	E	
ZONA ECOLÓGICA								
Templada subhúmeda	24	1	16	7	14	6	3	47
Templada húmeda	5		3			3		6
Tropical subhúmeda	7	3	5	6		2		16
Tropical húmeda	7		4	6			3	13
Árida-semiárida	6		4	4		4		12
Cuerpos de agua	1		1	1	1	1		4
FAMILIA INDÍGENA								
Maya	16	1	13	4	8	2		28
Totonaco / Yuto-nahua	6		6	3		3	1	13
Yuto-nahua	12	1	5	5	4	1		16
Oto-mange	4				2	3		5
Tarasca	1		1	1	1	1		4
Oto-mange / Yuto-nahua	2			2			1	3
Yaqui-Seri	1					1		1
No indígena	13	2	8	9		5	4	28

de las especies están en riesgo de extinción (UICN, 2018). Esta situación es aún más grave en México, ya que el 54% de los anfibios se encuentra en alguna de las categorías de riesgo elevado (UICN, 2018). La atribución de servicios ecosistémicos a las especies amenazadas, como en el caso de algunas especies reportadas en este estudio, aporta un valor agregado a su importancia ecológica y económica (Luck *et al.*, 2003; Naidoo y Ricketts, 2006). Esto resalta la necesidad de diseñar y promover esfuerzos de conservación para la recuperación de las poblaciones de anfibios amenazados y endémicos que brindan servicios ecosistémicos, y para el mantenimiento de las especies que actualmente no se encuentran en riesgo. Asimismo, la conservación de las especies y la permanencia de sus servicios ecosistémicos dependen, entre otros factores, de su manejo responsable (Kremen, 2005). Para el caso de los anfibios amenazados por la sobreexplotación a causa de la demanda de servicios de provisión, es necesario implementar medidas (e.g. planes de veda o crianza en cautiverio) que permitan su uso sin comprometer la subsistencia de las mismas, tales como

los programas de crianza de *A. dumerilii* en unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA; Velarde-Mendoza, 2012).

En el caso de las especies que aportan servicios ecosistémicos de tipo cultural, el reto para desarrollar planes estratégicos de manejo es aún mayor, debido a que se trata principalmente de beneficios intangibles. Esto dificulta promover estrategias de conservación a gran escala, debido a que el reconocimiento de este tipo de servicios es exclusivo a la región y a las creencias de sus pobladores (Wallace, 2007). Además, dentro de los servicios culturales encontrados en este estudio, se señalan creencias erróneas sobre los anfibios basadas en su aspecto, los cuales atentan en contra de la conservación de las especies (Rodríguez-Canseco *et al.*, 2012). Un primer paso para la conservación de los anfibios y sus servicios ecosistémicos podría ser la planeación de programas locales de educación ambiental, donde se promueva la importancia de las especies y su hábitat, y se informe sobre su crítico estado de conservación.

En general, los resultados de este estudio sugieren que los anfibios en México brindan servicios ecosistémicos a nivel local, dado que (1) algunas especies prestadoras de servicios tienen distribuciones muy restringidas, (2) en la mitad de las especies sólo se encontró un reporte a pesar de tener distribuciones amplias, y (3) en algunos casos, una misma especie contribuye con diferentes servicios dependiendo de la zona indígena. Esto puede deberse a que los conocimientos tradicionales con frecuencia son generados y transmitidos entre grupos locales, y difícilmente son replicados fuera de sus localidades (Thiombiano *et al.*, 2002). Por lo tanto, son necesarias la transmisión y la valoración del conocimiento de los pueblos indígenas sobre las especies en otras zonas rurales, e incluso en zonas urbanas.

