

**Artículo original**  
(Original paper)

**DIVERSIDAD TAXONÓMICA DE LAGARTIJAS (SQUAMATA: LACERTILIA) ASOCIADA A CUATRO TIPOS DE VEGETACIÓN DE LA SIERRA EL CUALE, JALISCO, MÉXICO**

**TAXONOMIC DIVERSITY OF LIZARDS (SQUAMATA: LACERTILIA) ASSOCIATED TO FOUR VEGETATION TYPES OF THE SIERRA EL CUALE, JALISCO, MEXICO**

**KAREN ELIZABETH PEÑA-JOYA<sup>1</sup>, JORGE TÉLLEZ-LÓPEZ<sup>2</sup>, FABIÁN ALEJANDRO RODRÍGUEZ-ZARAGOZA<sup>3</sup>, ALMA PAOLA RODRÍGUEZ-TRONCOSO<sup>4</sup>, SANDRA QUIJAS<sup>5</sup>, FABIO GERMÁN CUPUL-MAGAÑA<sup>5\*</sup>**

<sup>1</sup>Programa de Doctorado en Ciencias en Biosistemática, Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México <karen.joya89@gmail.com>

<sup>2</sup>Laboratorio de Ecología, Paisaje y Sociedad, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México <jorgetellezlopez@gmail.com>

<sup>3</sup>Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura, Departamento de Ecología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Camino Ramón Padilla Sánchez No. 2100, C.P. 45110, Nextipac, Zapopan, Jalisco, México <fabianrz@cucba.udg.mx>

<sup>4</sup>Laboratorio de Ecología Marina, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México <pao.rodriguez@gmail.com>

<sup>5</sup>CA Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad 203, Delegación Ixtapa, C.P. 48280, Puerto Vallarta, Jalisco, México <squijas@gmail.com> ; <fabiocupul@gmail.com>

\*Autor de correspondencia: <fabiocupul@gmail.com>

Recibido: 10/01/2018; aceptado: 09/07/2018; publicado en línea: 12/11/2018

Editor responsable: Gustavo Aguirre

**Peña-Joya, K. E., Téllez-López, J., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Rodríguez-Troncoso, A. P., Quijas, S., Cupul-Magaña, F. G.** (2018) Diversidad taxonómica de lagartijas (Squamata: Lacertilia) asociada a cuatro tipos de vegetación de la sierra El Cuale, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 34, 1–12. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412129>

**RESUMEN.** La composición y diversidad de las lagartijas son influenciadas por el tipo de vegetación, debido a que éste determina la estructura física y ambiental de sus hábitats. El objetivo de este estudio fue determinar y analizar la diversidad taxonómica de las lagartijas del área prioritaria de conservación Sierra El Cuale, Jalisco, México, asociada a cuatro tipos de vegetación: bosque tropical subcaducifolio (BT), bosque de encino (BE), bosque de pino-encino (BPE) y bosque de pino (BP). Se realizaron muestreos mensuales entre julio de 2015 y junio de 2016. Se registró una riqueza total de 12 especies en el área de estudio: ocho en BT, nueve en BE, seis en BPE y seis en BP. Las curvas de acumulación de especies mostraron que se requiere más esfuerzo de muestreo para caracterizar en su totalidad a la comunidad de lagartijas. *Anolis nebulosus*, *Sceloporus melanorhinus* y *S. utiformis* se observaron en los cuatro tipos de vegetación, pero *Basiliscus vittatus*, *Gerrhonotus liocephalus* y *Scincella assatus* solo en uno. Un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) identificó dos grupos según la presencia de especies de lagartijas y estaciones del año (lluvias y seca): BPE-BP y BT-BE. La distintividad taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ) y la riqueza de especies fueron altas en la estación lluviosa. Los resultados de este estudio muestran que la riqueza de especies de lagartijas en la Sierra El Cuale está vinculada a la variedad de tipos de vegetación. Por otro lado, el análisis comparativo de la  $\Delta^+$  entre la Sierra El Cuale y las Reservas de la



Biosfera de Chamela-Cuixmala y Manantlán, mostró que la Sierra El Cuale tiene un papel importante en la contribución regional de la diversidad de lagartijas.

**Palabras clave:** distintividad taxonómica promedio, lista de especies, similitud, Puerto Vallarta, reptiles.

**Peña-Joya, K. E., Téllez-López, J., Rodríguez-Zaragoza, F. A., Rodríguez-Troncoso, A. P., Quijas, S., Cupul-Magaña, F. G.** (2018) Taxonomic diversity of lizards (Squamata: Lacertilia) associated to four vegetation types of the sierra El Cuale, Jalisco, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 34, 1–12. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412129>

**ABSTRACT.** The lizard composition and diversity of lizards fauna are influenced by vegetation types, because these determine the physical and environmental structure of their habitats. The aim of this study was to determine and analyze the taxonomic diversity of lizards from Sierra El Cuale conservation priority area in Jalisco, Mexico, associated with four vegetation types: tropical semideciduous forest (BT), oak forest (BE), pine-oak forest (BPE), and pine forest (BP). Monthly sampling was carried out from July 2015 to June 2016. A total richness of 12 species was recorded in the study area: nine species in BE, eight in BT, six in BPE, and six in BP. The species accumulation curves showed that more sampling effort is required to characterize the lizard community as a whole. The species *Anolis nebulosus*, *Sceloporus melanorhinus*, and *S. utiformis* were observed in the four types of vegetation, but *Basiliscus vittatus*, *Gerrhonotus liocephalus*, and *Scincella assatus* only in one each. A nonmetric multidimensional scaling analysis (NMDS) identified two groups according to the presence of lizard species and seasons (rainy and dry): BPE-BP, and BT-BE. The average taxonomic distinctness ( $\Delta^+$ ) and the species richness were high in the rainy season. The results of this study show that the lizard species richness in Sierra El Cuale is linked to vegetation type variety. On the other hand, the comparative analysis of  $\Delta^+$  between Sierra El Cuale and Biosphere Reserves of Chamela-Cuixmala and Manantlán, showed that Sierra El Cuale has an important role in the contribution of regional lizard diversity.

