

## Diversidad de herpetofauna en la región norte de Veracruz, México

### Herpetofauna diversity in northern region of Veracruz, Mexico

Juan Manuel Pech-Canché<sup>1\*</sup> , Mario Torres-Sebastian<sup>1</sup> , Ivette Alicia Chamorro-Florescano<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Laboratorio de Vertebrados Terrestres, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Poza Rica - Tuxpan, Universidad Veracruzana. Km 7.5 Carretera Tuxpan-Tampico, Col. Universitaria, CP. 92860. Tuxpan, Veracruz, México

\*Autor de correspondencia: [jmpech@uv.mx](mailto:jmpech@uv.mx)

#### Artículo científico

Recibida: 13 de febrero 2024

Aceptada: 02 de julio 2025

**RESUMEN.** Los anfibios y reptiles (herpetofauna) son un grupo biológico importante en los ecosistemas y que además presentan una gran riqueza de especies en el estado de Veracruz; sin embargo, la mayor parte de los estudios se han centrado en la zona centro y sur, lo que genera un vacío de información en la región norte del estado, por lo cual el objetivo fue analizar la diversidad de la herpetofauna en tres sitios de la zona norte del estado de Veracruz. Entre marzo y junio de 2017, se analizó la diversidad de herpetofauna en tres sitios de la región norte de Veracruz (Tamiahua, Ixhuatlán de Madero y Otontepec) mediante visitas mensuales, incluyendo dentro de cada sitio tres hábitats con características que benefician la presencia de anfibios y reptiles (ej. cuerpos de agua, cobertura vegetal y zonas con un uso de suelo agrícola). Se registró un total de 22 especies, 10 anfibios y 12 reptiles, siendo Otontepec el sitio con la mayor diversidad alfa de orden q y mayor diversidad beta asociada al recambio, lo que puede deberse a la mayor heterogeneidad ambiental. Se encontraron seis especies incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, un anfibio (*Rana berlandieri*) y cinco reptiles (*Leptodeira annulata*, *Leptophis mexicanus*, *Masticophis mentovarius*, *Ctenosura acanthura* y *Dermatemys mawii*), lo que muestra la importancia de la región norte de Veracruz para el mantenimiento de la diversidad de herpetofauna y el registro de especies en alguna categoría de conservación.

**Palabras clave:** Anfibios, diversidad beta, recambio, reptiles, Veracruz.

**ABSTRACT.** Amphibians and reptiles (herpetofauna) are an important biological group in ecosystems and also present a great species richness in Veracruz state, however, most of the studies had been focus on the central and southern areas, which creates an information gap in the northern region of the state, therefore, our objective was to analyze the diversity of herpetofauna in three sites in the northern region of the state of Veracruz. Between March and June 2017, the diversity of herpetofauna was analyzed in three sites in the northern region of Veracruz (Tamiahua, Ixhuatlán de Madero and Otontepec) through monthly visits, including within each site three habitats with characteristics that benefit the presence of amphibians and reptiles (e.g. as bodies of water, vegetation cover and areas with agricultural land use). A total of 22 species were recorded, 10 amphibians and 12 reptiles, with Otontepec being the site with the highest alpha diversity of order q and the highest beta diversity associated with turnover, which may be due to the greatest environmental heterogeneity. Six species included in NOM-059-SEMARNAT-2010 were found, one amphibian (*Rana berlandieri*) and five reptiles (*Leptodeira annulata*, *Leptophis mexicanus*, *Masticophis mentovarius*, *Ctenosura acanthura* and *Dermatemys mawii*), which shows the importance of the northern region of Veracruz for the maintenance of herpetofauna diversity and the record of species in some conservation category.

**Keywords:** Amphibians, beta diversity, turnover, reptils, Veracruz.

## INTRODUCCIÓN

México alberga una gran riqueza, no solo biológica, sino también paisajística, ya que cuenta con una amplia gama de climas y heterogeneidad espacial, lo que le brinda al territorio mexicano una enorme diversidad de flora y fauna que lo posiciona como uno de los países megadiversos del planeta, tanto en plantas como animales (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008). Entre los vertebrados terrestres, los anfibios y reptiles (herpetofauna), son los más abundantes y diversos en ecosistemas tropicales (Ramírez-Bautista *et al.* 2023). Este grupo biológico aporta importantes servicios ambientales, tanto de regulación, soporte, provisioningamiento y culturales, incluyendo procesos ecológicos importantes como dispersión de semillas, control biológico, bioturbación, así como parte del flujo de energía, tanto como depredadores como presas (Valencia-Aguilar *et al.* 2013, Cortéz-Gómez *et al.* 2015); sin embargo, a nivel global son uno de los grupos más amenazados entre los tetrápodos (Cox *et al.* 2022).

Para México, se ha reportado una riqueza de 1 421 especies de herpetofauna (1 405 especies nativas y 16 especies no nativas), posicionando al país como la quinta fauna de anfibios más grande y la segunda fauna de reptiles más grande del mundo (Ramírez-Bautista *et al.* 2023). El estado de Veracruz es uno de los tres más ricos en especies a nivel nacional en cuanto a herpetofauna (Flores-Villela y García-Vázquez 2014), y en los últimos años se ha incrementado la investigación sobre este grupo biológico, incluyendo una revisión a nivel estatal sobre la composición, distribución y estado de conservación (Torres-Hernández *et al.* 2021). Además de estudios de diversidad en diferentes regiones del estado (Contreras-Calvario *et al.* 2021, Peralta-Hernández *et al.* 2020, Cerón-de-la-Luz *et al.* 2016), aunado a nuevos registros de distribución de algunas especies (De-la-Torre-Loranca *et al.* 2020), así como estudios genéticos de especies con distribución en la región (Suárez-Atilano *et al.* 2024). A pesar de lo anterior, estos estudios se han centrado principalmente en la región de las montañas, el centro y sur del estado, registrando para el norte del estado solo algunos estudios relacionados con nuevos registros de especies (Chavez-Lugo *et al.* 2015, Morales-Mávil *et al.* 2017), más que estudios de diversidad a nivel de comunidades.

