

# Diversidad herpetofaunística y uso de microhábitat en dos tipos de vegetación en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato, México

Herpetofauna diversity and microhabitat use in two types of vegetation in the Sierra Gorda de Guanajuato Biosphere Reserve, Mexico

V. Uriel Mora-Macías<sup>1</sup>, Juan Gualberto Colli-Mull<sup>1</sup>, Raúl Hernández-Árciga<sup>2</sup>,  
Laura Alfonsina Chang-Martínez<sup>3,4</sup>, Juan Felipe Charre-Medellín<sup>5,6</sup>, Margarito Álvarez-Jara<sup>4\*</sup>

- Recibido: 16/Jun/2022
- Aceptado: 17/Jul/2023
- Publicación en línea: 16/Oct/2023

**Citación:** Mora-Macías VU, Colli-Mull JG, Hernández-Árciga R, Chang-Martínez LA, Charre-Medellín JF, Álvarez-Jara M. 2024. Diversidad herpetofaunística y uso de microhábitat en dos tipos de vegetación en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato, México. *Caldasia* 46(1):179-193. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v46n1.102631>

## RESUMEN

La herpetofauna está estrechamente relacionada con su ambiente y estudiar cómo ocurre esta relación es fundamental para desarrollar planes efectivos para su conservación, considerando que es un grupo indicador de la salud de los ecosistemas y de gran riqueza particularmente en México, pero fuertemente amenazado. Se evaluó la diversidad, composición, solapamiento y amplitud de nicho respecto al uso de microhábitat en dos tipos de vegetación: bosque de pino-encino (BPE) y bosque tropical caducifolio (BTC) en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato (RBSGG), ubicada en la región de mayor conservación biológica del estado. Durante un año se muestrearon transectos diurnos y nocturnos de 300 m de longitud. Se registraron 36 especies, de las cuales el 80,55 % se encuentra en alguna categoría de riesgo. Se estimó una mayor diversidad con los números de Hill en BPE y la similitud entre comunidades fue baja. La amplitud de nicho por especie fue baja y el solapamiento entre pares fue más heterogéneo. Este es de los primeros trabajos herpetológicos que emplean la extrapolación de los tres primeros números de Hill para comparar comunidades entre tipos de vegetación en México, así como el primero con enfoque ecológico para la RBSGG. Los resultados podrán servir como base para la conservación y manejo de la herpetofauna regional.

**Palabras clave:** bosque de pino encino, bosque tropical caducifolio, diversidad beta, modelo nulo, números de Hill.

- <sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Licenciatura en Biología, Carretera Irapuato-Silao km 12.5, El Copal, 36821, Irapuato, Guanajuato, México, [vurielmora@gmail.com](mailto:vurielmora@gmail.com), [juan.cm@irapuato.tecnm.mx](mailto:juan.cm@irapuato.tecnm.mx)
  - <sup>2</sup> Herpetario de la Sierra Gorda, Guerrero 19, Mineral de Pozos, 37910, San Luis de la Paz Guanajuato, México, [raulnefrey@hotmail.com](mailto:raulnefrey@hotmail.com)
  - <sup>3</sup> Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Edificio "R", Ciudad Universitaria. Francisco J. Mújica S/N 58030, Col. Felicitas del Río, Morelia, Michoacán, México. [laura.chang@umich.mx](mailto:laura.chang@umich.mx)
  - <sup>4</sup> Ingeniería Forestal Comunitaria, Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, Carretera a Huecorio Km. 3, 61614, Huecorio, Pátzcuaro, Michoacán, México, [alvarez\\_jara\\_m@hotmail.com](mailto:alvarez_jara_m@hotmail.com)
  - <sup>5</sup> Escuela Nacional de Estudios Superiores, unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Antigua Carretera a Pátzcuaro 8701, Indeco la Huerta, 58190, Morelia, Michoacán, México.
  - <sup>6</sup> Conservación del Patrimonio Natural para el Bienestar Social A. C., Francisco Mayagoitia Olmos 114, Humanista 1, 36790, Salamanca, Guanajuato, México, [jfcharre@yahoo.com.mx](mailto:jfcharre@yahoo.com.mx)
- \* Autor para correspondencia.



## ABSTRACT

The herpetofauna is closely related to its environment. To know how this relationship takes place is necessary for developing conservation strategies, especially when taking into account that it's a group of great importance for ecosystems and high richness in Mexico, but strongly threatened. The present work evaluated the diversity, composition, and niche breadth and overlap regarding microhabitat use in two herpetofaunal communities in different types of vegetation –pine-oak forest (BPE) and tropical deciduous forest (BTC) – in a section of the Biosphere Reserve Sierra Gorda de Guanajuato (RBSGG), located in the biologically best-conserved area of the state. Diurnal and nocturnal transects of 300 m in length were sampled for one year. 36 species were registered, of which 80.55 % affronts conservation threats. A greater diversity was estimated with Hill numbers for BPE, and the similarity between communities was low. Species niche breadth was low, while overlap between species pairs showed a wider range of values. This work is one of the first herpetological studies that employs the extrapolation of the first three Hill numbers to compare communities between types of vegetation in Mexico, as well as the first with an ecological aim for the RBSGG. The results obtained could serve as a resource for further research and for the conservation of the herpetofauna of Guanajuato.

**Keywords:** diversity beta, Hill's numbers, null model, pine-oak forest, tropical deciduous forest.

## INTRODUCCIÓN

Los patrones de diversidad de especies están determinados por una gran variedad de factores que intervienen en distintas escalas espaciales y temporales (Cody 2001, Laurencio 2007), existiendo una relación estrecha entre el ambiente y estos patrones, particularmente en los anfibios y reptiles debido a los requerimientos ecofisiológicos del grupo, tales como su condición ectotérmica o la dependencia que presentan respecto a la humedad (Crump 2009, Vitt y Caldwell 2014). Estas especies son componentes esenciales dentro de los ecosistemas al formar parte de procesos tales como redes tróficas, bioturbación, circulación de nutrientes y dispersión de semillas; además le proporcionan al ser humano una gran variedad de servicios ecosistémicos culturales, de regulación, provisión y soporte (Valencia-Aguilar *et al.* 2013, Hocking y Babbitt 2014, Ávila-Nájera *et al.* 2018). Además, son grupos biológicos fuertemente amenazados a nivel nacional y mundial, particularmente los anfibios (Stuart *et al.* 2004, Frías-Alvarez *et al.* 2010, Wilson *et al.* 2013b). Por tales motivos, analizar la diversidad herpetofaunística es importante en la toma de decisiones sobre su conservación y manejo de hábitat, especialmente porque México es uno de los países con mayor riqueza en herpetofauna, debido a la gran cantidad de endemismos (Flores-Villela y García-Vázquez 2014, Parra-Olea *et al.* 2014, AmphibiaWeb c2021, Uetz *et al.* c2021).

El estado de Guanajuato, ubicado en el centro-norte de México, fue objeto de diversas exploraciones de instituciones científicas nacionales e internacionales entre los siglos XIX y XX que contribuyeron al conocimiento de su herpetofauna (Hernández-Árciga *et al.* 2018); este conocimiento ha incrementado progresivamente en las últimas dos décadas mediante inventarios y publicaciones especializadas, aunque sólo a partir de los años más recientes se han realizado trabajos ecológicos como los de Leyte-Manríque *et al.* (2016, 2019). Es así como la información más reciente propone que en la región hay 108 especies (Hernández-Árciga *et al.* 2018).

La Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato (RBSGG) es la región con mayor riqueza y endemismo de anfibios y reptiles a nivel estatal, ya que se tienen documentadas 18 y 61 especies respectivamente, que representan en conjunto el 75,2 % de la herpetofauna nativa del estado, con 20 especies exclusivas de esta zona (Hernández-Árciga *et al.* 2018). Sin embargo, los trabajos herpetofaunísticos que abarcan a la región son básicamente listados y ampliaciones de distribución (Campos-Rodríguez *et al.* 2004a, 2004b, 2009a, 2009b, 2010a, 2010b, Hernández-Árciga *et al.* 2013, Leyte-Manrique y Domínguez-Laso 2014, Villegas-Ruiz *et al.* 2015), por lo que el objetivo del presente trabajo fue estimar y comparar la diversidad, así

como analizar el uso de microhábitat de la herpetofauna en dos tipos de vegetación en la RBSGG.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** La RBSGG abarca partes de los municipios de San Luis de la Paz, Victoria, Xichú, Atarjea y Santa Catarina, en el estado de Guanajuato; fue decretada como Área Natural Protegida en 2007 y comprende 236 882 ha. La vegetación presente en la RBSGG se compone principalmente por matorrales xerófilos submontanos y crasi-caules en las zonas de menor altitud (1000-1500 msnm), con climas semicálidos y semisecos; y bosques de encino y de pino-encino en elevaciones medias (1500-2520 msnm), con climas semisecos y templados subhúmedos (Zamudio-Ruiz 2012). En el interior de la RBSGG, en el municipio de Victoria, se seleccionaron dos sitios que corresponden con bosque tropical caducifolio (El Platanito: 21°27'58,48" Norte, 100°6'54,7" Oeste, 1284 msnm) y bosque de pino-encino (Puerto de Palmas: 21°25'18,4" Norte, 100°6'40,4" Oeste, 1890 msnm), localizados en la zona de amortiguamiento y zona núcleo, respectivamente (SEMARNAT 2007, Pérez-Vega *et al.* 2016) (Fig. 1). La temperatura promedio anual en el municipio de Victoria es de 16,1 °C y la precipitación anual es en promedio de 469,7 mm, siendo los meses de mayo a octubre los que presentan la mayor precipitación, abarcando la estación de lluvias, y conformando los meses restantes la estación seca (INEGI 2017).

**Trabajo de campo.** Entre marzo de 2019 y febrero de 2020, se realizó una visita mensual a los dos sitios de estudio con tres días de duración cada una. En cada sitio se establecieron tres transectos de 300 m de longitud por 10 m de ancho, a lo largo de los cuales se buscaron los organismos, avanzando de forma silenciosa y pausada, revisando los sustratos que probablemente sirvieran como microhábitat para la herpetofauna (Crump y Scott 1994).

Los transectos se dividieron en diurnos y nocturnos. Los diurnos fueron realizados entre las 08:00 y las 15:00 horas, mientras que los transectos nocturnos entre las 18:00 y la 01:00 horas. En cada visita, se muestreó un transecto nocturno por localidad, dos diurnos en el bosque de pino-encino (BPE) y tres diurnos en el bosque tropical caducifolio (BTC). Adicionalmente, se añadieron registros ocasionales realizados fuera de los transectos en horarios diferentes a los establecidos para ellos, así como también registros fotográficos proporcionados por habitantes de la

zona; no obstante, estos no fueron empleados en la mayoría de los análisis de datos al ser independientes al esfuerzo de muestreo de este estudio.

Los ejemplares fueron identificados en campo con ayuda de las claves dicotómicas de Dixon y Lemos-Espinal (2010), Lemos-Espinal y Dixon (2013) y Hernández-Árciga *et al.* (2018). Cuando no fue posible determinar con precisión la identificación taxonómica de las especies se procedió a realizar la colecta siguiendo la metodología propuesta por Gotte *et al.* (2016), con la autorización del respectivo permiso de recolección (SGPA/GDVS/04368/19).

Se utilizó la nomenclatura taxonómica empleada por Uetz *et al.* (2021) para reptiles y las propuestas de AmphibiaWeb (2021) y Frost (2021) para anfibios. En cada registro se tomaron datos de fecha, hora, coordenadas geográficas, estación (lluvias o secas), tipo de vegetación, altitud, temperatura ambiental, humedad relativa y tipo de microhábitat. En el caso de la temperatura ambiental y la humedad relativa se utilizó un termohigrómetro modelo 4040 Traceable® Control Company, mientras que para coordenadas y altitud se usó un GPS modelo Garmin montana 68t. Se definió al microhábitat como el sustrato en el cual se registró al organismo, y como una propuesta propia de este trabajo, se dividió en las siguientes categorías: acuático (dentro de un cuerpo de agua), ribereño (a menos de 5 m de un cuerpo de agua o cauce de un arroyo, pero no bajo o sobre rocas), ribereño-saxícola (igual que el ribereño, pero asociado a rocas), terrestre (a más de 5 m de un cuerpo de agua o cauce de un arroyo, pero no sobre o bajo rocas ni en árboles en pie o arbustos), terrestre-saxícola (como el terrestre, pero sobre o bajo rocas), arborícola (sobre troncos de árboles en pie o en arbustos), fosorial (enterrado o parcialmente enterrado), de hojarasca (dentro de masas de hojarasca) y antrópico (asociado a elementos construidos por humanos).

El estado de conservación de las especies se consultó en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN 2021), así como los puntajes de cada especie asociado a su Medida de Vulnerabilidad Ambiental (EVS, por sus siglas en inglés; Wilson *et al.* 2013a, 2013b).

**Análisis de datos:** La variación de la diversidad por tipos de vegetación se analizó con los datos de los transectos y se estimaron los tres primeros números de Hill (Hill 1973):

riqueza de especies ( $^{\circ}D$ ), el exponencial de la entropía de Shannon ( $^1D$ ), referido como la diversidad de Shannon) y el inverso de la concentración de Simpson ( $^2D$ ), referido como la diversidad de Simpson) (Chao *et al.* 2012, Chao *et al.* 2014, Hsieh *et al.* 2016). Se estandarizó el valor de los números de Hill ( $q=0, 1$  y  $2$ ) para una comparación más equitativa, con la extrapolación de los datos para tener la misma cobertura de muestra y para la estimación de la diversidad asintótica (Chao *et al.* 2014 y Chao y Jost 2012, 2015). Los análisis se realizaron en el programa iNEXT (Chao *et al.* 2016) y se computaron 200 bootstraps con intervalos de confianza del 95 % (Chao *et al.* 2014, Chao y Jost 2015).

El recambio de especies entre tipos de vegetación se analizó con el índice de similitud de Jaccard (1912), que usa datos de presencia y ausencia. Se compararon los inventarios generados con todos los registros, incluyendo aquellos obtenidos en fotografías por los habitantes de la zona, para tener un panorama más completo de la composición específica entre comunidades.

El uso de microhábitat se analizó mediante la amplitud y solapamiento de nicho con los registros de ambos tipos de vegetación en conjunto, pero con el criterio de que sólo se incluyeron aquellas especies con más de diez registros para evitar sesgos; otros estudios han reportado tamaños de muestra mínimos similares o menores (Macip-Ríos y Muñoz-Alonso 2008, Ontiveros-Esqueda 2012, Medina-Rangel y Cárdenas-Árevalo 2015). Se asumió equiprobabilidad o igualdad de la disponibilidad de los microhábitats (Gottelli y Graves 1996), aunque los microhábitats de la categoría “antrópico” no fueron tomados en cuenta para los análisis pues su disponibilidad se restringió a unos pocos puntos.

La amplitud de nicho en el uso de microhábitat se calculó con el índice de Levins (1968), que asume valores desde cero cuando la especie utiliza un solo recurso hasta  $n$  cuando un número igual de individuos utiliza cada uno de los recursos disponibles, siendo  $n$  el número de categorías de recurso (Krebs 1999), en este caso de microhábitats. El solapamiento de nicho en el uso de microhábitat entre pares de especies se calculó con el índice de Pianka (1973). Los valores del índice de Pianka se usaron para generar un dendrograma con el método UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) y representar gráficamente las similitudes en el uso de microhábitat. Todos

los análisis fueron realizados mediante el programa PAST versión 4.03 (Hammer *et al.* 2001).

## RESULTADOS

En total, tanto en los muestreos como en las observaciones ocasionales, se obtuvieron 411 registros repartidos en 36 especies (nueve anfibios y 27 reptiles). Cabe señalar que nueve especies sólo se registraron fuera de los muestreos. La familia con mayor riqueza fue Colubridae con trece especies. El 80,55 % ( $n=29$ ) de las especies se encuentran en alguna categoría de riesgo en la NOM-059-SEMAR-NAT-2010, la lista roja de especies y la Medida de Vulnerabilidad Ambiental. Además 19 (52,78 %) son endémicas de México (Tabla 1).

En BPE se obtuvieron 133 registros de 20 especies (siete anfibios y trece reptiles), mientras que en BTC se obtuvieron 278 registros de 25 especies (seis anfibios y 19 reptiles). En BPE, la especie con mayor número de registros fue *Rana berlandieri* con 60, mientras que en el BTC fue *Sceloporus variabilis* con 126. Nueve especies fueron registradas en ambos tipos de vegetación (Tabla 1); no obstante, el índice de Jaccard fue de 0,25.