**Key words:** average taxonomic distinctness, species checklist, similarity, Puerto Vallarta, reptiles.

## INTRODUCCIÓN

Las lagartijas son reptiles que se caracterizan por su sensibilidad a los cambios de temperatura y estructura del hábitat, así como por ser relativamente fáciles de observar en ambientes específicos (Smart *et al.*, 2005; Díaz de la Vega-Pérez *et al.*, 2014). La variación en su diversidad es un tema central dentro del estudio de la ecología de comunidades (Cruz-Elizalde *et al.*, 2014), donde la riqueza y composición de especies frecuentemente se asocian con el tipo de vegetación que les provee de microhábitats, sitios de percha y refugio (Huey *et al.*, 1983; Dias & Rocha, 2004; Attum & Eason, 2006). Asimismo, la distancia entre hábitats promueve que su composición y diversidad taxonómica sea distinta, como resultado de la limitada dispersión de estos vertebrados (Cruz-Elizalde & Ramírez-Bautista, 2012; Fernández-López & Lavín-Murcio, 2016; Cruz-Elizalde *et al.*, 2016). Así, algunos trabajos han encontrado que la cercanía entre distintos hábitats favorece una mayor representación de niveles taxonómicos supraespecíficos por el intercambio de especies (Cruz-Elizalde *et al.*, 2014, 2016).

La Sierra El Cuale es un sistema montañoso compartido por los municipios de Puerto Vallarta y Talpa de Allende, Jalisco, en el occidente de México. Se eleva hasta los 2,400 m y presenta nueve tipos de vegetación donde, por su cobertura, sobresalen los bosques tropicales caducifolio y subcaducifolio, pino-encino, encino, pino y mesófilo. Por su riqueza de especies, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) la considera como región prioritaria para la conservación por su



potencial aporte a la biodiversidad, mantenimiento de procesos ecológicos, regulación del microclima, regulación de la cantidad y calidad de agua, entre otros (Cruz-Romero *et al.*, 2013).

A pesar de la anterior afirmación, aún se desconocen aspectos sobre la variación de la estructura de los ensamblajes biológicos asociados al ecosistema Sierra El Cuale, en especial sobre el ensamble de lagartijas, cuyo estudio puede aportar elementos para intentar evaluar el impacto de su conservación o los efectos adversos de no hacerlo. Es así que en este trabajo se registran los cambios espaciales y temporales de la diversidad taxonómica de lagartijas en cuatro tipos de vegetación y dos estaciones climáticas (lluvias y seca) de la Sierra El Cuale. Además, se realizó un análisis comparativo de distintividad taxonómica promedio a nivel regional, contra las Reservas de la Biosfera de Chamela-Cuixmala y Sierra de Manantlán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se llevaron a cabo mensualmente de julio de 2015 a junio de 2016 en cuatro sitios dentro de la Sierra El Cuale, Jalisco, con distinto tipo de vegetación y altitud (expresada en promedio para cada sitio): bosque tropical subcaducifolio (BT), 20°34'14.40" N-105°11'55.50" O, altitud 218 m; bosque de encino (BE), 20°32'46.9" N-105°6'46.61" O, altitud 959 m; bosque de pino-encino (BPE), 20°30'40.99" N-105°5'41.74" O, altitud 1,320 m; y bosque de pino (BP), 20°30'28.35" N-105°4'56.28" O, altitud 1,509 m (Fig.1).

En la Sierra El Cuale el clima es cálido subhúmedo (Aw) en los valles y llanuras, semicálido subhúmedo (ACw) en las partes bajas y templado (Cw) en las altas. Se presentan dos estaciones al año: lluvias, de mayo a octubre, y seca, de noviembre a abril (INEGI, 2000).

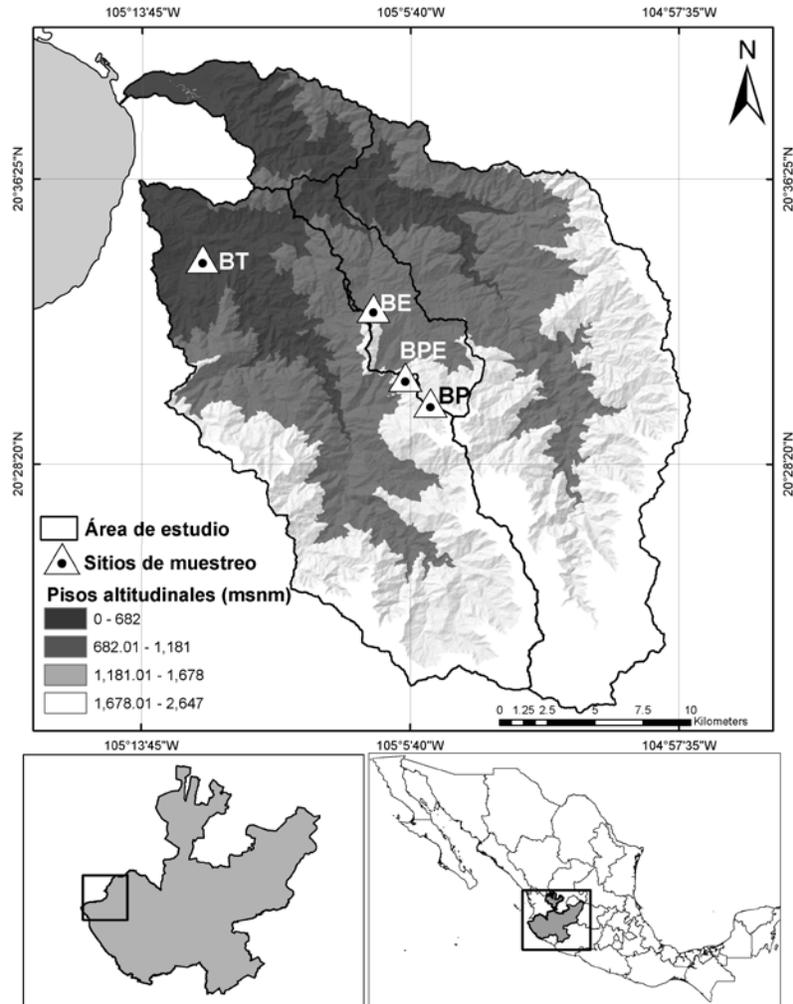
Para registrar las especies de lagartijas y su abundancia, en cada sitio se realizaron búsquedas visuales en transectos de banda por triplicado de 500 m de largo por 6 m de ancho (Lloyd *et al.*, 1968). Las lagartijas se identificaron a nivel de especie con el apoyo de los trabajos de Ramírez-Bautista (1994), Flores-Villela *et al.* (1995) y García & Ceballos (1995).