Una de las estrategias que se han diseñado para la realización de inventarios de diversidad es el método RAP (Programa de Evaluación Rápida, por sus siglas en inglés). Este método se basa en el registro de organismos de manera rápida seleccionando sitios con alta diversidad, lo que permite conocer las necesidades básicas para la conservación mediante la obtención de datos acerca de la riqueza y composición comparándola con información a nivel local y regional (Alonso *et al.* 2011), lo que en otros estudios con herpetofauna se ha usado para la toma de decisiones respecto del impacto de los cambios ambientales en especies residentes (Miranda *et al.* 2014). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue analizar la diversidad de la herpetofauna en tres sitios de la zona norte del estado de Veracruz a través del método RAP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

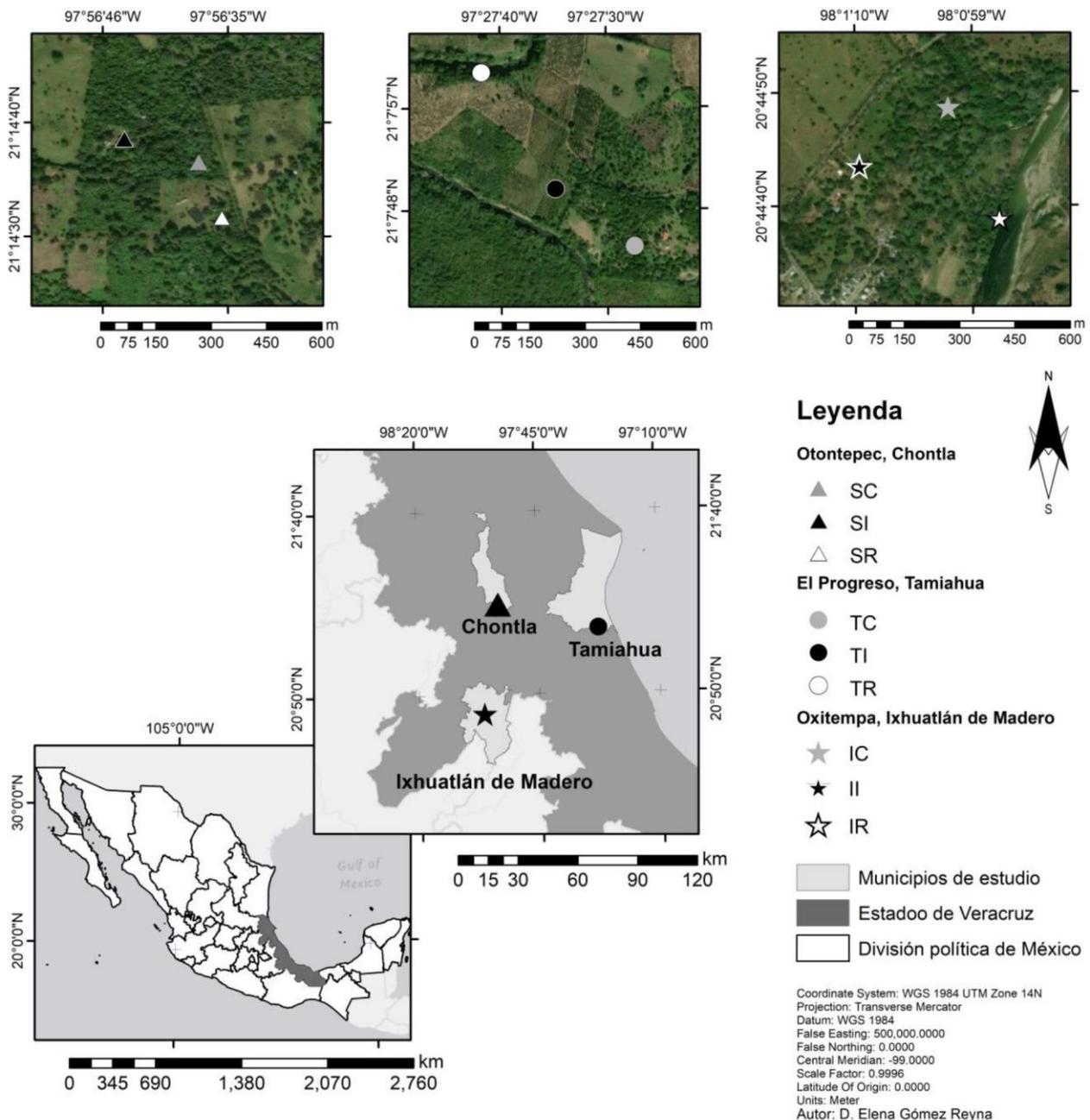
El presente trabajo fue realizado en tres sitios de la zona norte del estado de Veracruz. El primer sitio se ubica en el ejido El Progreso, municipio de Tamiahua (Tamiahua, de aquí en adelante), a nivel municipal el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura anual entre 24-26 °C y una precipitación anual entre 1 200-1 500 mm (INEGI 2010a); a nivel ejidal se cuenta con un fragmento de selva mediana perennifolia donde predominan árboles de encino, ceibas y cedros, colindando con un estero navegable y un manantial de agua dulce, así como con una zona de cultivo de cítricos y árboles frutales. El segundo sitio se encuentra en la localidad de Oxitempa, municipio de Ixhuatlán de Madero (Ixhuatlán, de aquí en adelante), a nivel municipal el clima es cálido húmedo con lluvias abundantes en verano, con un rango de temperatura anual entre 22-26 °C y una precipitación promedio anual entre 1 400-2 100 mm (INEGI 2010b); la localidad de estudio se encuentra cerca de uno de los brazos del río Pantepec, con una vegetación en su mayoría de cultivos de cítricos, maíz y frijol y un fragmento de vegetación secundaria. El tercer sitio se encuentra en el municipio de Chontla y forma parte de la Reserva Ecológica Sierra de Otontepec (Otontepec, de aquí en adelante), a nivel municipal el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un rango de temperatura anual entre 20-26 °C y precipitación promedio anual entre 1 100-1 600 mm (INEGI 2010c); a nivel regional, la sierra de Otontepec cuenta con una accidentada topografía que va de los 350 a las 1 320 msnm, incluyendo seis tipos principales de vegetación (selva mediana perennifolia, selva mediana subperennifolia, selva alta perennifolia, selva alta subperennifolia, bosque de encinos y bosque mesófilo de montaña), además de vegetación en recuperación (acahuales), derivados de los tipos de vegetación natural (Rodríguez-Luna *et al.* 2011) (Figura 1).