La estimación de los números de Hill se realizó con 126 registros en BPE y 252 en BTC que se obtuvieron en los transectos. La diversidad de Shannon ( $^1D$ ) fue de 6,67 y 5,86 y la diversidad de Simpson ( $^2D$ ) de 3,85 y 3,73, respectivamente. Al extrapolar los valores a una misma cobertura base (0,974), la riqueza estimada ( $^{\circ}D$ ) fue de 19,11 y 19,27; la diversidad de Shannon ( $^1D$ ) de 7,03 y 5,87 y la diversidad de Simpson ( $^2D$ ) de 3,89 y 3,73 para BPE y BTC, respectivamente (Fig. 2). El valor asintótico estimado de riqueza ( $^{\circ}D$ ) fue de 27,40 y 25,10, la diversidad de Shannon ( $^1D$ ) de 7,38 y 6,18 y la diversidad de Simpson ( $^2D$ ) de 3,94 y 3,77 para BPE y BTC, respectivamente.

Seis especies cumplieron con el criterio para ser incluidas en los análisis de uso de microhábitat: *Aspidoscelis gularis*, *Plestiodon lynxe*, *Sceloporus variabilis*, *Dryophytes arenicolor*, *Eleutherodactylus verrucipes* y *R. berlandieri*. El ajolote, *Ambystoma velasci*, no fue considerado debido a que fue observado sólo en su etapa larvaria.

Las lagartijas *Aspidoscelis gularis* y *Sceloporus variabilis* usaron mayormente microhábitats terrestres y terrestres-saxícolas, y en el caso particular de *S. variabilis* en

Tabla 1. Registros de herpetofauna por tipo de vegetación en dos sitios de la RBSGG, Guanajuato, México.

Taxón	Vegetación			Estatus de conservación		
	BPE	BTC	Total	NOM-059	IUCN	EVS
CLASE AMBIBIBIA						
Orden Anura						
Familia Bufonidae						
<i>Incilius nebulifer</i> (Girard, 1854)	1	3	4		LC	Bajo (6)
<i>I. occidentalis</i> (Camerano, 1879)*	4	2	6		LC	Medio (11)
Familia Eleutherodactylidae						
<i>Eleutherodactylus verrucipes</i> (Cope, 1885)*	1	10	11	Pr	LC	Alto (16)
Familia Hylidae						
<i>Dryophytes arenicolor</i> (Cope, 1866)	0	21	21		LC	Bajo (7)
<i>D. eximius</i> (Baird, 1854)*	0	1	1		LC	Medio (10)
Familia Ranidae						
<i>Rana berlandieri</i> Baird, 1859	60	43	103	Pr	LC	Bajo (7)
<i>R. montezumae</i> Baird, 1854*	1	0	1	Pr	LC	Medio (13)
Orden Caudata						
Familia Ambystomatidae						
<i>Ambystoma velasci</i> Dugès, 1888*	13	0	13	Pr	LC	Medio (10)
Familia Plethodontidae						
<i>Aquiloerycea cephalica</i> (Cope, 1865)*	1	0	1	A	LC	Alto (14)
CLASE REPTILIA						
Suborden Lacertilia						
Familia Anguidae						
<i>Gerrhonotus infernalis</i> Baird, 1859	1	1	2		LC	Medio (13)
Familia Dibamidae						
<i>Anelytropsis papillosus</i> Cope, 1885* <sup>FM</sup>	0	1	1	A	LC	Medio (10)
Familia Phrynosomatidae						
<i>Sceloporus minor</i> Cope, 1885*	9	0	9		LC	Alto (14)
<i>S. spinosus</i> Wiegmann, 1828*	0	8	8		LC	Medio (12)
<i>S. variabilis</i> Wiegmann, 1834	0	126	126		LC	Bajo (5)

(Continúa)

Taxón	Vegetación			Estatus de conservación		
	BPE	BTC	Total	NOM-059	IUCN	EVS
Familia Scincidae						
<i>Plestiodon lynxe</i> (Wiegmann, 1834)*	10	0	10	Pr	LC	Medio (10)
<i>Scincella caudaequinae</i> (Smith, 1951)*	4	0	4	A+	LC+	Medio (12)+
Familia Teiidae						
<i>Aspidoscelis gularis</i> (Baird y Girard, 1852)	6	39	45		LC	Bajo (9)
Familia Xantusiidae						
<i>Lepidophyma occulor*</i>	0	4	4	Pr	LC	Alto (14)
Suborden Serpentes						
Familia Boidae						
<i>Boa imperator</i> Daudin, 1803 <sup>FM</sup>	0	1	1	A+	LC	Medio (10)+
Familia Colubridae						
<i>Drymarchon melanurus</i> (Duméril, Bibron y Duméril, 1854) <sup>FM</sup>	2	1	3		LC	Bajo (6)
<i>Conopsis lineata</i> (Kennicott, 1859)*	9	0	9		LC	Medio (13)
<i>Hypsiglena tanzeri</i> Dixon y Lieb, 1972*	0	3	3		DD	Alto (15)
<i>Lampropeltis annulata</i> Kennicott, 1860 <sup>FM</sup>	0	1	1	A+	LC	Bajo (7)+
<i>Oxybelis potosiensis</i> (Taylor, 1941)	0	2	2		LC+	Bajo (5)+
<i>Masticophis schotti</i> Baird y Girard, 1853 <sup>FM</sup>	0	1	1		LC	Medio (13)
<i>Pituophis deppei</i> (Duméril, 1853)* <sup>FM</sup>	1	0	1	A	LC	Alto (14)
<i>Rhadinaea gaigeae</i> Bailey, 1937*	2	1	3		DD	Medio (12)
<i>Senticolis triaspis</i> (Cope, 1866)	0	2	2		LC	Bajo (6)
<i>Storeria storerioides</i> (Cope, 1866)*	5	0	5		LC	Medio (11)
<i>Tantilla rubra</i> Cope, 1875 <sup>FM</sup>	1	0	1	Pr	LC	Bajo (5)
<i>Thamnophis cyrtopsis</i> (Kennicott, 1860) <sup>FM</sup>	1	0	1	A	LC	Bajo (7)
<i>Trimorphodon tau</i> Cope, 1870* <sup>FM</sup>	0	2	2		LC	Medio (13)
Familia Leptotyphlopidae						
<i>Rena dulcis</i> Baird y Girard, 1853	0	1	1		LC	Medio (13)
Familia Viperidae						
<i>Crotalus atrox</i> Baird y Girard, 1853	0	1	1	Pr	LC	Bajo (9)
Orden Testudines						
Familia Kinosternidae						
<i>Kinosternon hirtipes</i> (Wagler, 1830)	0	2	2	Pr	LC	Medio (10)

(Continúa)

Taxón	Vegetación			Estatus de conservación		
	BPE	BTC	Total	NOM-059	IUCN	EVS
<i>K. integrum</i> Le Conte, 1854*	1	1	2	Pr	LC	Medio (11)
Número de especies	20	25	36			
Número de registros	133	278	411			

\*Especies endémicas a México. \*Indicador publicado para una sinonimia que no considera a la especie como distinta. <sup>FM</sup>Especies registradas fuera de muestreos. Pr=sujeta a protección especial, A=amenazada, LC=preocupación menor, VU=vulnerable.

menor grado arborícolas y de manera aislada el microhábitat de hojarasca. La especie de lagartija, *P. lynxe*, tuvo una asociación principalmente terrestre-saxícola. Ninguna lagartija usó el microhábitat acuático. Respecto a los anuros, *E. verrucipes* usó tanto ambientes ribereños como terrestres, asociado o no a rocas, pero no directamente en el agua; *D. arenicolor* se restringió a microhábitats ribereños-saxícolas, y *R. berlandieri* usó todos los microhábitats asociados al agua y no se registró en ambientes terrestres. Ninguno de estos usó microhábitats arborícolas, fosoriales o de hojarasca. La especie que usó más microhábitats fue *S. variabilis* con siete, mientras que las que menos usaron fueron *D. arenicolor*, *P. lynxe* y *R. berlandieri*, con tres (Fig. 3).

El índice de Levins mostró la mayor amplitud de nicho en el uso de microhábitat para *E. verrucipes* con 3,10 y el menor para *D. arenicolor* con 1,10.