El esfuerzo de muestreo y la riqueza esperada de especies por sitio, se evaluó con rarefacciones basadas en muestras y los estimadores no paramétricos Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2 (Moreno, 2001). Por su parte, la rareza de especies se determinó con base en las especies únicas y duplicadas de cada sitio de muestreo (Colwell, 2013). Los cálculos se realizaron con el programa EstimateS V 9.1.0@ (Colwell, 2013).

Para analizar si la variación del ensamble de lagartijas de la Sierra El Cuale responde al tipo de vegetación y estación del año por sitio, se utilizó un análisis de varianza multivariado basado en permutaciones (PERMANOVA) con dos factores cruzados (estaciones y tipos de vegetación) con efectos fijos (modelo tipo I). Este análisis se realizó con base en una matriz de similitud de Sorensen construida con los datos de presencia y ausencia de lagartijas. La significancia estadística se probó con 10,000 permutaciones y un valor de significancia de  $p \leq 0.05$  (Anderson, 2005). Por otro lado, se aplicó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), a partir de una matriz de similitud de Sorensen, para visualizar las relaciones de similitud de especies entre los tipos de vegetación a través de los periodos climáticos (Clarke & Gorley, 2006).

El grado en que las especies de lagartijas se relacionan taxonómicamente por sitio y estación, se estimó con el índice de distintividad taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ) (Clarke & Warwick, 1999). Para ello, se construyó una matriz de agregación con seis niveles taxonómicos (phylum, orden, suborden, familia, género y especie) relacionada con los datos de presencia y ausencia de las especies. Los niveles

taxonómicos fueron ponderados siguiendo los criterios de Clarke & Gorley (2006), donde las especies dentro del mismo género tienen un peso de  $w_1$ , especies dentro de la misma familia pero en diferente género tienen un peso de  $w_2$ , especies dentro del mismo orden pero en diferente familia tienen un peso de  $w_3$  y así sucesivamente. Además, con base en 1,000 iteraciones aleatorias sin remplazo, se calcularon valores promedio e intervalos de confianza superior e inferior al 95% de certeza para la  $\Delta^+$ .



**Figura 1.** Demarcación de la Sierra El Cuale en el estado de Jalisco, México. Localización de los cuatro sitios de muestreo (triángulos con puntos): 1 = bosque tropical subcaducifolio (BT), 2 = bosque de encino (BE), 3 = bosque de pino-encino (BPE) y 4 = bosque de pino (BP).

Asimismo, se realizó una comparación de la distintividad taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ) y su variación ( $\Lambda^+$ ) de las lagartijas a nivel regional entre la Sierra El Cuale con las Reservas de la Biosfera de Chamela-Cuixmala, en la costa sur Jalisco, y Sierra de Manantlán, a 50 km de la costa de Pacífico y localizada en el sureste de Jalisco y noroeste de Colima. Chamela-Cuixmala tiene una amplitud altitudinal entre los 20 a 500 m y vegetación predominante de bosque tropical caducifolio y subcaducifolio (Domínguez-Castellanos *et al.*, 2007); mientras que en Manantlán la altitud varía entre los 500 a 2,400 m, con vegetación de bosque tropical caducifolio, pino, encino y pino-encino (Oliveros-Jiménez, 2016). Para el análisis regional se construyó un modelo de  $\Delta^+$  con una nueva matriz de agregación taxonómica que consideró a todas las especies de lagartijas presentes en las tres áreas (Clarke & Gorley, 2006). Las listas



de especies para las dos Reservas (Cuadro 1) se obtuvieron de los trabajos de Suazo-Ortuño *et al.* (2008) y Oliveros-Jiménez (2016).

**Cuadro 1.** Lista de especies de lagartijas, ordenadas alfabéticamente, registradas en este trabajo para la Sierra El Cuale, así como para las Reservas de Chamela-Cuixmala (ChC) (Suazo-Ortuño *et al.*, 2008) y Sierra de Manantlán (Man) (Oliveros-Jiménez, 2016). \* = nombre válido para la especie (Meza-Lázaro & Nieto-Montes De Oca, 2015).

Especies	Cuale	ChC	Man
<i>Anolis nebulosus</i>	x	x	x
<i>Aspidoscelis communis</i>	x	x	x
<i>Aspidoscelis deppii</i>			x
<i>Aspidoscelis lineattissimus</i>	x	x	x
<i>Aspidoscelis sacki</i>			x
<i>Barisia imbricata</i>			x
<i>Coleonyx elegans</i>		x	
<i>Ctenosaura pectinana</i>	x	x	x
<i>Elgaria kingii</i>			x
<i>Gerrhonotus liocephalus</i>	x	x	x
<i>Heloderma horridum</i>		x	
<i>Holcosus sinister*</i>	x	x	x
<i>Iguana iguana</i>	x	x	x
<i>Marisora brachypoda</i>		x	x
<i>Marisora unimarginata</i>			x
<i>Phrynosoma asio</i>		x	
<i>Phyllodactylus davisi</i>			x
<i>Phyllodactylus lanei</i>		x	x
<i>Plestiodon brevirostris</i>			x
<i>Plestiodon colimensis</i>			x
<i>Plestiodon parvalus</i>	x	x	x
<i>Sceloporus bulleri</i>	x		x
<i>Sceloporus grammicus</i>			x
<i>Sceloporus horridus</i>		x	x
<i>Sceloporus melanorhinus</i>	x	x	x
<i>Sceloporus pyrocephalus</i>			x
<i>Sceloporus scalaris</i>			x
<i>Sceloporus siniferus</i>			x
<i>Sceloporus utiformis</i>	x	x	x
<i>Scincella assatus</i>	x	x	x
<i>Urosaurus bicarinatus</i>		x	x
Número de especies	12	18	28
Número de géneros	9	14	14
Números de familias	6	9	7

Los cálculos y análisis de NMDS, PERMANOVA y distintividad taxonómica se realizaron con el paquete PRIMER v6 + PERMANOVA® (Clarke & Gorley, 2006; Anderson *et al.*, 2008).