En cada uno de estos tres sitios, se seleccionaron tres hábitats diferentes que incluyeran características particulares que favorecieran la presencia de la herpetofauna: un sitio ribereño con la presencia de algún cuerpo de agua, un sitio impactado por actividades humanas, en especial cultivos, además de algún sitio semiconservado con algún tipo de vegetación natural propia de la zona de estudio. Para el caso de Tamiahua, los sitios considerados fueron un cuerpo de agua (TR; LN 21° 8' 0.12", LO 97° 27' 41.89"), un cultivo de cítricos (TI; LN 21° 7' 49.81", LO 97° 27' 35.01") y un acahual con algunos árboles de ceibas y cedros (TC; LN 21° 7' 44.70", LO 97° 27' 27.60"). En Ixhuatlán se consideró un brazo del río Pantepec (IR; LN 20° 44' 38.83", LO 98° 0' 56.57), un pastizal con algunos árboles de cítricos (II; LN 20° 44' 43.49", LO 98° 1' 9.68"), además de un fragmento de vegetación secundaria con algunos árboles de encinos y mangos (IC; LN 20° 44' 48.64", LO 98° 1' 1.33"). En Otontepec se consideró una presa artificial que suministra con agua a las comunidades cercanas (SR; LN 21° 14' 31.61", LO 97° 56' 35.54"), un fragmento con cultivo de hortalizas (SI; LN 21° 14' 38.56", LO 97° 56' 44.97"), además de un fragmento con bosque de encino (SC; LN 21° 14' 36.51" LO 97° 56' 37.58").

### Trabajo de campo

En todos los sitios de estudio se realizaron visitas mensuales durante seis meses, de marzo a agosto de 2017. Los muestreos se realizaron basados en las principales recomendaciones del método RAP (Alonso *et al.* 2011), tanto en los horarios como la búsqueda de organismos. El trabajo de campo se

realizó de 08:00 a 11:00 horas y de 18:00 a 21:00 horas, buscando realizarse en temperaturas cálidas, sin lluvia y tomando en cuenta la biología de los organismos (Aguirre-León 2011). Los recorridos se efectuaron a través de cuadrantes de 900 m<sup>2</sup> por sitio, separados entre sitios por una distancia mínima de 300 m, dedicando un día por sitio (tres días por cada localidad).



**Figura 1.** Localización general de los tres sitios de estudio en el norte de Veracruz, México (la descripción de la simbología de los sitios se encuentra en el área de estudio).

La búsqueda de los organismos se realizó en microhábitats afines a ellos, removiendo hojas, troncos, ramas, piedras, con ayuda de un gancho herpetológico, para el caso de los anfibios en charcos y a la orilla del río. Cada individuo fue fotografiado para tener un registro y ayudar a su identificación a nivel de especie, para posteriormente liberarlo en el mismo lugar de su captura.

Dentro de cada cuadrante se implementaron dos métodos de muestreo, por un lado una recolecta oportunista, que consiste en la búsqueda no sistemática intensiva bajo condiciones ambientales particulares que favorezcan la presencia de organismos (hojas, troncos, ramas, piedras), además de encuentros visuales, que consisten en la observación y conteo de organismos a lo largo de trayectos de distancia fija o aleatoria al interior de cada condición ambiental considerada, generalmente durante un periodo determinado de tiempo fijo (Aguirre-León 2011).

Todos los organismos capturados fueron identificados a nivel de especie usando libros y guías especializadas (Guzmán-Guzmán 2011, Hernández-Baz y Rodríguez-Vargas 2014, Powell *et al.* 2016). La determinación taxonómica de los anfibios se basó en Amphibians Species of the World (Frost 2024), mientras que para los reptiles se basó en The Reptile Database (Uetz *et al.* 2023), con excepción de algunos casos específicos, como el género *Rana* basados en Yuan *et al.* (2016), de *Rhinella horribilis* basados en Acevedo-Rincón *et al.* (2016), de *Trachycephalus vermiculatus* basados en Ron *et al.* (2016), y de *Holcosus amphigrammus* basados en Meza-Lázaro y Nieto-Montes-de-Oca (2015). El estado de conservación de las especies fue determinado a través de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010).