El mayor solapamiento de nicho ocurrió entre *A. gularis* y *S. variabilis* (0,85), seguido de *E. verrucipes* y *D. arenicolor* (0,83) y posteriormente entre *A. gularis* y *E. verrucipes* (0,66). El valor más bajo se dio entre *P. lynxe* con *D. arenicolor* y *R. berlandieri*, pues en ambos casos fue de cero, seguido de *S. variabilis* y *D. arenicolor* (0,05) y *S. variabilis* con *R. berlandieri* (0,06). De las quince combinaciones entre pares, sólo cuatro tuvieron valores de solapamiento superiores a 0,5, mostrando una tendencia a un solapamiento bajo o relativamente bajo (Fig. 4).

## DISCUSIÓN

La riqueza herpetofaunística registrada representa el 32,73% del total para el estado de Guanajuato y el 44,44% para la RBSGG, con base en lo reportado por Hernández-Árciga et al. (2018). Otros trabajos en áreas con BTC y bosques templados en varias zonas del estado, realizados

mayormente mediante métodos y esfuerzos de muestreo similares a los del presente estudio, han reportado valores de riqueza semejantes, e. g., Mendoza-Quijano et al. (2001) reportaron 31 especies (once anfibios y 20 reptiles) para la Sierra de Santa Rosa; García-Balderas (2011) reportó 31 especies (nueve anfibios y 22 reptiles) en el Área Natural Protegida (ANP) Sierra de Lobos; Leyte-Manrique et al. (2016) registraron 23 especies (seis anfibios y 17 reptiles) para el Cerro del Veinte en el municipio de Irapuato; Leyte-Manrique et al. (2018a) registraron 27 especies en campo para la ANP Las Musas en el municipio de Manuel Doblado; Leyte-Manrique et al. (2019) mencionaron 19 (cuatro anfibios y quince reptiles) en dos localidades del municipio de Salvatierra; y por último, Cadena-Rico et al. (2020) reportaron 31 (once anfibios y 20 reptiles) para la Cuenca Baja del Río Temascalco en el municipio de Irapuato. En todos los casos, como en este trabajo, se observó que la riqueza de anfibios fue menor que la de reptiles.

En cuanto a especies en riesgo, la proporción registrada en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (47,22%) y EVS (66,67%) es considerable si se compara con lo que se ha reportado para toda la RBSGG, con 39,24% y 44,30% del total del estado, respectivamente (Hernández-Árciga et al. 2018), lo que indicaría la importancia de los sitios estudiados para la conservación de la herpetofauna, por lo menos a nivel regional.

Un aspecto importante en este estudio fue la participación de las personas de las comunidades locales, ya que además de que permitió conocer mejor el área, también se obtuvieron los registros de nueve especies que de otra manera habrían pasado desapercibidas y que hubieran requerido mayor esfuerzo de muestreo. Un caso interesante fue el de la “navaca”, nombre común local de *Boa imperator*, que fue mencionada por los habitantes de Puerto de Palmas, y cuya presencia pudo confirmarse posteriormente mediante una fotografía. La complementariedad de inventarios her-

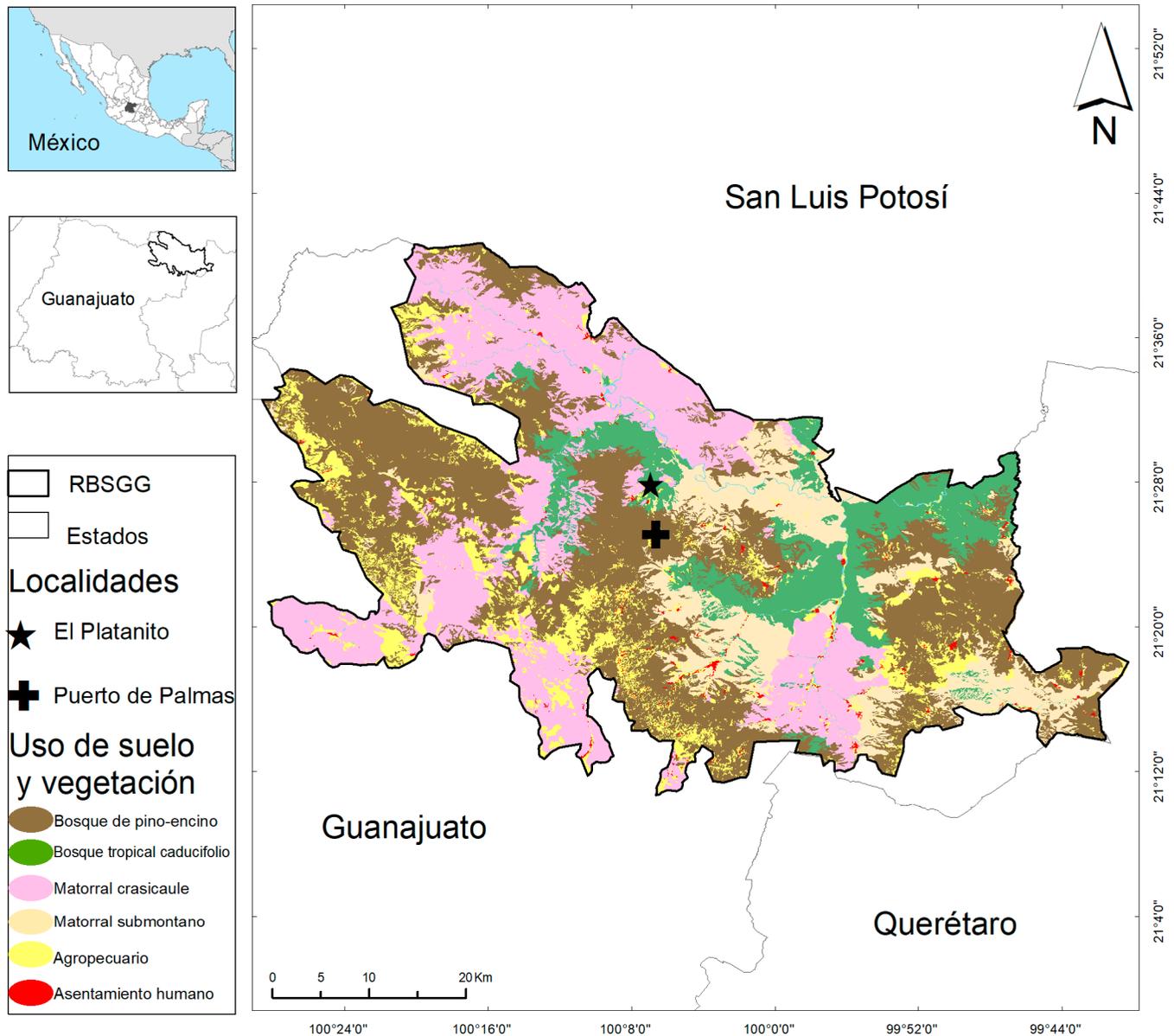


Figura 1. Ubicación de los sitios de estudio.

petofaunísticos en México usando métodos adicionales al trabajo de campo, como por ejemplo la revisión de literatura, ha sido comúnmente utilizada (Badillo-Saldaña *et al.* 2015, Fernández-Badillo *et al.* 2016, Leyte-Manrique *et al.* 2018a), sin embargo, la participación de las personas locales en estudios herpetofaunísticos no ha sido documentada con frecuencia.