## RESULTADOS

Se obtuvo una riqueza total de 12 especies de lagartijas dentro de siete familias. Siete especies son endémicas del país (Chávez-Avila *et al.*, 2015) y, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), tres se encuentran sujetas a protección especial y una amenazada (Cuadro 2). La

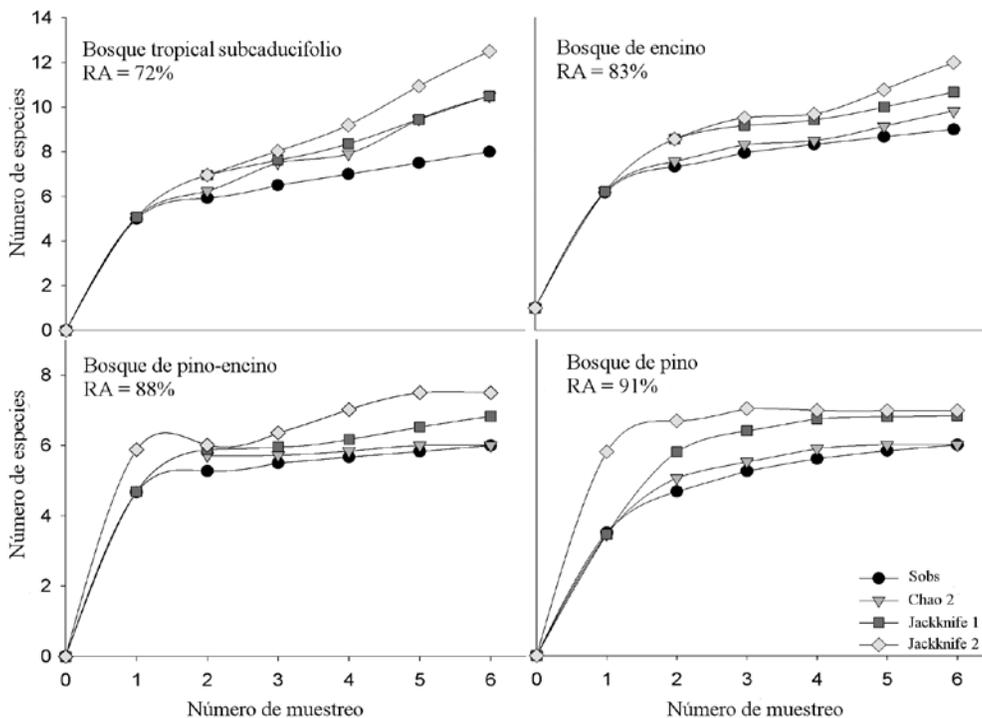
riqueza de especies fue mayor en el BE con nueve especies, seguida con ocho en el BT, así como de seis en el BPE y el BP. Por otra parte, todas las especies se registraron en la estación de lluvias y únicamente ocho en la estación seca. Las especies *Anolis nebulosus*, *Sceloporus melanorhinus* y *S. utiformis* se observaron en todos los tipos de vegetación. En cambio, *Basiliscus vittatus*, *Gerrhonotus liocephalus* y *Scincella assatus* se registraron sólo en BT, BPE y BE, respectivamente. De las seis especies restantes, cuatro ocurrieron en dos tipos de vegetación y dos en tres tipos (Cuadro 2). Las curvas de acumulación de especies (rarefacciones basadas en muestras) en cada tipo de vegetación, evidenciaron una representatividad del esfuerzo de muestreo entre el 72% y 91%, donde BP presentó la mayor riqueza esperada y BT la más baja (Fig. 2).

**Cuadro 2.** Especies de lagartijas registradas en los cuatro tipos de vegetación y por estación del año en la Sierra El Cuale. BT= bosque tropical subcaducifolio, BE= bosque de encino, BPE= bosque de pino-encino, BP= bosque de pino, Ll= lluvias y Se=secas. \* = Endémica, + = Sujeta a protección especial y x = Amenazada (SEMARNAT, 2010; Chávez-Avila *et al.*, 2015).

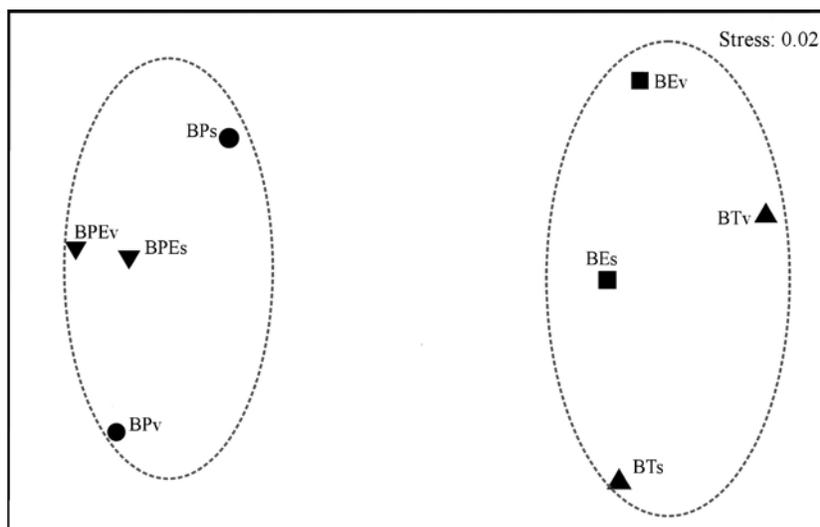
Familia	Especie	Tipos de vegetación				Estación	
		BT	BE	BPE	BP	Ll	Se
Anguidae	<i>Gerrhonotus liocephalus</i> <sup>+</sup>			x		x	
Corytophanidae	<i>Basiliscus vittatus</i>	x				x	
Dactyloidae	<i>Anolis nebulosus</i> *	x	x	x	x	x	x
Iguanidae	<i>Ctenosaura pectinata</i> * <sup>x</sup>	x	x			x	
Phrynosomatidae	<i>Sceloporus bulleri</i> *			x	x	x	x
	<i>Sceloporus melanorhinus</i>	x	x	x	x	x	x
	<i>Sceloporus utiformis</i> *	x	x	x	x	x	x
Scincidae	<i>Plestiodon parvulus</i> *		x	x	x	x	x
	<i>Scincella assatus</i>		x			x	
Teiidae	<i>Aspidoscelis communis</i> * <sup>+</sup>	x	x		x	x	x
	<i>Aspidoscelis lineattissimus</i> * <sup>+</sup>	x	x			x	x
	<i>Holcosus sinister</i>	x	x			x	x
Riqueza taxonómica							
Número de especies		8	9	6	6	12	8
Número de géneros		6	7	4	4	9	5
Número de familias		5	5	4	4	8	4