### Análisis estadísticos

El esfuerzo de muestreo en cada sitio se evaluó mediante la completitud de la muestra (López-Mejía *et al.* 2017), la riqueza de especies acumulada se estimó a través de curvas de rarefacción, registrando diferencias significativas a través del traslape de los intervalos de confianza al 95% (Cumming *et al.* 2007), ambos análisis se realizaron mediante el paquete iNext (Chao *et al.* 2016) en el programa R versión 4.0.3 (R Core Team 2020), extrapolando al doble de la abundancia del sitio con la menor cobertura de la muestra (Chao y Jost 2012).

La diversidad alfa se estimó a través de las medidas de diversidad real de orden  $q$  ya que se ha demostrado que estas métricas son más adecuadas que los índices tradicionales (Jost y González-Ojera 2012). La diversidad beta se estimó a partir de la partición de la disimilitud total en sus componentes de recambio y anidamiento con base en la propuesta de Baselga (2010), esto para saber si la disimilitud, tanto entre sitios como entre hábitats, puede estar más asociada al reemplazo (recambio) o a la pérdida o ganancia (anidamiento) de especies, todos estos análisis fueron realizados en el programa R versión 4.0.3 (R Core Team 2020).

## RESULTADOS

De manera general, en los tres sitios de estudio se registraron 110 ejemplares pertenecientes a 22 especies, incluyendo 10 especies, siete géneros, cuatro familias y un orden de anfibios, así como 12 especies, 12 géneros, ocho familias y dos órdenes de reptiles, de los cuales, seis especies se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010: un anfibio (*Rana berlandieri*), y cinco

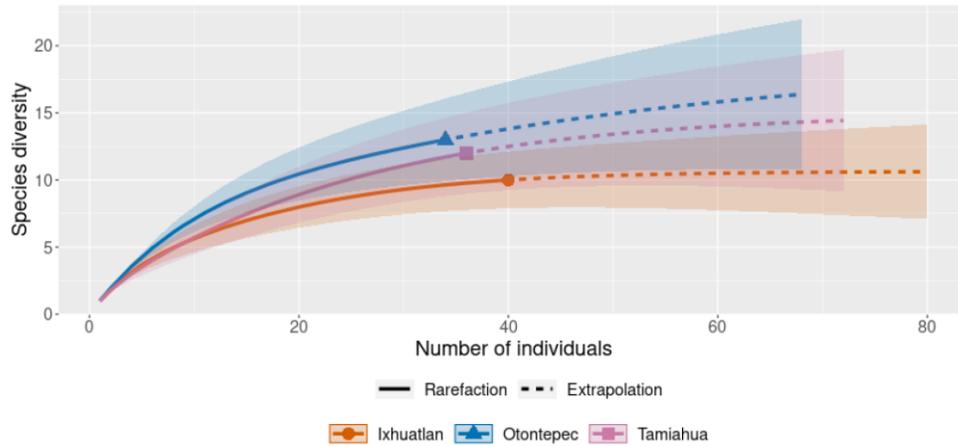
reptiles (*Leptophis mexicanus*, *Dermatemys mawii*, *Masticophis mentovarius*, *Ctenosaura acanthura* y *Leptodeira anulada*) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Riqueza y abundancia de herpetofauna en tres sitios del norte de Veracruz, México.

Especie	NOM-059	Sitios		
		Tamiahua	Ixhuatlán	Otontepec
<b>Clase Amphibia</b>				
<b>Orden Anura</b>				
<b>Familia Bufonidae</b>				
<i>Incilius valliceps</i>				2
<i>Incilius nebulifer</i>		2	9	
<i>Rhinella horribilis</i>			2	
<b>Familia Eleutherodactylidae</b>				
<i>Eleutherodactylus cystignathoides</i>		1		1
<b>Familia Hylidae</b>				
<i>Ecnomiohyla miotympanum</i>				1
<i>Trachycephalus vermiculatus</i>		4		2
<b>Familia Ranidae</b>				
<i>Leptodactylus melanonotus</i>		3	1	6
<i>Rana berlandieri</i> *	Pr	2		
<i>Rana catesbeianus</i>			1	4
<i>Rana spectabilis</i>			2	
<b>Clase Reptilia</b>				
<b>Orden Squamata</b>				
<b>Familia Colubridae</b>				
<i>Leptodeira annulata</i> *	Pr		3	1
<i>Drymobius margaritiferus</i>		1		1
<i>Leptophis mexicanus</i> *	A	1		
<i>Masticophis mentovarius</i> *	A	1		
<b>Familia Gekkonidae</b>				
<i>Hemidactylus frenatus</i>		2	4	5
<b>Familia Iguanidae</b>				
<i>Ctenosura acanthura</i> *	Pr		2	
<b>Familia Phrynosomatidae</b>				
<i>Sceloporus variabilis</i>		16	13	4
<b>Familia Polychrotide</b>				
<i>Anolis sericeus</i>				3
<b>Familia Teiidae</b>				
<i>Holcosus amphigrammus</i>		1		3
<i>Aspidoscelis deppii</i>			3	
<b>Familia Viperidae</b>				
<i>Bothrops asper</i>				1
<b>Orden Testudines</b>				
<b>Familia Dermatemydidae</b>				
<i>Dermatemys mawii</i> *	P	2		

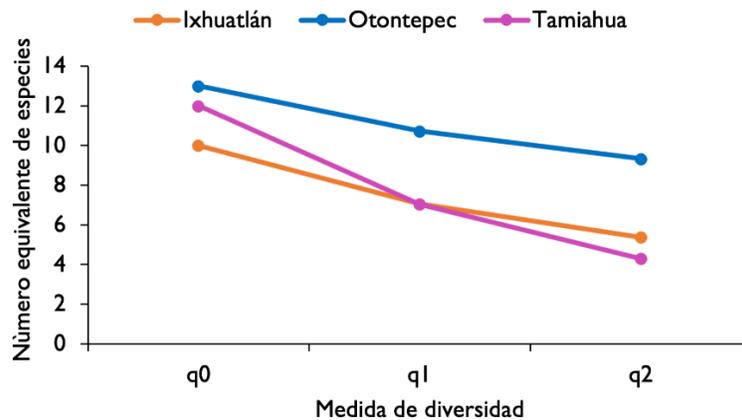
\* Especie incluida en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (A: Amenazada; Pr: En peligro de extinción; P: Protegida).