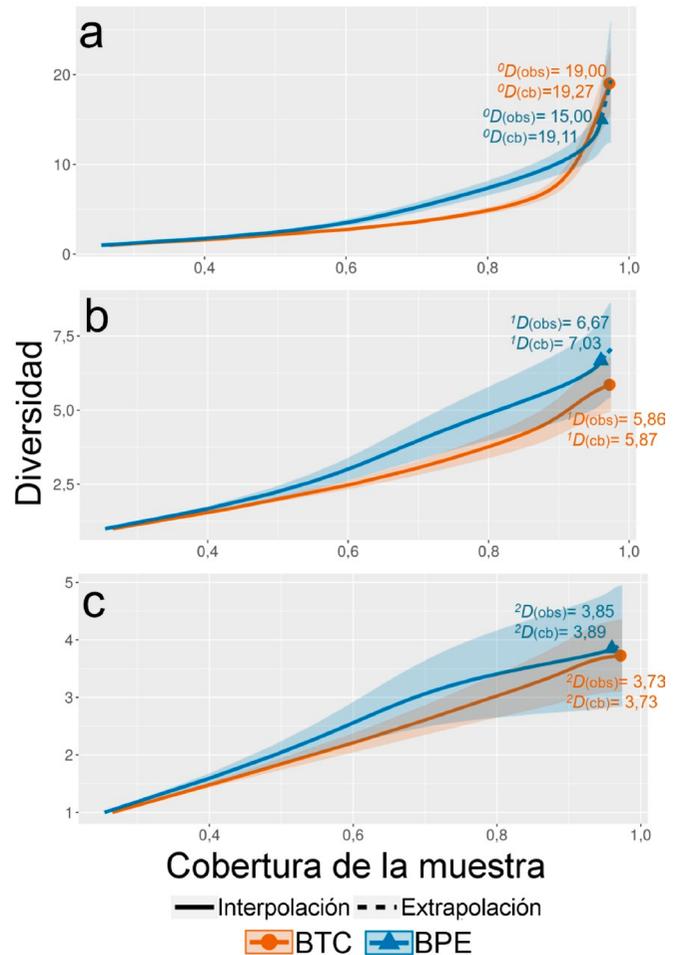
En general, las estimaciones de diversidad entre el BPE y el BTC mediante los tres primeros números de Hill mostraron valores mayores para BPE; sin embargo, al comparar solamente los valores observados, la riqueza fue mayor en BTC. Estos valores observados coinciden con los de

otros trabajos que han comparado la riqueza y diversidad de herpetos entre ambientes de BTC y bosques templados, tales como los de Vite-Silva *et al.* (2010), Medina-Aguilar *et al.* (2011) y Cadena-Rico *et al.* (2020), que de manera general, reportaron una mayor diversidad y riqueza en BTC, pero en ninguno se estimaron valores asintóticos de diversidad o de riqueza para cada vegetación por separado. No obstante, hay que señalar que conforme se extrapolaron los valores hacia la cobertura base, se apreció una reducción en la diferencia de riqueza entre las comunidades respecto a los valores observados, sin embargo fue el caso contrario para las diversidades de Shannon y de Simpson, cuya diferencia entre vegetaciones fue aumentando a un

ritmo menos acelerado. Esta tendencia se acentuó en la estimación asintótica, particularmente para la riqueza que terminó como mayor para la comunidad de BPE. En todos los casos, los intervalos de confianza entre comunidades se solaparon, por lo cual no se puede asegurar que existan diferencias significativas entre ambos tipos de vegetación.

Es importante resaltar que los trabajos de comparación de la diversidad herpetofaunística entre tipos de vegetación en México que usan los números de Hill, suelen restringirse a la riqueza y diversidad de Shannon (Cruz-Elizalde y Ramírez-Bautista 2012, Leyte-Manrique et al. 2018a, Cadena-Rico et al. 2020). Sin embargo, son pocos los que han extendido los valores de los tres primeros ( $q=0, 1$  y  $2$ ) mediante extrapolaciones para su comparación entre coberturas particularmente para estimar sus valores asintóticos (reales), esto a pesar de que los números de Hill pueden ser extrapolados con precisión (Chao et al. 2014) y presentan múltiples beneficios sobre los índices de diversidad tradicionales (Ellison 2010), tales como cumplir con el principio de duplicación, calcularse mediante transformaciones algebraicas sencillas a partir de los índices de diversidad más comunes, estar directamente relacionados con la similitud en la composición de especies al comparar comunidades, y poder generalizarse para analizar diversidad taxonómica, filogenética y funcional (Chao et al. 2014). Los números de Hill han sido utilizados con mayor frecuencia en trabajos de otros grupos como los murciélagos (Mendoza-Sáenz et al. 2017, Briones-Salas et al. 2019, Plasencia-Vázquez et al. 2020), para los que se ha mencionado que tienen una mayor practicidad y eficacia que los índices de diversidad tradicionales para hacer comparaciones entre comunidades (García-Morales et al. 2011). Por lo tanto, se sugiere estandarizar el uso de los números de Hill y su extrapolación para comparar la diversidad entre comunidades herpetofaunísticas, así como en otros estudios ecológicos que impliquen análisis de diversidad, siguiendo las recomendaciones propuestas por Chao et al. (2014) y Hsieh et al. (2016).

La baja similitud de las comunidades herpetofaunísticas observada entre ambos tipos de vegetación es similar a la documentada por Vite-Silva et al. (2010), quienes también utilizaron este índice para comparar comunidades en BPE y BTC. Es posible que la similitud entre las comunidades estudiadas en el presente trabajo sea mayor a la registrada, ya que en la literatura se mencionan algunas especies como *Conopsis lineata*, *D. arenicolor*, *Dryophytes eximius*, *P.*



**Figura 2.** Valores de diversidad observados ( $D_{obs}$ ) y extrapolados ( $D_{cb}$ ) a una misma cobertura base (0.974) para las comunidades herpetofaunísticas en BTC y BPE: **a.** riqueza ( ${}^0D$ ), **b.** diversidad de Shannon ( ${}^1D$ ) y **c.** diversidad de Simpson ( ${}^2D$ ).

*deppei*, *Senticolis triaspis* y *Lepidophyma occulor* para ambos tipos de vegetación en Guanajuato (Hernández-Árciga et al. 2018). Asimismo, es probable que aún haya especies exclusivas por registrar y que por razones de su nicho espacio-temporal no se hayan encontrado.

Se observó una tendencia a la especialización en el uso del microhábitat puesto que los valores del índice de Levins fueron relativamente bajos. Otros estudios que abarcaron a la herpetofauna en general y sobre todo a reptiles confirman la inclinación a la especialización al reportar valores bajos, o en todo caso moderados para pocas especies (Mesquita et al. 2006, Macip-Ríos y Muñoz-Alonso 2008, Santoyo-Brito y Lemos-Espinal 2010, Ontiveros-Esqueda 2012, Medina-Rangel y Cárdenas-Árevalo 2015). También es necesario considerar que especies como *S. variabilis* son de amplia distribución y generalistas, y que toleran cierta