En los análisis de similitud de especies, los resultados del PERMANOVA mostraron que existen diferencias significativas entre la composición de especies de lagartijas por los tipos de vegetación ( $p < 0.0001$ ), pero no se presentaron diferencias entre estaciones climáticas ( $p = 0.2636$ ), ni entre la interacción de los tipos de vegetación con las estaciones climáticas ( $p = 0.255$ ). Las pruebas pareadas no mostraron diferencias significativas en la composición de especies entre BPE y BP ( $p = 0.406$ ), así como BT y BE ( $p = 0.052$ ); pero sí entre BT y BPE ( $p = 0.001$ ), BT y BP ( $p = 0.002$ ), BE y BPE ( $p = 0.002$ ) y BE y BP ( $p = 0.001$ ). Por su parte, el análisis NMDS, con un valor de “stress” de 0.02, permitió identificar dos grupos: uno formado por BPE y BP y, el otro, por BT y BE (Fig. 3).

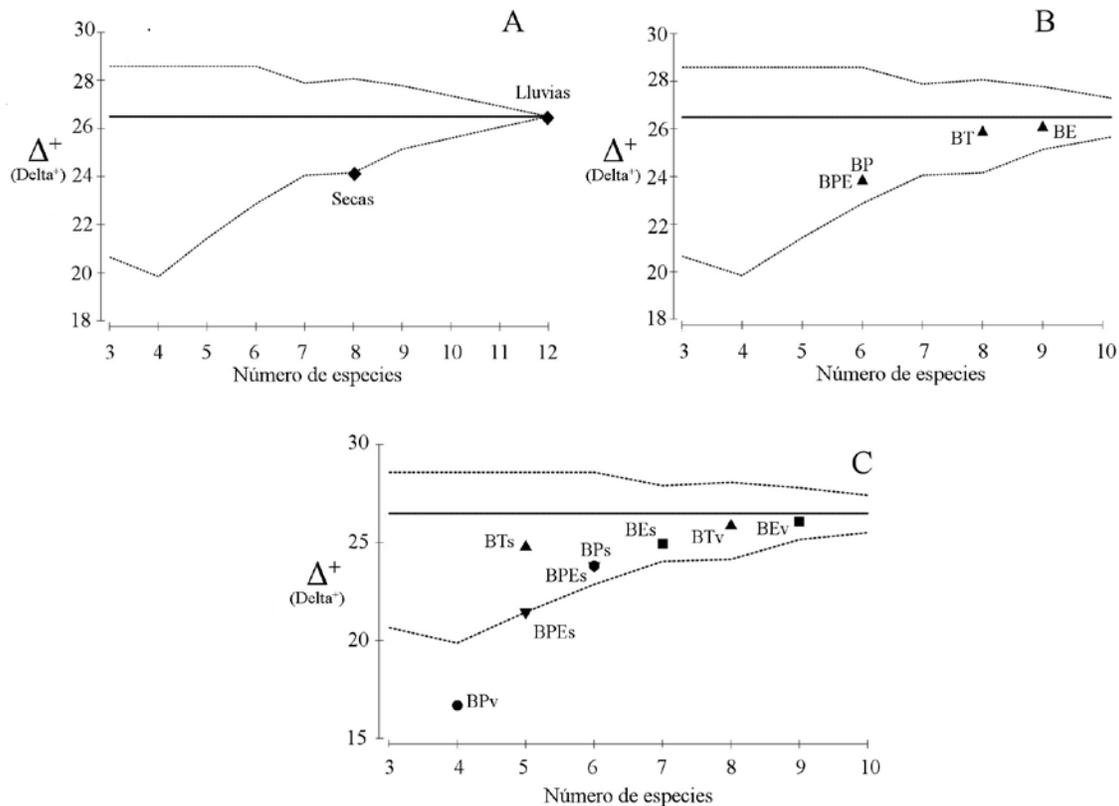
Por estaciones del año, el valor de distintividad taxonómica promedio fue mayor para lluvias ( $\Delta^+ = 26.5$ ), donde se contabilizó la mayor riqueza de especies (12), próximo a la media esperada  $\Delta^+ = 26.5$ . Los valores para lluvias y seca se mantuvieron dentro de los intervalos de confianza ( $p > 0.05$ ) (Fig. 4A). Para los tipos de vegetación, el valor de  $\Delta^+$  fue de 26.1 para BE y de  $\Delta^+ = 25.9$  para BT. En ambos tipos de vegetación, además de registrarse los mayores valores de  $\Delta^+$  y próximos a la media esperada, se contabilizó el mayor número de especies, con nueve y ocho, respectivamente. Para BPE y BP, donde se registró la menor riqueza de especies (6), se calcularon valores de  $\Delta^+$  de 23.8 que estuvieron por debajo de la media esperada. Los valores de  $\Delta^+$  se observaron dentro de los intervalos de confianza para todos los tipos de vegetación ( $p > 0.05$ ) (Fig. 4B).