Con base en la completitud de la muestra, los inventarios en los tres sitios se pueden considerar adecuados ya que se obtuvo una representatividad de al menos el 80% (87% en Tamiahua, 95% en Ixhuatlán y 86% en Otontepec). No se registraron diferencias estadísticamente significativas en la riqueza de especies acumulada en los tres sitios de estudio (Otontepec 13 especies, Tamiahua 12 especies e Ixhuatlán 10 especies), debido al traslape de sus intervalos de confianza (Figura 2).



**Figura 2.** Curva de rarefacción de los tres sitios de estudio.

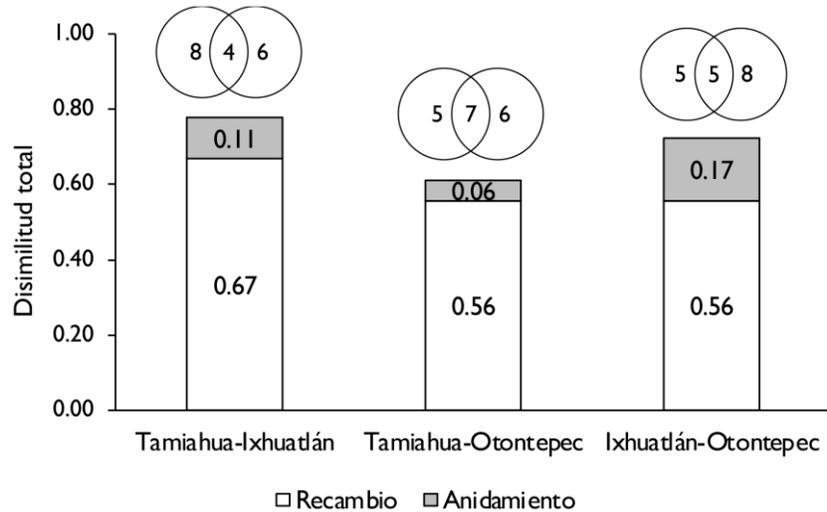
Lo anterior se confirma en el análisis de diversidad alfa, ya que de las tres medidas de diversidad de orden  $q$  empleadas, es en la métrica relacionada con la riqueza de especies ( $q_0$ ) donde menos se marcan diferencias entre los sitios, ya que tanto con  $q_1$  y  $q_2$  Otontepec resulta ser el sitio con la mayor diversidad (Figura 3).



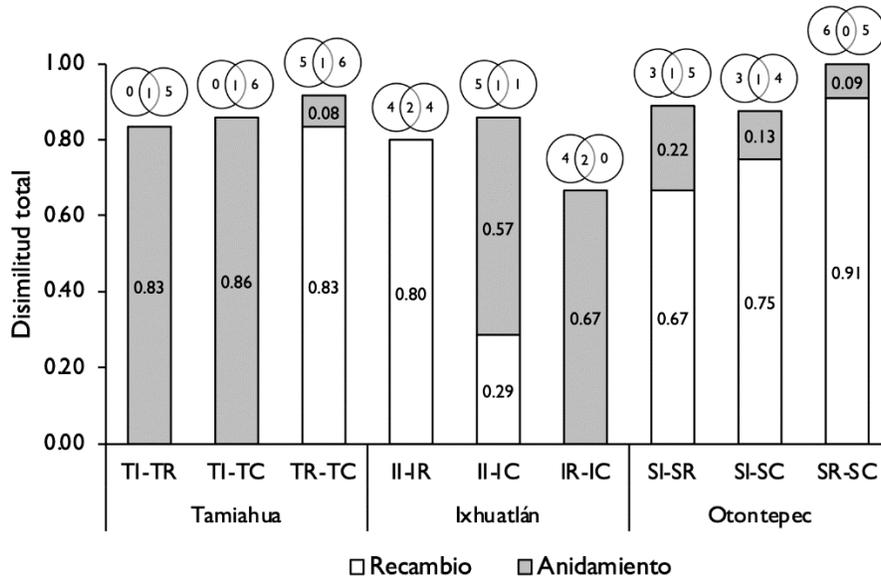
**Figura 3.** Medidas de diversidad real de orden  $q$  para los tres sitios estudiados.

La disimilitud total a nivel de sitios fue alta, especialmente entre Tamiahua e Ixhuatlán, asociada de forma principal al recambio más que al anidamiento (Figura 4). A nivel de hábitat, en todas las comparaciones se registró una disimilitud alta, en especial entre el sitio ripario y semiconservado en Otontepec, que alcanzó 100%, debido a que no presentaron especies compartidas, aunque en esta escala de comparación se presentan casos donde fue más importante el recambio (ej. hábitat

impactado y ripario en Ixhuatlán), mientras que en otros fue más importante el anidamiento (ej. hábitat impactado y ripario, así como hábitat impactado y semiconservado en Tamiahua) (Figura 5).



**Figura 4.** Disimilitud entre los diferentes sitios estudiados a través de sus componentes de recambio y anidamiento (el diagrama de Venn incluye las especies exclusivas de cada sitio y las compartidas entre sí).