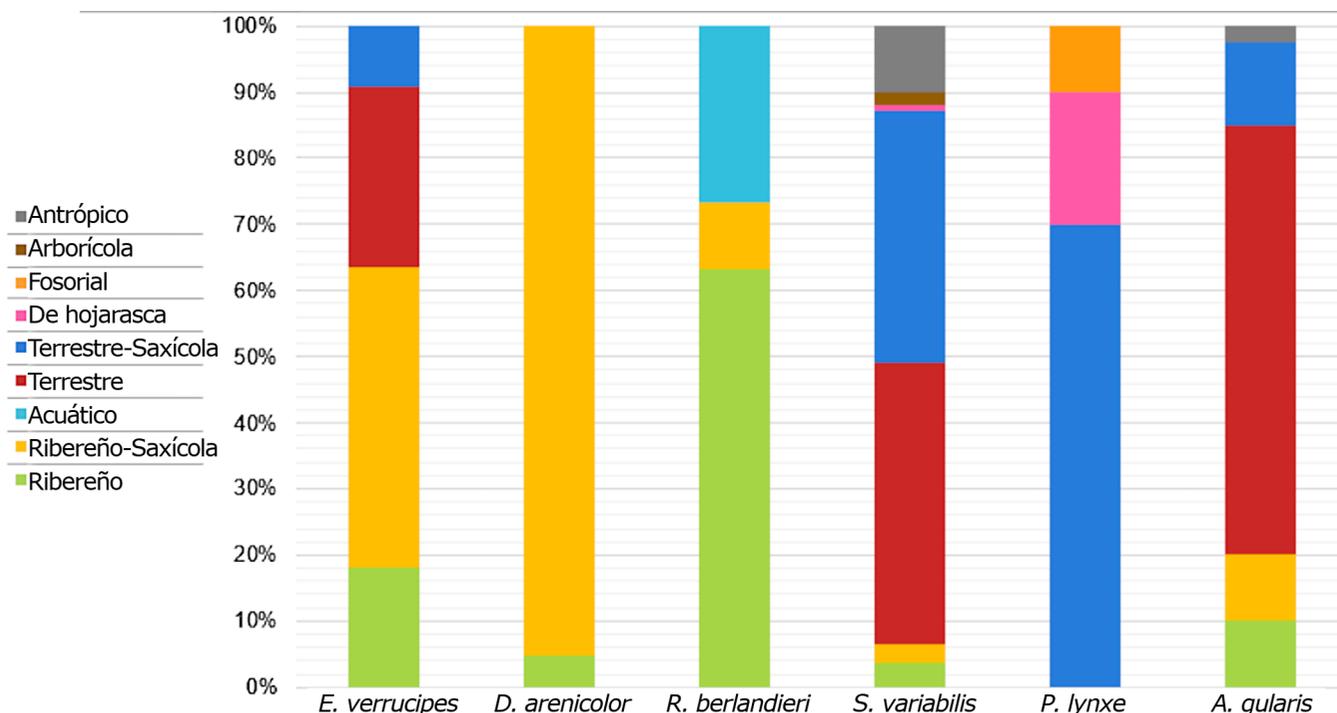


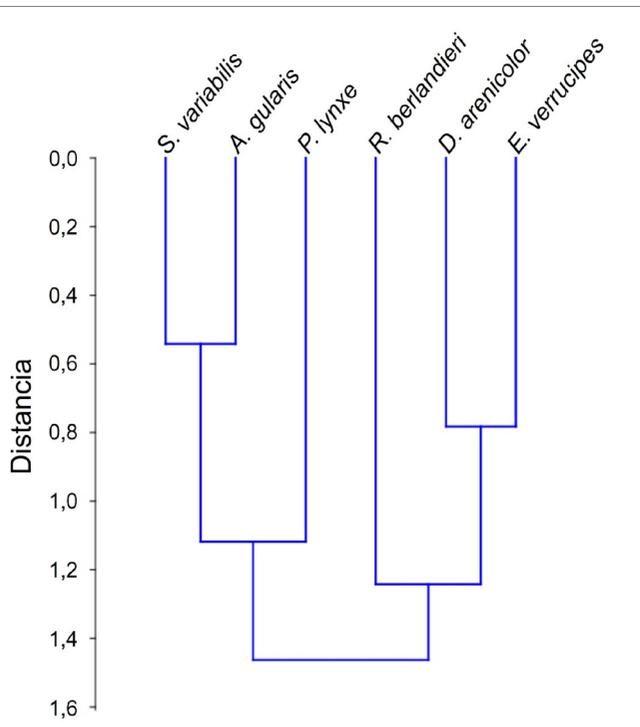
Figura 3. Uso de microhábitat por la herpetofauna en la RBSGG, México.

degradación al ambiente, como sucede en la zona por la presencia humana. Aunque la mayoría de las especies tienden a la especialización, en este trabajo no se tuvieron suficientes datos para analizar a las 36 especies reportadas, y aún es necesario realizar estudios comparativos entre sitios considerados conservados y sitios perturbados.

El solapamiento de nicho respecto al uso de microhábitat entre pares de especies conforme al índice de Pianka resultó heterogéneo. Otros trabajos, tanto en Guanajuato (Leyte-Manrique *et al.* 2018b, Mendoza-Portilla 2019, Rodríguez-Gutiérrez 2019) como en otras regiones de México y otros países (e. g. Das 1996, Mesquita *et al.* 2006, Muñoz-Guerrero *et al.* 2007, Macip-Ríos y Muñoz-Alonso 2008, Santoyo-Brito y Lemos-Espinal 2010, Medina-Rangel y Cárdenas-Á 2015, Winck *et al.* 2016, Blanco-Torres *et al.* 2017, Zainudin *et al.* 2017) coinciden con este patrón donde los solapamientos pueden abarcar un amplio intervalo de valores, tanto bajos o nulos como intermedios y altos llegando incluso a solapamientos totales, dependiendo del par de especies evaluado. Esto probablemente ocurre por causa de la tendencia de los herpetos a una baja amplitud que hace que muchos de los pares no se solapen o se solapen muy poco, pero que aquellos que coinciden muestren solapamientos variables, pudiendo ser elevados o totales. El solapamiento de nicho en una co-

munidad puede indicar un proceso de competencia (Sale 1974, Connell 1980), aunque el uso de los recursos puede estar relacionado también con cuestiones morfológicas, conductuales, filogenéticas y fisiológicas (Gotelli y Graves 1996). Es probable que las especies incluidas en los análisis de microhábitat del presente proyecto estén efectuando un reparto del recurso basado en estos últimos factores, y no en interacciones bióticas.

A nivel regional, este es de los pocos estudios ecológicos en los que se evalúa el uso de microhábitat de la herpetofauna y se compara la diversidad y abundancia de los anfibios y reptiles en tipos de vegetación contrastantes. De esta manera, se genera información sobre las dinámicas ecológicas, que conforma una línea base para futuros análisis, ante los procesos de conservación o de degradación en el sitio y de las poblaciones de las especies. La mayor parte de la información sobre la herpetofauna de Guanajuato, y particularmente de la RBSGG, proviene de listados y nuevos registros, los cuales se han documentado principalmente en la última década (e. g. Mendoza-Quijano *et al.* 2001, Sánchez-Luna *et al.* 2009, Uriarte-Garzón y Lozoya-Gloria 2009, Arenas-Monroy 2012, Hernández-Árciga *et al.* 2013, Leyte-Manrique y Domínguez-Laso 2014, Villegas-Ruiz *et al.* 2015). Las especies registradas en este estudio también complementan el conocimiento



**Figura 4.** Solapamiento de nicho entre pares de especies calculado con el índice de Pianka.

sobre la diversidad y distribución de los anfibios y reptiles de México.

Los estudios ecológicos enfocados en entender la dinámica espacio-temporal de los organismos y particularmente de las comunidades herpetofaunísticas deben promoverse entre la comunidad científica, especialmente en regiones con alta biodiversidad o en áreas naturales protegidas. Comprender estas dinámicas ayudará a planificar las estrategias de conservación de los anfibios y reptiles particularmente en la RBSGG.

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

VUMM concepción, diseño, toma de datos, análisis, escritura del documento y otros aspectos; JGCM concepción, diseño, toma de datos, análisis, escritura del documento y otros aspectos; RHA diseño, escritura del documento y otros aspectos; LACM análisis y escritura del documento; JFCM concepción, análisis y escritura del documento, MAJ concepción, diseño, análisis y escritura del documento.

## AGRADECIMIENTOS

A los habitantes de Puerto de Palmas y El Platanito, particularmente a las familias Guevara Arvizu y Charre Luna por su apoyo en campo. A Lino Landaverde Hernández por su amistad e invaluable compromiso en campo. A Carlos Omar Ventura Bravo, Isaí Rosales Rodríguez, Iván Mosqueda Guevara, Luisa Fernanda Chávez Zamora, Óscar Alonso Corona Rodríguez y Saira Paulina Covarrubias Medellín, por su valiosa ayuda en campo. A la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y particularmente al personal de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato por su apoyo y las facilidades otorgadas. Al Instituto Tecnológico Superior de Irapuato por el apoyo y las facilidades otorgadas para la realización del proyecto. JFCM agradece al CONACYT por la beca posdoctoral otorgada.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaramos bajo protesta de decir verdad, que no existen conflictos de intereses que puedan afectar el contenido, resultados o conclusiones del artículo.

## LITERATURA CITADA

- AmphibiaWeb. 2021. AmphibiaWeb. [Revisada en: 5 jul 2021]. <https://amphibiaweb.org/>
- Arenas-Monroy JC. 2012. Avances en el conocimiento de la herpetofauna del Área Natural Protegida Cerros El Culiacán y La Gavia. En: [CONABIO] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, editor. La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. Volumen II. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato. p. 234–235.
- Ávila-Nájera DM, Mendoza GD, Villarreal O, Serna-Lagunes R. 2018. Uso y valor cultural de la herpetofauna en México: una revisión de las últimas dos décadas (1997-2017). *Acta Zool. Mex. (N.S.)*, 34:1-15. doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412126>
- Badillo-Saldaña LM, Ramírez-Bautista, A, Lara-Tuñño, D, Berriozabal-Islas, C. 2015. Diversity and conservation status of the herpetofauna for an area from north of Hidalgo, Mexico. *Cuad. Herpetol.* 29:131-139.
- Blanco-Torres A, Bastidas-Molina B, Parra-Torres F. 2017. Variación espacial y temporal de la herpetofauna en ecosistemas de sabanas inundables de la Orinoquía-Colombia. *Caldasia.* 39:354-369. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n2.63489>