**Figura 2.** Curvas de acumulación de especies y valores de riqueza acumulada (RA) para los cuatro tipos de vegetación de la Sierra El Cuale, Jalisco. Sobs = riqueza observada.



**Figura 3.** Gráfico del análisis multidimensional no métrico (NMDS) de la composición de especies de lagartijas para los cuatro tipos de vegetación y dos estaciones del año en la Sierra El Cuale, Jalisco. Simbología: Bosque tropical subcaducifolio lluvias (BTv) y seca (BTs), cuadrado = bosque de encino lluvias (BEv) y seca (BEs), triángulo inverso = bosque de pino-encino lluvias (BPEv) y seca (BPEs) y círculo = bosque de pino lluvia (BPv) y seca (BPs).



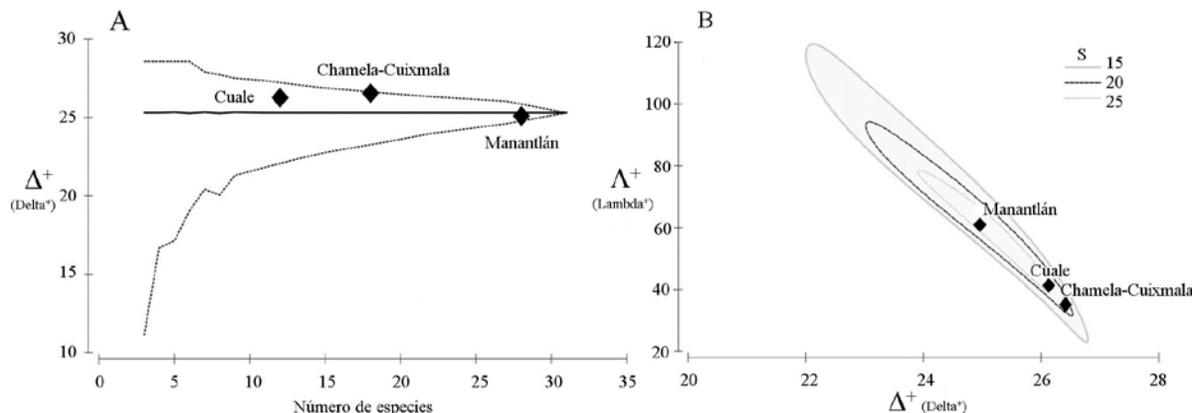
**Figura 4.** Distribución simulada de la distintividad taxonómica promedio  $\Delta^+$  (línea discontinua) e intervalos de confianza del 95% (línea continua) para las especies de lagartijas de la Sierra El Cuale. A) Análisis temporal; B) Análisis espacial; C) Análisis espacio-temporal. Simbología Figura 4C: triángulo = Bosque tropical subcaducifolio lluvias (BTv) y seca (BTs), cuadrado = bosque de encino lluvias (BEv) y seca (BEs), triángulo inverso = bosque de pino-encino lluvias (BPEv) y seca (BPEs) y círculo = bosque de pino lluvias (BPv) y seca (BPs).

La distintividad taxonómica promedio entre los tipos de vegetación a través de las estaciones del año fue más alta durante la estación de lluvias en BE ( $\Delta^+ = 26.1$ ) y BT ( $\Delta^+ = 25.9$ ), mientras que en la estación seca fue más baja con  $\Delta^+ = 24.9$  y  $\Delta^+ = 24.8$ , respectivamente. Los valores de  $\Delta^+$ , tanto en BE como en BT, se observaron próximos al valor de la media esperada ( $\Delta^+ = 26.5$ ) y dentro del canal de probabilidad ( $p > 0.05$ ) (Fig. 4C). El BPE presentó una  $\Delta^+$  mayor en lluvias ( $\Delta^+ = 23.8$ ) y menor en seca ( $\Delta^+ = 21.4$ ). Para BP, el valor de  $\Delta^+$  fue mayor en seca ( $\Delta^+ = 23.8$ ) y menor en lluvias ( $\Delta^+ = 16.7$ ). El BPE y BP presentaron valores de  $\Delta^+$  distantes de la media esperada y, salvo para la estación de lluvias en BP donde el valor se ubicó fuera del canal de probabilidad ( $p \leq 0.05$ ), el resto se observó dentro ( $p > 0.05$ ) (Fig. 4C).

Los valores de distintividad taxonómica a nivel regional, en orden descendente, entre Chamela-Cuixmala, Sierra del Cuale y Manantlán fueron de  $\Delta^+$  igual a 26.6, 26.3 y 25.1, respectivamente. El valor de distintividad taxonómica para Manantlán fue el único que se ubicó por debajo de la media regional esperada ( $\Delta^+ = 25.1$ ). Los valores para las tres regiones se ubicaron dentro del canal de probabilidad ( $p > 0.05$ ) (Fig. 5A). En cuanto a riqueza de especies de lagartijas, en Manantlán se contabilizaron 28 especies, 18 en Chamela-Cuixmala y 12 en este estudio dentro de la Sierra El Cuale. Por su parte, la mayor variación de la  $\Delta^+$  en Manantlán ( $\Delta^+ = 61.0$ ) indicó poca uniformidad en el arreglo taxonómico, lo que representa una cantidad importante de especies con diferentes categorías de agregación taxonómica.



En cambio, se estimó menor variación en la Sierra El Cuale ( $\Lambda^+ = 41.4$ ) y Chamela-Cuixmala ( $\Lambda^+ = 35.2$ ), lo que manifiesta un arreglo taxonómico con más uniformidad. El valor de la variación de la distinción taxonómica para Manantlán fue el único por arriba del valor de la variación media-regional esperada ( $\Lambda^+ = 60.0$ ) (Fig. 5B).



**Figura 5.** Distintividad taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ) simulada de la lista de especies de lagartijas (A) y la relación entre la distinción taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ) y su variación ( $\Lambda^+$ ) (B), para la Sierra El Cuale y las Reservas de la Biosfera de Chamela-Cuixmala y Sierra de Manantlán. En la figura 5B la S representa las líneas de la riqueza de especies en el modelo.