**Figura 5.** Disimilitud entre los diferentes hábitats de los tres sitios analizados en función de sus componentes de recambio y anidamiento (el diagrama de Venn incluye las especies exclusivas de cada sitio y las compartidas entre sí) (la simbología se encuentra descrita en el área de estudio).

## DISCUSIÓN

A nivel regional, las 22 especies registradas representan el 6% de la riqueza de herpetofauna a nivel estatal (359 especies, Torres-Hernández *et al.* 2021), lo que puede deberse a que, a pesar de que el presente trabajo incluye tres municipios en la zona norte de Veracruz, en los sitios de muestreo no se presentan hábitats naturales con grandes extensiones o con adecuadas condiciones de conservación, tal como se presentan en las principales áreas naturales protegidas del estado (Rodríguez-Luna *et al.* 2011), además de ser sitios relativamente homogéneos altitudinalmente, a diferencia de la configuración de Veracruz, cuya heterogeneidad ambiental, clima, tipos de vegetación y confluencia en dos zonas biogeográficas, hacen que sea uno de los tres estados más ricos en especies de herpetofauna en México (Ramírez-Bautista *et al.* 2023). La excepción podría ser la sierra de Otontepec, la cual, debido a su rango altitudinal y la variedad de ecosistemas naturales que alberga (Rodríguez-Luna *et al.* 2011), puede explicar que sea el sitio con la mayor diversidad alfa registrada a través de las distintas métricas empleadas.

La riqueza de herpetofauna registrada en los sitios del presente estudio (13 especies en Otontepec, 12 en Tamiahua y 10 en Ixhuatlán) es similar a las 14 especies registradas en Cumbre de Tonalixco, municipio Rafael Delgado (Peralta-Hernández *et al.* 2020). Lo que puede deberse a que se tuvo un esfuerzo de muestreo similar (seis visitas a campo en nuestro estudio y cinco en Cumbre de Tonalixco), además de que este último estudio se centró principalmente en un solo tipo de ecosistema bien conservado (bosque de niebla), a diferencia del presente estudio en donde se emplearon tres diferentes hábitats con diferente grado de conservación.

De manera general, las 22 especies totales son similares a las 21 especies (ocho anfibios y 13 reptiles) registradas en tres localidades del municipio de Amatlán de los Reyes (Pérez-Sato *et al.* 2018); sin embargo, es menor a 44 especies (11 anfibios y 33 reptiles) registradas en el municipio de Camerino Z. Mendoza, del centro de Veracruz (Contreras-Calvario *et al.* 2021), las 55 especies (20 de anfibios y 30 de reptiles) registradas en el área protegida privada Área de Protección y Desarrollo de Ceratozamia, municipio de Ixhuatlán del Sureste (Aguilar-López *et al.* 2020), así como a las 78 especies (28 anfibios y 50 reptiles) registradas en el Valle Cuautlapan, municipio de Ixtaczoquitlán (Cerón-de-la-Luz *et al.* 2016). Lo anterior, puede deberse a que los municipios de Amatlán de los Reyes, Camerino Z. Mendoza e Ixtaczoquitlán se encuentran ubicados en la región de altas montañas del centro de Veracruz, la cual es considerada una de las zonas con la mayor riqueza de herpetofauna en el estado por ser parte del Cinturón Volcánico Transmexicano y la Sierra Madre Oriental, lo que genera que exista una gran variación climática y altitudinal que favorece la presencia de herpetofauna (Almaraz-Vidal y Cerón-de-la-Luz 2016). Además, en algunos casos se incluyeron entrevistas con pobladores locales y búsqueda de registros históricos, lo que permitió incrementar de forma significativa la cantidad de especies registradas (Cerón-de-la-Luz *et al.* 2016).

La riqueza de especies de herpetofauna registrada en los tres sitios de estudio no fue significativamente diferente entre sí; sin embargo, el hecho de que individualmente cada sitio contenga aproximadamente el 50% de la riqueza total (22 especies), indica que la diversidad beta adquiere mayor importancia a nivel regional. La separación de la diversidad beta en sus componentes de recambio y anidamiento demuestra que, a nivel de sitios (Figura 3), el mayor porcentaje de la disimilitud total está asociado con el recambio. Esto porque, de forma general, los

diferentes sitios poseen especies exclusivas más que compartidas, tal como ha sido reportado en otros estudios con herpetofauna en Veracruz, en los cuales la riqueza total solo se alcanza mediante los registros combinados de varios hábitats, aunque presenten algún tipo de impacto antrópico, más que solo con los registros de un sitio natural de amplia extensión o en buen estado de conservación (Contreras-Calvario *et al.* 2021).

Sin embargo, cuando la escala se reduce a nivel de hábitat (Figura 4) el patrón no es claro, porque en algunas comparaciones fue más importante el anidamiento y en otras el recambio. Por ejemplo, en el caso de Tamiahua, el hecho de registrar solo una especie en el sitio impactado (*Sceloporus variabilis*), genera una mayor importancia del anidamiento en las comparaciones con los otros hábitats debido a que estos aportan la mayoría de las especies, mientras que en el caso de Otontepec, el registrar pocas especies compartidas en todas las comparaciones entre hábitats, genera mayor importancia del recambio para explicar la disimilitud total. Esto debido a una mayor heterogeneidad a nivel paisaje ya que por el rango altitudinal que posee se generan distintas condiciones ambientales y a su vez, permite el desarrollo de una gran variedad de ecosistemas, tanto naturales como antrópicos (Rodríguez-Luna *et al.* 2011). Lo anterior, demuestra la importancia de considerar los diferentes contextos locales en los sitios de muestreo para entender mejor los patrones que determinan la diversidad de la herpetofauna en esta escala espacial.