- Briones-Salas M, Lavariega MC, Moreno CE, Viveros J. 2019. Responses of phyllostomid bats to traditional agriculture in neotropical montane forests of Southern Mexico. *Zool Stud.* 58:1-10. doi: <https://doi.org/10.6620/ZS.2019.58-09>
- Cadena-Rico S, Leyte-Manrique A, Hernández-Salinas U. 2020. Herpetofauna de la cuenca baja del Río Temascalíto, Irapuato, Guanajuato, México. *Acta Zool. Mex. (N.S.)*. 36(1):1-14. doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612231>
- Campos-Rodríguez JI, Chambert L, del-Carmen-Díaz M, Elizalde-Arellano C, López-Vidal JC, Hernández-Árciga R, Mendoza-Quijano F. 2004a. Geographic distribution: *Leptodeira septentrionalis septentrionalis*. *Herpetol. Rev.* 35:292-293.
- Campos-Rodríguez JI, Chambert L, del-Carmen-Díaz M, Hernández-Árciga R, Mendoza-Quijano F. 2004b. Geographic Distribution: *Lepidophyma occulor*. *Herpetol. Rev.* 35:288-289.
- Campos-Rodríguez JI, Elizalde-Arellano C, López-Vidal JC, Aguilar-Martínez GF, Ramos-Reyes SN, Hernández-Árciga R. 2009a. Nuevos registros de anfibios y reptiles para Guanajuato, procedentes de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato y zonas adyacentes. *Acta Zool. Mex. (N.S.)*. 25(2):269-282. doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2009.252624>
- Campos-Rodríguez JI, Hernández-Árciga R, Flores-Leyva X, Pérez-Valera B, Elizalde-Arellano, C. 2010a. Presencia de la víbora de cascabel *Crotalus atrox* en el estado de Guanajuato. *Bol. Soc. Herpetol. Mex.* 18(1):21-25.
- Campos-Rodríguez JI, Pérez-Valera B, Evaristo-Aguilar LE, Elizalde-Arellano C, López-Vidal JC, Hernández-Árciga R. 2010b. Registros notables de reptiles para Guanajuato, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 81(1):203-204. doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.001.200>
- Campos-Rodríguez JI, Pérez-Valera B, Evaristo-Aguilar LE, Hernández-Árciga R. 2009b. Extensiones de distribución de reptiles para el estado de Guanajuato, México. *Verteb. Mex.* 22:13-16.
- Chao A, Chiu CH, Hsieh TC. 2012. Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology*. 93:2037-2051. doi: <https://doi.org/10.1890/11-1817.1>
- Chao A, Gotelli NJ, Hsieh TC, Sander EL, Ma KH, Colwell RK, Ellison AM. 2014. Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecol. Monogr.* 84(1):45-67. doi: <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Chao A, Jost L. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: Standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*. 93(12):2533-2547. doi: <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Chao A, Jost L. 2015. Estimating diversity and entropy profiles via discovery rates of new species. *Methods. Ecol. Evol.* 6(8):873-882. doi: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12349>
- Chao A, Ma KH, Hsieh TC. 2016. iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. <https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>
- Cody ML. 2001. Bird diversity components in Australian *Eucalyptus* and North-temperate *Quercus* woodlands. *The Auk*. 118(2):443-456. doi: <https://doi.org/10.1093/auk/118.2.443>
- Connell JH. 1980. Diversity and the coevolution of competitors, or the ghost of competition past. *Oikos*. 35(2):131. doi: <https://doi.org/10.2307/3544421>
- Crump ML. 2009. Amphibian diversity and life story. En: Dodd CK, editor. *Amphibian ecology and conservation: a handbook of techniques*. Nueva York: Oxford University Press. p. 3-20.
- Crump ML, Scott NJ. 1994. Visual Encounter Surveys. En: Heyer W, Donnelley MA, McDiarmid RA, Hayec LC, Foster MC, editores. *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press. p. 84-92.
- Cruz-Elizalde R, Ramírez-Bautista A. 2012. Diversidad de reptiles en tres tipos de vegetación del estado de Hidalgo, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 83(2):458-467. doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.2.940>
- Das I. 1996. Resource use and foraging tactics in a south Indian amphibian community. *J. South Asian Nat. Hist.* 20:1-30.
- Dixon JR, Lemos-Espinal JA. 2010. Anfibios y reptiles del estado de Querétaro, México=Amphibians and reptiles of the state of Queretaro, Mexico. México: Universidad de Texas A & M, Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Ellison AM. 2010. Partitioning diversity. *Ecology*. 91(7):1962-1963. doi: <https://doi.org/10.1890/09-1692.1>
- Fernández-Badillo L, Manríquez-Morán NL, Castillo-Cerón JM, Goyenechea I. 2016. Análisis herpetofaunístico de la zona árida del estado de Hidalgo. *Rev. Mex. Biodivers.* 87(1):156-170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.009>
- Flores-Villela O, García-Vázquez UO. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85:467-475. doi: <https://doi.org/10.7550/RMB.43236>
- Frías-Alvarez P, Zúñiga-Vega JJ, Flores-Villela O. 2010. A general assessment of the conservation status and decline trends of Mexican amphibians. *Biodivers. Conserv.* 19:3699-3742. doi: <https://doi.org/10.1007/s100531-010-9923-9>
- Frost DR. 2021. *Amphibian Species of the World: an Online Reference*. Version 6.1. [Revisada en: 5 jul 2021]. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/>
- García-Balderas CM. 2011. Comparación de la diversidad y abundancia relativa de la herpetofauna en una zona perturbada y una conservada en el Área Natural Protegida (ANP) Sierra de Lobos, Guanajuato. [Tesis]. [Aguascalientes]: Universidad Autónoma de Aguascalientes.

- García-Morales R, Moreno CE, Bello-Gutiérrez J. 2011. Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas: El número de especies efectivas de murciélagos en el sureste de Tabasco, México. *Therya*. 2:205-215. doi:
- Gotelli N, Graves GR. 1996. *Null models in ecology*. Washington, D. C.: Smithsonian Institution Press.
- Gotte SW, Jacobs JF, Zug GR. 2016. Preserving Reptiles for Research. En: Dodd CK, editor. *Reptile ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford University Press. doi: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198726135.003.0006>
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol. Electron*. 4(1):1-9.
- Hernández-Árciga R, Hernández C, López-Vidal JC, Villegas-Ruiz J, Elizalde-Arellano C. 2013. A new record of *Geophis latifrontalis* (Squamata: Colubridae) for the state of Guanajuato, Mexico. *Acta Zool. Mex. (N.S.)*. 29(3):684-687. doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2013.2931607>
- Hernández-Árciga R, Villegas-Ruiz J, Elizalde-Arellano C, López-Vidal JC. 2018. Los anfibios y reptiles de Guanajuato. México: Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial y Herpetario de la Sierra Gorda de Guanajuato.
- Hill MO. 1973. Diversity and Evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology*. 54(2):427-432. doi: <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hocking DJ, Babbitt KJ. 2014. Amphibian contributions to ecosystem services. *Herpetol. Conserv. Bio*. 9(1):1-17.
- Hsieh TC, Ma KH, Chao A. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods. Ecol. Evol.* 7(12):1451-1456. doi: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Guanajuato 2017. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- [IUCN] International Union for Conservation of Nature. 2021. IUCN List of Threatened Species. Version 2021-1. [Revisada en: 5 jul 2021]. <https://www.iucnredlist.org/>
- Jaccard P. 1912. The distribution of the Flora in the Alpine Zone. *New Phytol.* 11(2):37-50. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1912.tb05611.x>
- Krebs CJ. 1999. *Ecological Methodology*. Second edition. USA: Addison-Wesley Educational Publishers, Inc.
- Laurencio DE. 2007. Environmental correlates to amphibian and reptile diversity in Costa Rica. [Tesis]. [College Station]: Texas A&M University.
- Lemos-Espinal JA, Dixon JR. 2013. *Amphibians and reptiles of San Luis Potosí*. Utah: Eagle Mountain Publishing, LC.
- Levins R. 1968. *Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations*. Princeton, Nueva Jersey: Princeton University Press. doi: <https://doi.org/10.1515/9780691209418>
- Leyte-Manrique A, Berriozabal-Islas C, Mata-Silva V, Morales-Castorena JP. 2018a. Herpetofaunal diversity in Área Natural Protegida Las Musas, Guanajuato, Mexico. *Mesoam. Herpetol.* 5(1):122-136.
- Leyte-Manrique A, Buelna-Chontal AA, Torres-Díaz MA, Berriozabal-Islas C, Maciel-Mata CA. 2019. A comparison of amphibian and reptile diversity between disturbed and undisturbed environments of Salvatierra, Guanajuato, Mexico. *Trop. Conserv. Sci.* 12:1-12. doi: <https://doi.org/10.1177/1940082919829992>
- Leyte-Manrique A, Domínguez-Laso M. 2014. Guía de los anfibios y reptiles de Charco Azul, Xichú, Guanajuato. Ciudad de México: ITESI, SHM A.C. y COATZIN.
- Leyte-Manrique A, González-García RLE, Quintero-Díaz GE, Alejo-Iturvide F, Berriozabal-Islas C. 2018b. Aspectos ecológicos de una comunidad de anuros en un ambiente tropical estacional en Guanajuato, México. *Acta Zool. Mex. (N.S.)*, 34:1-14. doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412138>
- Leyte-Manrique A, Morales-Castorena JP, Escobedo-Morales LA. 2016. Variación estacional de la herpetofauna en el cerro del Veinte, Irapuato, Guanajuato, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 87(1):150-155. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.002>
- Macip-Ríos R, Muñoz-Alonso A. 2008. Diversidad de lagartijas en cafetales y bosque primario en el Soconusco chiapaneco. *Rev. Mex. Biodivers.* 79:185-195. doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2008.001.527>
- Medina-Aguilar O, Alvarado-Díaz J, Suazo-Ortuño I. 2011. Herpetofauna de Tacámbaro, Michoacán, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 82(4):1194-1202. doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.740>
- Medina-Rangel GF, Cárdenas-Árevalo G. 2015. Relaciones espaciales y alimenticias del ensamblaje de reptiles del complejo cenagoso de Zapatosá, departamento del Cesar (Colombia). *Pap. Avulsos. Zool.* 55(10):143-165. doi: <https://doi.org/10.1590/0031-1049.2015.55.10>
- Mendoza-Portilla MCG. 2019. Uso de microhábitat y distribución espacial de la anurofauna en Cuenca Baja del Río Temascatio, Guanajuato. [Tesis]. [Irapuato, Guanajuato]: Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.
- Mendoza-Quijano F, Mejenes-López SMA, Reynoso VH, Estrada-Hernández MA, Rodríguez-Blanco M. 2001. Anfibios y reptiles de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato: cien años después. *An. Inst. Biol. Serie Zoológica*. 72(2):233-243.
- Mendoza-Sáenz VH, Horváth A, Ruiz-Montoya L, Escalona-Segura G, Navarrete-Gutiérrez DA. 2017. Patrones de diversidad de murciélagos en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Mastozoo. Neotrop.* 24:365-387.
- Mesquita DO, Colli GR, França FGR, Vitt LJ. 2006. Ecology of a Cerrado lizard assemblage in the Jalapão Region of Brazil. *Copeia*. 2006(3):460-471. doi: [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2006\)2006\[460:EOACLA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2006)2006[460:EOACLA]2.0.CO;2)