## DISCUSIÓN

El trabajo registró por primera vez 12 especies de lagartijas para la Sierra El Cuale, dentro de cuatro de los nueve tipos de vegetación presentes en el área. Se observó que la riqueza de especies en su conjunto para la zona (o riqueza regional), fue resultado de la contribución individual de cada tipo de vegetación (o riqueza local). En términos de conservación, la desaparición de alguno o varios tipos de vegetación, como por ejemplo BE y BPE, traería como consecuencia la disminución potencial en cinco especies, una de ellas sujeta a protección especial, de la riqueza regional de la Sierra El Cuale (ver Cuadro 2).

La heterogeneidad de especies de lagartijas por tipo de vegetación, significativamente diferente, puede deberse a la especificidad de uso que brindan sus hábitats disponibles (Pianka 1967; Tews *et al.*, 2004) o a factores ambientales como temperatura o altitud (Lara-Reséndiz *et al.*, 2014). Aunque no disponemos de datos de comportamiento, alimentación o ambientales confiables para establecer las relaciones entre la riqueza de lagartijas y tipo de vegetación, la frecuencia de registro de una especie en uno o más hábitats puede aportar información sobre si sus requerimientos son generalistas o especialistas (Martín-Regalado *et al.*, 2011); así, para la Sierra El Cuale, se podrían considerar a *B. vitattus*, *G. liocephalus* y *S. assatus* como especialistas por registrarse en un tipo de vegetación y a *A. nebulosus*, *S. melanorhinus* y *S. utiformis* como generalistas por su presencia en todos los ambientes.

Aunque en otros estudios de reptiles, la mayor riqueza de especies se registra en la temporada de lluvias, cuando el recurso alimenticio es más abundante que en la estación seca (Garza-Castro *et al.*, 2006; Vite-Silva *et al.*, 2010), en este trabajo no fue posible establecer diferencias significativas entre ambas estaciones. En este caso, ciertas especies de lagartijas adoptan estrategias según la estación, que consisten en el aumento y disminución de las actividades de forrajeo, de comportamiento territorial y de desplazamiento (García *et al.*, 2010).

Por su parte, la riqueza observada de lagartijas por tipo de vegetación, según los estimadores Chao 2, Jackknife 1 y Jackknife 2, está por debajo de la esperada entre una y cuatro especies. El trabajo de Chávez-Avila *et al.* (2015) proporciona información sobre la posible identidad de las especies de lagartijas restantes, a través de modelos de patrones de abundancia y distribución. De acuerdo con estos autores, las especies restantes que potencialmente se pueden observar en la Sierra El Cuale son: *Aspidoscelis deppei*, *Heloderma horridum* y *S. heterolepis*.

La diferenciación en los tipos de vegetación que se determinó con el análisis PERMANOVA y se observó en el NMDS, tal vez responde a la presencia de especies de lagartijas que hacen uso exclusivo de uno u otro grupo formado. De esta forma, se tienen a *C. pectinata*, *A. communis* y *A. lineatissimus* en el grupo BT y BE, mientras que *S. bulleri* se presentó exclusivamente en el grupo BPE y BP. Esta distribución diferenciada en las especies, puede estar relacionada con su capacidad de adaptación y dispersión, así como con la disponibilidad de recursos en los distintos tipos de vegetación (Chávez-Avila *et al.*, 2015).

La distintividad taxonómica promedio ( $\Delta^+$ ) fue mayor en la estación de lluvias por la presencia de más niveles taxonómicos con respecto a la seca. Para BT, BE y BPE se registraron dos géneros y dos familias más en lluvias que en seca. Solo BP tuvo dos familias y dos géneros más en la estación seca en relación con la de lluvias. Por tipo de vegetación, los mayores valores se observaron en BT y BE, ya que las especies correspondieron a diferentes géneros y familias; en cambio, BPE y BP, donde la  $\Delta^+$  fue menor, la variedad de grupos taxonómicos fue pobre. Es decir, la riqueza taxonómica de la Sierra El Cuale (riqueza regional) depende del aporte individual de cada tipo de vegetación en las distintas estaciones del año (riqueza local).

En el estudio comparativo exploratorio entre la Sierra El Cuale y las Reservas de la Biosfera de Chamela-Cuixmala y Manantlán, las dos primeras presentaron un arreglo taxonómico más uniforme que la tercera. Es posible que la mayor o menor uniformidad registrada para los tres sitios, esté relacionada con la presencia de ambientes tropicales en El Cuale y Chamela Cuixamala, así como de bosques templados en Manantlán. Los ambientes tropicales han tenido más tiempo para diversificarse a diferencia de los templados, donde el tiempo de diversificación de las especies ha sido menor (Wiens & Donoghue, 2004). Asimismo, este resultado reconoce la importancia regional de la Sierra El Cuale en la diversidad de lagartijas de la región centro occidente de la costa del Pacífico.

**AGRADECIMIENTOS.** El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) el otorgamiento de la beca de manutención No. 361441. Al comité editorial y a los revisores anónimos por sus comentarios significativos.

## LITERATURA CITADA

- Anderson, M. J.** (2005) *PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance*. University of Auckland, New Zealand.
- Anderson, M. J., Gorley, N. R., Clarke, K. R.** (2008) *PERMANOVA + for PRIMER: Guide to software and Statistical Methods*. PRIMER-E. Plymouth, United Kingdom.
- Attum, O., Eason, P.** (2006) Effects of vegetation loss on a sand dune lizard. *Journal of Wildlife Management*, 70, 27–39.
- Chávez-Avila, S. M., Casas-Andreu, G., García-Aguayo, A., Cifuentes-Lemus, J. L., Cupul-Magaña, F. G.** (2015) *Anfibios y reptiles del estado de Jalisco: análisis espacial, distribución y conservación*. Universidad de Guadalajara, México.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N.** (2006) *PRIMER v6. User manual/ tutorial*. PRIMER-E. Plymouth, United Kingdom.