El diseño de muestreo empleado permitió el adecuado registro de especies protegidas, en especial de reptiles, ya que cinco de las 12 especies registradas se encuentran enlistadas en la normatividad ambiental mexicana, incluyendo dos especies endémicas, similar a lo reportado en otros estudios en Veracruz (Pérez-Sato *et al.* 2018, Peralta-Hernández y Castillo-Juárez 2021), lo que demuestra la utilidad que puede tener el método RAP a este nivel (Alonso *et al.* 2011). Sin embargo, el hecho de que la completitud del muestreo no alcance el 90% en todos los sitios del presente estudio, señala que aún se podrían registrar más especies en cada uno de ellos con un mayor esfuerzo de muestreo, ya sea a través de la realización de un muestreo anual, en otros hábitats circundantes, con técnicas de registro indirectas, como entrevistas a pobladores locales (Cerón de la Luz *et al.* 2016). Además, el incrementar el trabajo de campo no solo permitiría incrementar la riqueza puntual a nivel de hábitat o municipio (Peralta-Hernández *et al.* 2020), en especial si se encuentran dentro de alguna modalidad de área natural protegida (Pérez-Sato *et al.* 2018), sino que también, el realizarlo en regiones poco exploradas en cuanto a la herpetofauna, puede permitir el registro de nuevas especies en ciertas zonas, como los 15 nuevos registros (tres anfibios y 12 reptiles) en la sierra de Zongolica, entre Veracruz y Puebla (De-la-Torre-Loranca *et al.* 2020), así como los nueve registros (cinco anfibios y cuatro reptiles) del municipio de Huiloapan de Cuauhtémoc, en la sierra de alta montaña del centro de Veracruz (Peralta-Hernández y Castillo-Juárez 2021), así como también en zonas que puedan encontrarse por fuera de los modelos de distribución potencial de algunas especies, como el registro de *Coleonyx elegans* en Papantla, Veracruz (Chavez-Lugo *et al.* 2015), por lo cual es importante continuar con los estudios en zonas poco exploradas para conocer, no solo la riqueza de especies de forma general, sino también la distribución conocida de las especies, sobre todo si se encuentran en algún esquema de conservación nacional o internacional.

## CONCLUSIONES

Se registraron 22 especies de herpetofauna en la región norte de Veracruz, 10 anfibios y 12 reptiles, y aunque la sierra de Otontepec fue el sitio con la mayor riqueza puntual debido a una mayor heterogeneidad ambiental, a nivel regional toma mayor relevancia la diversidad beta para explicar la riqueza total, en especial el componente de recambio entre sitios. Aunque la completitud de la muestra pueda indicar que aún se pueden registrar nuevas especies en cada sitio, el diseño de muestreo empleado permitió el registro de seis especies protegidas, en especial reptiles, demostrando la importancia de trabajar en sitios poco explorados, no solo por la posibilidad de incrementar el listado de especies, sino también de ampliar la distribución conocida de especies protegidas.

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que apoyaron el trabajo de campo, en especial Ricardo Escobedo. A D. Elena Gómez Reyna por la realización del mapa del área de estudio. A los dueños de los predios que permitieron el acceso a los sitios de estudio. A los dos revisores anónimos cuyas sugerencias ayudaron a mejorar la calidad del manuscrito.

## CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo-Rincón AA, Lampo M, Cipriani R (2016) The cane or marine toad, *Rhinella marina* (Anura, Bufonidae): two genetically and morphologically distinct species. *Zootaxa* 4103: 574-586. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4103.6.7>
- Aguilar-López JL, Ortiz-Lozada L, Pelayo-Martínez J, Mota-Vargas C, Alarcón-Villegas LE, Demeneghi-Calatayud AP (2020) Diversidad y conservación de anfibios y reptiles en un área protegida privada de una región altamente transformada en el sur de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 36: 1-14. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612164>
- Aguirre-León G (2011) Métodos de estimación, captura y contención de anfibios y reptiles. In: Gallina S, López C (eds) *Manual de técnicas para el estudio de la fauna*. Universidad Autónoma de Querétaro-Instituto de Ecología, A. C. Querétaro. pp. 61-85.
- Almaraz-Vidal D, Cerón-de-la-Luz NM (2016) Listado y distribución de la herpetofauna de la zona centro oriental de Veracruz, México. *BIOMA* 4: 21-34.
- Alonso LE, Deichmann JL, McKenna SA, Naskrecki P, Richards SJ (2011) Still counting: Biodiversity exploration for conservation – The first 20 years of the rapid assessment program. *Conservation International*. Arlington, VA, USA. 316p.
- Baselga A (2010) Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography* 19(1): 134-143. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x>