- Muñoz-Guerrero J, Serrano VH, Ramírez-Pinilla MP. 2007. Uso de microhábitat, dieta y tiempo de actividad en cuatro especies simpátricas de ranas hílidas neotropicales (Anura: Hyliidae). *Caldasia*. 29:413-425.
- Ontiveros-Esqueda L. 2012. Estructura de la comunidad herpetofaunística en bosque de encino en Zapopan, Jalisco México. [Tesis]. [Zapopan, Jalisco]: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara.
- Parra-Olea G, Flores-Villela O, Mendoza-Almeralla C. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Rev. Mex. Biodivers.* 85:460-466. doi: <https://doi.org/10.7550/RMB.32027>
- Pérez-Vega A, Rocha-Álvarez F, Regil-García HH. 2016. Distribución espacial del uso/cubierta del suelo y degradación forestal en la reserva de la biosfera Sierra Gorda de Guanajuato. *Acta Universitaria*. 26(2):33-44. doi: <https://doi.org/10.15174/au.2016.1500>
- Pianka ER. 1973. The structure of lizard communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4:53-74. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000413>
- Plasencia-Vázquez AH, Escalona-Segura G, Cú-Vizcarra JD, Borges-Jesús KP, Serrano A, Ferrer-Sánchez Y, Vargas-Contreras JA. 2020. Diversidad de murciélagos en la selva baja inundable del sureste de México. *Rev. Biol. Trop.* 68(2):623-640. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i2.38899>
- Rodríguez-Gutiérrez MF. 2019. Composición, uso de microhábitat y distribución espacial de la comunidad de reptiles en la Cuenca Baja del Río Temascalí, Guanajuato. [Tesis]. [Irapuato, Guanajuato]: Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato.
- Sale PF. 1974. Overlap in resource use, and interspecific competition. *Oecologia* 17:245-256. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00344924>
- Sánchez-Luna M, González-Hernández AJ, Cabrera-Guzmán E, Reynoso VH. 2009. Geographic distribution: *Anolis nebulosus* (Clouded Anole). *Herpetol. Rev.* 40:450.
- Santoyo-Brito E, Lemos-Espinal JA. 2010. Reparto de recursos de los gremios de lagartijas en el cañón de Chínipas, Chihuahua, México. *Acta Zool. Mex. (N.S.)*. 26(2):435-450. doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2010.262721>
- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. DECRETO por el que se declara área natural protegida, con el carácter de reserva de la biosfera, la zona conocida como Sierra Gorda de Guanajuato localizada en los municipios de Atarjea, San Luis de la Paz, Santa Catarina, Victoria y Xichú, en el Estado de Guanajuato. México, DF.: Diario Oficial de la Federación. Viernes 2 feb 2007.
- [SEMARNAT] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. México, DF.: Diario Oficial de la Federación. Jueves 30 de diciembre de 2010.
- Stuart SN, Chanson JS, Cox NA, Young BE, Rodrigues ASL, Fischman DL, Waller RW. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*. 306(5702):1783-1786. doi: <https://doi.org/10.1126/science.1103538>
- Uetz P, Freed P, Aguilar R, Hošek J. 2021. The Reptile Database. [Revisada en: 5 jul 2021]. <http://www.reptile-database.org>
- Uriarte-Garzón P, Lozoya-Gloria E. 2009. Manual del inventario de la fauna del Área Natural Protegida “Cerro de Arandas”. Irapuato, Guanajuato: Parque Ecológico de Irapuato, A. C.
- Valencia-Aguilar A, Cortés-Gómez AM, Ruiz-Agudelo CA. 2013. Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *Int. J. Biodivers. Sci. Ecosyst. Serv. Manag.* 9(3):257-272. doi: <https://doi.org/10.1080/21513732.2013.821168>
- Vellegas-Ruiz J, Hernández-Árciga R, López-Vidal JC, Elizalde-Arellano C. 2015. Ampliación de la distribución de *Gerrhonotus infernalis* (Squamata: anguidae) para la región noreste del estado de Guanajuato. *Acta Zool. Mex. (N.S.)*. 31(1):135-137. doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2015.311530>
- Vite-Silva VD, Ramírez-Bautista A, Hernández-Salinas U. 2010. Diversidad de anfibios y reptiles de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 81(2):473-485. doi: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.002.237>
- Vitt LJ, Caldwell JP. 2014. Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles. Academic Press.
- Wilson LD, Johnson JD, Mata-Silva V. 2013a. A conservation reassessment of the amphibians of Mexico based on the EVS measure. *Amphib. Reptile Conse.* 7:97-127.
- Wilson LD, Mata-Silva V, Johnson JD. 2013b. A conservation reassessment of the reptiles of Mexico based on the EVS measure. *Amphib. Reptile Conse.* 7:1-47.
- Winck GR, Hatano F, Vrcibradic D, Van Sluys M, Rocha CFD. 2016. Lizard assemblage from a sand dune habitat from southeastern Brazil: a niche overlap analysis. *An. Acad. Bras. Cienc.* 88(1):677-687. doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150335>
- Zainudin R, Zain BMM, Ahmad N, Nor SM. 2017. Microhabitat partitioning of closely related Sarawak (Malaysian Borneo) frog species previously assigned to the genus *Hylarana* (Amphibia: Anura). *Turk. J. Zool.* 41(5):876-891. doi: <https://doi.org/10.3906/zoo-1701-36>

Zamudio-Ruiz S. 2012. Diversidad de ecosistemas del estado de Guanajuato. En: CONABIO e IEE, editores. La biodiversidad en Guanajuato: Estudio de estado Volumen II. Ciudad de México y Guanajuato, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.