- Clarke, K. R., Warwick, R. M.** (1999) The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels. *Marine Ecology Progress Series*, 184, 21–29.
- Colwell, R. K.** (2013) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. User's Guide and application. Disponible en: <http://purl.oclc.org/estimates> (Consultado el 10 de julio de 2017).
- Cruz-Elizalde, R., Ramírez-Bautista, A.** (2012) Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo. México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(2), 458–467.
- Cruz-Elizalde, R., Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U.** (2016) Riqueza, similitud y diversidad taxonómica de los anfibios y reptiles del Valle de México. Pp. 329–346. In: M.G. Gutiérrez-Mayén, A. Ramírez-Bautista and E. Pineda-Arredondo (Eds.). *Ecología y conservación de anfibios y reptiles de México*. Sociedad Herpetológica Mexicana A.C., México.
- Cruz-Elizalde, R., Ramírez-Bautista, A., Johnson, J. D., Moreno, C. E.** (2014) Community structure of reptiles from the southern portion of the Chihuahuan Desert Region, Mexico. *North-Western Journal of Zoology*, 10(1), 173–182.
- Cruz-Romero, B., Delgado-Quintana, J. A., Téllez-López, J., Carrillo González, F. M.** (2013) Análisis socioeconómico de la cuenca del río Cuale, Jalisco, México: una contribución para la declaración del área natural protegida Reserva de la Biosfera El Cuale. *Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social, OIDLÉS*, 7(14). Disponible en: [eumed.net/rev/oidles/14/rio\\_cuale.html](http://eumed.net/rev/oidles/14/rio_cuale.html) (Consultado el 5 de agosto de 2017).
- Dias, E. J. R., Rocha, C. F. D.** (2004) Thermal ecology, activity patterns, and microhabitat use by two sympatric whiptail lizards (*Cnemidophorus abaetensis* and *Cnemidophorus ocellifer*) from northeastern Brazil. *Journal of Herpetology*, 38, 586–588.
- Díaz de la Vega-Pérez, A. H., Lara-Reséndiz, R. A., Méndez-de la Cruz, F. R.** (2014) Comportamiento de lagartijas: termorregulación y antidepredación. Pp. 239–250. In: M. Martínez-Gómez, R. A. Lucio and J. Rodríguez-Antolín (Eds.). *Biología del comportamiento: aportaciones desde la fisiología*. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.
- Domínguez-Castellanos, Y., Pimentel L., F., Ceballos, G.** (2007) Uso de hábitat de roedores arborícolas en la selva seca de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 11, 21–40.
- Fernández-López, A., Lavín-Murcio, P. A.** (2016) Riqueza y diversidad de anfibios y reptiles en un gradiente altitudinal en la Sierra de Juárez, Chihuahua, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 32(3), 230–239.
- Flores-Villela, O. A., Mendoza-Quijano, F., González-Portes, G.** (1995) Recopilación de claves para la determinación de anfibios y reptiles de México. *Publicaciones Especiales del Museo de Zoología*, 10, 1–285.
- García, A., Ceballos, G.** (1994) *Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México / Field guide to the reptiles and amphibians of the Jalisco coast, Mexico*. Fundación Ecológica de Cuixmala - Instituto de Biología, UNAM, Mexico.
- García, A., Valtierra-Azotla, M., Lister, B. C.** (2010) Behavioral responses to seasonality by two Sceloporine lizard species from a tropical dry forest. *Animal Biology*, 60(1), 97–113.
- Garza-Castro, J. M., Carmona-Torres, F. H., González-Hernández, A. J.** (2006) Anfibios y reptiles del ejido San Juan Raya, Municipio de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Pp. 170–179. In: A. Ramírez Bautista, L. Canseco-Márquez and F. Mendoza Quijano (Eds.). *Inventarios herpetofaunísticos de México: avances en el conocimiento de su biodiversidad 3*. Publicaciones de la Sociedad Herpetológica Mexicana, México.
- Huey, R. B., Pianka, E. R., Schoener, T. W.** (1983) *Lizard ecology: studies of a model organism*. Harvard University Press, Cambridge.
- INEGI.** (2000) Climas. Cartas: F13C59, F13C68, F13C69, F13D61, F13C78, F13C79, F13D71. Ordenamiento Ecológico del Estado de Jalisco 2000. México.
- Lara-Reséndiz, R. A., Larraín-Barrios, B. C., Díaz de la Vega-Pérez, A. H., Méndez-De la Cruz, F. R.** (2014) Calidad térmica a través de un gradiente altitudinal para una comunidad de lagartijas en

- la sierra del Ajusco y el Pedregal de San Ángel, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(3), 885–897.
- Lloyd, M., Inger, R. F., King, F. W.** (1968) On the diversity of reptile and amphibian species in a Bornean rain forest. *The American Naturalist*, 102, 497–515.
- Martín-Regalado, C. N., Gómez-Ugalde, R. M., Cisneros-Palacios, M. E.** (2011) Herpetofauna del Cerro Guiengola, Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 27(2), 359–376.
- Moreno, C. E.** (2001) *Métodos para medir la biodiversidad, volumen 1*. M&T-Manuales y Tesis SEA, España.
- Oliveros-Jiménez, J. E.** (2016) *Estructura de la comunidad de lagartijas a través de un gradiente altitudinal en Cerro Grande, Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Colima*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pianka, E. R.** (1967) On lizards species diversity: North American flatland deserts. *Ecology*, 48, 333–351.
- Ramírez-Bautista, A.** (1994) *Manual y claves ilustradas de los anfibios y reptiles de la región de Chamela, Jalisco, México. Cuadernos 23*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)** (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación.
- Smart, R., Whiting, M. J., Twine, W.** (2005) Lizards and landscapes: integrating field surveys and interviews to assess the impact of human disturbance on lizard assemblages and selected reptiles in a savanna in South Africa. *Biological Conservation*, 122(1), 23–31.
- Suazo-Ortuño, I., Alvarado-Díaz, J., Martínez-Ramos, M.** (2008) Effects of conversion of dry tropical forest to agricultural mosaic on herpetofaunal assemblages. *Conservation Biology*, 22(2), 362–374.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M., Jeltsch, F.** (2004) Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography*, 31(1), 79–92.
- Vite-Silva, V. D., Ramírez-Bautista, A., Hernández-Salinas, U.** (2010) Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(2), 473–485.
- Wiens, J. J., Donoghue, M. J.** (2004) Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(12), 639–644.