CONCLUSIONES

Los anfibios contribuyen valiosamente a los servicios ecosistémicos en México, específicamente en los servicios de provisión, culturales y de regulación. Estos servicios ocurren principalmente en regiones tropicales habitadas por diferentes grupos indígenas, que a lo largo del tiempo han incluido a los anfibios dentro de sus formas de vida. La mayoría de los servicios ecosistémicos de los anfibios se observan a una escala local, y son provistos por especies endémicas al país. Por ello, es importante generar estrategias que permitan su reconocimiento y valoración más allá del nivel local. La permanencia de los servicios ecosistémicos de los anfibios puede verse amenazada por la crítica situación de conservación que atraviesan en el país. La mayoría de las especies de anfibios que brindan servicios ecosistémicos, se encuentran en alguna categoría de amenaza de instituciones nacionales e internacionales. Esto señala la importancia de desarrollar planes de conservación y manejo sustentable que contribuyan al mantenimiento de las poblaciones de anfibios y de sus servicios ecosistémicos. Este estudio resalta la necesidad de seguir evaluando los servicios ecosistémicos de los anfibios a partir de estudios multidisciplinarios, que incluyan un enfoque social, ecológico y etnobiológico. Este tipo de estudios pueden ofrecer información que ayude a reconocer la importancia de los ecosistemas y su biodiversidad para las sociedades humanas. Adicionalmente, pueden ser útiles en la elaboración de planes de manejo adaptativo que consideren las necesidades locales de las poblaciones humanas y la conservación de los grupos biológicos que prestan servicios ecosistémicos. Finalmente, para mejorar la identificación de los servicios ecosistémicos que ofrece la biodiversidad, es necesario que los estudios etnobiológicos incluyan taxónomos o ecólogos que ayuden a identificar a las especies prestadoras de servicios.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Guadalupe Gutiérrez Mayen y Gustavo Aguirre León por sus valiosos comentarios que ayudaron a mejorar el contenido del manuscrito. También, a Adriana Sandoval Comte por su ayuda en la elaboración de los mapas, y a Marcos Vinicius Caiafa Sepúlveda por su ayuda en la revisión del resumen en inglés.

LITERATURA CITADA

- Alonso-Castro, A. J. 2014. Use of medicinal fauna in Mexican traditional medicine. *Journal of Ethnopharmacology* 152: 53-70.
- Alves, R. N. N. y H. N. Alves. 2011. The faunal drugstore: animal-based remedies used in traditional medicines in Latin America. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 7: 1-43.
- Amador-Alcalá, S. A. y G. de la Riva-Hernández. 2016. Uso tradicional de fauna silvestre en las serranías del occidente del estado de Aguascalientes, México. *Etnobiología* 14: 20-36.
- Attademo, A. M., P. M. Peltzer y R. C. Lajmanovich. 2007. Feeding habits of *Physalaemus biligonigerus* (Anura, Leptodactylidae) from soybean field of Córdoba province, Argentina. *Russian Journal of Herpetology* 14: 1-6.
- Ávila-Blomberg, A. y N. G. Moreno-Díaz. 2008. Distribución de las lenguas indígenas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Ávila-Nájera, D. M., G. D. Mendoza, O. Villareal y R. Serna-Lagunes. Uso y valor cultural de la herpetofauna en México: una revisión de las últimas dos décadas (1997-2017). *Acta Zoológica Mexicana* 34: 1-15.
- Balvanera, P. y H. Cotler. 2009. Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. En: Dirzo, R., R. González y J. I. March (comps). *Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Boege, E. 2008. *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
- Calderón-Mandujano, R. R. 2011. Estrategia para el manejo de anfibios sujetos a uso en México. En: Sánchez, O., P. Zamorano, E. Peters y H. Moya (eds). *Temas sobre conservación de vertebrados silvestres en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres. En: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps). *Capital Natural de México*,

- vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Collard, I. F. y R. A. Foley. 2002. Latitudinal patterns and environmental determinants of recent human cultural diversity: do humans follow biogeographical rules?. *Evolutionary Ecology Research* 4: 371-383.
- Cocks, M. y A. Dold. 2006. Conservation of biocultural diversity: the role of medicinal plants in Xhosa culture. *Journal of Ethnobiology* 26: 60-80.
- Cossío-Bayúgar, A. 2007. Conocimiento y comparación del uso de la fauna silvestre en dos comunidades ejidales del municipio de Hueytamalco, Puebla, México. Tesis de Maestría, Instituto de Ecología A. C., México.
- Dardón-Espadas, R. y Ó. Retana-Guiascón. 2017. Uso medicinal de la fauna silvestre por comunidades mayas, en la región Chenes, Campeche, México. *Etnobiología* 15: 68-83.
- DeÁvila, A. 2008. La diversidad lingüística y el conocimiento etnobiológico. En: Soberón, J., G. Halffter y J. Llorente-Bousquets (comps). *Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- DuRant, S. E., y W. A. Hopkins. 2008. Amphibian predation on larval mosquitoes. *Canadian Journal of Zoology* 86: 1159-1164.
- Enríquez-Vázquez, P., R. Mariaca-Méndez, O. G. Retana-Guiascón y E. J. Naranjo-Piñera. 2006. Uso medicinal de la fauna silvestre en los altos de Chiapas, México. *Interciencia* 31: 491-499.
- Fisher, B., R. K. Turner y P. Morling. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68: 643-653.
- Flores-Hernández, D. 2014. El calate *Charadrahyla taeniopus* (Günther, 1901) recurso alimentario en el municipio de Atzalan, Veracruz. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana.
- Foley, J. A., G. P. Asner, M. H. Costa, M. T. Coe, R. DeFries, H. K. Gibbs, E. A. Howard, S. Olson, J. Paz, N. Ramankutty y P. Snyder. 2007. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5: 25-32.
- Frost, D. R. 2018. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.0. Electronic Disponible en <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html> (verificado 23 de enero de 2018).
- García-Castro, Z. L. 2016. Etnozoología en Santa Cruz Tejalpa, comunidad de la Mixteca Poblana. Tesis de Licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Gibbons, J. W. 2003. Societal values and attitudes: their history and sociological influences on amphibian conservation problems. En: Semlitsch, R. D. (ed.) *Amphibian conservation*. Smithsonian Institute, Washington, D. C., USA.
- Götz, C. M. 2008. Coastal and inland patterns of fauna exploitation in the prehispanic northern Maya lowlands. *Quaternary International* 191: 154-169.
- Gutiérrez-Mayén, M. G. 2000. Anfibios y reptiles del municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Escuela de Biología. Bases de datos SNIB-CONABIO proyecto No. L283. Disponible en goo.gl/ZMZ8VW (verificado el 26 de enero de 2018).
- Hayes T. B., P. Falso, S. Gallipeau y M. Stice. 2010. The cause of global amphibian declines: a developmental endocrinologist's perspective. *Journal of Experimental Biology* 213: 921-933.
- Harmon, D. 1995. The status of the world's languages as reported in the Ethnologue. *Southwest Journal of Linguistics* 14: 1-33.
- Hocking, D. y K. Babbitt. 2014. Amphibian Contributions To Ecosystem Services. *Herpetological Conservation and Biology* 9: 1-17.
- Jacobo-Salcedo, M. del R., A. J. Alonso-Castro y A. Zarate-Martínez. 2011. Folk medicine use of fauna in Mapimi, Durango, Mexico. *Journal of Ethnopharmacology* 133: 902-906.
- Jaroli D. P., M. M. Mahawar y N. Vyas. An ethnozoological study in the adjoining areas of Mount Abu wildlife sanctuary, India. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 6: 1-6.
- Kakati, L. N., B. Ao y V. Doulo. 2006. Indigenous knowledge of zootherapeutic use of vertebrate origin by the Ao tribe of Nagaland. *Journal of Human Ecology* 19: 163-167.
- Kremen, C. 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology?. *Ecology letters* 8: 468-479.
- Lazcano-Barreto, M. A., E. Gongora-Arones y R. C. Vogt. 1992. Anfibios y reptiles de la selva Lacandona. En: Sánchez M. A. y M. Ramos (eds). *Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su Conservación*. El Colegio de la Frontera Sur, México.
- Leyte-Manrique, A., N. Gutiérrez-Álvarez y E. M. Hernández-Navarro. 2016. Percepción cultural de la herpetofauna en tres comunidades rurales del municipio de Irapuato, Guanajuato, México. *Etnobiología* 14: 73-84.
- León-Pérez, J., G. Gómez-Álvarez y S. R. Reyes-Gómez. 2003. Clasificación tradicional de los vertebrados

- terrestres en dos comunidades nahuas de Tlaxcala, México. *Etnobiología* 3: 1-20.
- Luck, G. W., G. C. Daily y P. R. Ehrlich. 2003. Population diversity and ecosystem services. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 331-336.
- Martín-López, B., J. A. González, S. Díaz, I. Castro y M. García-Llorente. 2007. Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas* 16: 69-80.
- Milcu, A. I., J. Hanspach, D. Abson y J. Fischer. 2013. Cultural ecosystem services: a literature review and prospects for future research. *Ecology and Society* 18: 44.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being. A framework for assessment*. Island Press, Washington, D. C., USA.
- Monroy, M. R. y A. García-Flores. 2013. La fauna silvestre con valor de uso en los huertos frutícolas tradicionales de la comunidad Xoxocotla, Morelos. *Etnobiología* 11: 44-52.
- Morales-Mávil, J. E. y J. T. Villa-Cañedo. 1998. Notas sobre el uso de la fauna silvestre en Catemaco, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 73: 127-143.
- Mutoko M. C., L. Hein y C. A. Shisanya. 2015. Tropical forest conservation versus conversion trade-offs: Insights from analysis of ecosystem services provided by Kakamega rainforest in Kenya. *Ecosystem Services* 14: 1-11.
- Naidoo, R. y T. H. Ricketts. 2006. Mapping the economic costs and benefits of conservation. *PLOS Biology* 4: 2153-2164.
- Ochoa-Ochoa, L., M. Correa-Cano, O. Flores-Villela, U. García-Vázquez y L. Canseco-Márquez. 2006. *Bufo marinus* (sapo gigante). Área de distribución potencial. Metadato. Disponible en goo.gl/hYkUUi (verificado el 26 de enero de 2018).
- Ouédraogo, I., B. M. I. Nacoulma, K. Hahn y A. Thiombiano. 2014. Assessing ecosystem services based on indigenous knowledge in south-eastern Burkina Faso (West Africa). *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management* 10: 313-321.
- Parker, P. M. 2011. *The world market for frogs' legs: a 2011 global trade perspective*. Icon Group International, Nevada, USA.
- Parra-Olea, G., O. Flores-Villela y C. Mendoza-Almeralla. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 460-466.
- Pérez, M. y M. E. Marasas. 2013. Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas* 22: 36-43.
- Peltzer, P. M. y R. C. Lajmanovich. 2002. Preliminary studies of food habits of *Lysapsus limellus* (Anura, Pseudidae) in lentic environments on Paraná river, Argentina. *Bulletin de la Société Herpétologique de France* 101: 53-58.
- Pineda, E. y J. Lobo. 2009. Assessing the accuracy of species distribution models to predict amphibian species richness patterns. *Journal of Animal Ecology* 78: 182-190.
- Pocarsi, J. F. 2010. Archeological evidence for dietary use of bigfoot leopard frog (*Lithobates megapoda*) in postclassic and colonial central Mexico. *Culture and Agriculture* 32: 42-48.
- QGIS Development Team, 2017. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponible en <https://qgis.org> (verificado el 26 de enero de 2018).
- Quiroz-Bartolo, I., A. Guillaumin-Tostado y S. del Amo-Rodríguez. 2012. Calates, anfibios que cantan para evitar su desaparición. *La ciencia y el hombre* 25: 8-9.
- Reyna-Rojas, M. A., A. García-Flores, E. E. Neri-Castro, A. Alagón-Cano y R. Monroy-Martínez. 2015. Conocimiento etnoherpetológico de dos comunidades aledañas a la reserva estatal Sierra Montenegro, Morelos, México. *Etnobiología* 13: 37-48.
- Rivera-Herrera, J. E. 2000. Interacción de los pobladores con la fauna de dos UMA de la Mixteca Poblana: Rancho El Salado y Tlalhuayan San Juan de los Ríos, Tesis de Licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Rodríguez-Canseco, J. M., A. Ayón-Escobedo, L. E. López-Rodríguez y E. Huerta-García. Leyendas y usos tradicionales de los anfibios y reptiles. En: Santiago-Pérez, A. L., M. Domínguez-Laso, V. C. Rosas-Espinoza y J. M. Rodríguez-Canseco (eds.). Anfibios y reptiles de las montañas de Jalisco: Sierra de Quila. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Rojas-Martínez, A. E. y C. Moreno. 2014. Los servicios ambientales que generan los mamíferos silvestres. *PADI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías* 3: 10.
- Sánchez-Núñez, E. 2006. Conocimiento tradicional mazahua de la herpetofauna: un estudio etnozoológico en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, México. *Estudios sociales* 28: 45-66.
- Sekercioglu, C. H., G. C. Daily y P. R. Ehrlich. 2004. Ecosystem consequences of bird declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101: 18042-18047.

- SEMARNAT, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059. Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Diario oficial de la federación: Diciembre 2015, D. F.
- Serrano-González, R., F. Guerrero-Martínez y R. Serrano-Velázquez. 2011. Animales medicinales y agoreros entre tzotziles y tojolabales. *Estudios Mesoamericanos* 11: 29-42.
- Stephan, E. y J. Ensástigue. 2001. El ajolote, otro regalo de México al mundo. *Biodiversitas* 35: 7-11.
- Thiombiano A., P. Ouoba y S. Guinko. 2002. Place des Combretaceae dans la société gourmantché à l'est du Burkina Faso. *Etudes Flor Vég* 7: 17-22.
- Thomas C. D., A. Cameron, R. E. Green, M. Bakkenes, L. J. Beaumont, Y. C. Collingham, B. F. N. Erasmus, M. F. de Siqueira, A. Grainger, L. Hannah, L. Hughes, B. Huntley, A. S. van Jaarsveld, G. F. Midgley, L. Miles, M. Ortega-Huerta, A. T. Peterson, O. L. Phillips y S. E. Williams. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427: 145-148.
- Toledo, V. M. 2001. Indigenous peoples and biodiversity. En: Levin S. (ed.) *Encyclopedia of biodiversity*. Academic Press, USA.
- Toledo, V. M., P. Alarcón-Chaires, P. Moguel, M. Olivio, A. Cabrera, E. Leyequien, y A. Rodríguez-Aldabe. 2002. Biodiversidad y pueblos indios en México y Centroamérica. *Biodiversitas* 43: 2-8.
- Toledo, V. M. y M. de J. Ordoñez. 2009. Zonas ecológicas de México. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- UICN. 2018. La lista roja de las especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Versión 2017-3. Disponible en www.iucnredlist.org (verificado 28 de enero de 2018).
- Valencia-Aguilar, A., A. M. Cortés-Gómez y C. A. Ruiz-Agudelo. 2013. Servicios ecosistémicos brindados por los anfibios y reptiles del Neotrópico: una visión general. En: Conservación Internacional Colombia (ed). *Reflexiones sobre el capital natural de Colombia* 2. Capital Natural de Colombia, Colombia.
- Velarde-Ebergenyi, S. y A. Cruz-León. 2015. La fauna silvestre y su relación con el bienestar de tres comunidades de la reserva de la biosfera Sierra de Huautla, Morelos. *Etnobiología* 13: 39-52.
- Velarde-Mendoza, T. 2012. Importancia ecológica y cultural de una especie endémica de ajolote (*Ambystoma dumerilii*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Etnobiología* 10: 40-49.
- Wake, D. B. y V. T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105: 11466-11473.
- Wallace, K. J. 2007. Classification of ecosystem services: problems and solutions. *Biological Conservation* 139: 235-246.
- Weil, A. T. y W. Davis. 1994. *Bufo alvarius*: a potent hallucinogen of animal origin. *Journal of Ethnopharmacology* 41: 1-8.
- Whelan, C. J., D. G. Wenny y R. J. Marquis. Ecosystem services provided by birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 25-60.