- Cerón-de-la-Luz NM, Lemus-Espinal JA, Smith GR (2016) A diversity and conservation inventory of the Herpetofauna of the Cautlapan Valley, Veracruz, Mexico. *Zootaxa* 4205(2): 127-142. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4205.2.2>
- Chao A, Jost L (2012) Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology* 93(12): 2533-2547. <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>
- Chao A, Ma KH, Hsieh TC (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide. <http://Chao.stat.nthu.edu.tw//wordpress/software/download/>. Fecha de consulta: 15 de diciembre de 2023.
- Chavez-Lugo EG, Pech-Canché JM, Canseco-Márquez L, Lucas-Cobos L (2015) Registro de *Coleonyx elegans* en el norte de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(4): 1103-1106. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.06.010>
- Contreras-Calvario AI, Mora-Reyes A, Avalos-Vela R, Castillo-Juárez JL, Basanta MD (2021) Variation of amphibian and reptile composition in forest fragments of Veracruz highlands, Mexico. *Phyllomedusa* 20(2): 139-150. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9079.v20i2p139-150>
- Cortéz-Gómez AM, Ruiz-Agudelo CA, Valencia-Aguilar A, Ladle RJ (2015) Ecological functions of neotropical amphibians and reptiles: a review. *Universitas Scientiarum* 20(2): 229-245. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC20-2.efna>
- Cox N, Young BE, Bowles P, Fernandez M, Marin J, Rapacciuolo G, Böhm M, Brooks TM, Hedges SB, Hilton-Taylor C, Hoffmann M, Jenkins RKB, Tognelli MF, Alexander GJ, Allison A, Ananjeva NB, Auliya M, Avila LJ, Chapple DG, Cisneros-Heredia DF, Cogger HG, Colli GR, de Silva A, Eisenberg CC, Els J, Fong A, Grant TD, Hitchmough RA, Iskandar DT, Kidera N, Martins M, Meiri S, Mitchell NJ, Molur S, Nogueira CC, Ortiz JC, Penner J, Rhodin AGJ, Rivas GA, Rödel MO, Roll U, Sanders KL, Santos-Barrera G, Shea GM, Spawls S, Stuart BL, Tolley KA, Trape JF, Vidal MA, Wagner P, Wallace BP, Xie Y (2022) A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods. *Nature* 605: 285-290. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04664-7>
- Cumming G, Fidler F, Vaux DL (2007) Error bars in experimental biology. *The Journal of Cell Biology* 177(1): 7-11. <https://doi.org/10.1083/jcb.200611141>
- De-la-Torre-Loranca MA, Martínez-Fuentes RG, Canseco-Marquez L, García-Vázquez UO (2020) New records of amphibians and reptiles from Sierra de Zongolica, Veracruz and Puebla, Mexico. *Herpetological Review* 51(3): 550-553. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2023.2.642>
- Flores-Villela O, García-Vázquez UO (2014) Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 467-475. <https://doi.org/10.7550/rmb.43236>
- Frost DR (2024) Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 6.2. American Museum of Natural History, New York, USA. <https://amphibiansoftheworld.amnh.org/index.php>. Fecha de consulta: 15 de enero de 2024.
- Guzmán-Guzmán S (2011) Anfibios y reptiles de Veracruz. Guía ilustrada. Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, Xalapa, Veracruz, México. 231p.
- Hernández-Baz F, Rodríguez-Vargas DU (2014) Libro rojo de la fauna del Estado de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz, Procuraduría Estatal de Protección al Medio Ambiente, Universidad Veracruzana. México. 220p.
- INEGI (2010a) Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2010, Tamiahua, Veracruz de Ignacio de la Llave. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30151.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30151.pdf). Fecha de consulta: 1 de junio de 2025.
- INEGI (2010b) Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2010, Ixhuatlán de Madero, Veracruz de Ignacio de la Llave.

- [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30083.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30083.pdf). Fecha de consulta: 1 de junio de 2025.
- INEGI (2010c) Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos 2010, Chontla, Veracruz de Ignacio de la Llave. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/30/30063.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30063.pdf). Fecha de consulta: 1 de junio de 2025.
- Jost L, González-Ojera JA (2012) Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta zoológica lilloana* 56(1-2): 3-14
- Llorente-Bousquets J, Ocegueda S (2008) Estado del conocimiento de la biota. In: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Capital Natural de México. Vol. I: Conocimiento Actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp. 283-322.
- López-Mejía M, Moreno CE, Zuria I, Sánchez-Rojas G, Rojas-Martínez A (2017) Comparación de dos métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades: un ejemplo con murciélagos de selvas y hábitats modificados. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(1): 183-191. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.008>
- Meza-Lázaro RN, Nieto-Montes-de-Oca A (2015) Long forsaken species diversity in the Middle American lizard *Holcosus undulatus* (Teiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 175(1): 189-210. <https://doi.org/10.1111/zoj.12264>
- Miranda DB, Mendes Venâncio N, de-Albuquerque S (2014) Rapid survey of the herpetofauna in an area of forest management in eastern Acre, Brazil. *Check List* 10(4): 893-899. <https://doi.org/10.15560/10.4.893>
- Morales-Mávil JE, Bello-Sánchez EA, Martínez-Vaca León OI, Suárez-Domínguez EA (2017) Nuevo registro de *Siren intermedia* (Caudata: Sirenidae) para el estado de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana* 33(1): 139-142.
- Peralta-Hernández R, Castillo-Juárez JL (2021) Primeros registros para la herpetofauna del municipio de Huiloapan de Cuauhtémoc, Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Herpetología* 4(2): 224-231. <https://doi.org/10.22201/fc.25942158e.2021.02.255>
- Peralta-Hernández R, Peralta-Hernández RO, Parra-Olea G, López-Velázquez A, García-Castillo MG (2020) Amphibians and reptiles from cloud forest at Cumbre de Tonalixco in the Central Veracruz highlands of Mexico. *Reptiles & Amphibians* 27(3): 501-505. <https://doi.org/10.17161/randa.v27i3.14898>
- Pérez-Sato JA, Cerón-de la Luz NM, Serna-Lagunes R, Rivera-Hernández JE, Mora-Collado N, Salazar-Ortiz J (2018) Herpetofauna de tres localidades del municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. *Agroproductividad* 11(6): 38-44.
- Powell R, Conant R, Collins JT, Conant IH, Johnson TR, Hooper ED, Taggart TW, Conant R, Collins JT (2016) *Peterson field guide to reptiles and amphibians of eastern and central North America*. Fourth edition. Houghton Mifflin Harcourt, NY, US. 512p.
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>. Fecha de consulta: 1 de septiembre de 2023.
- Ramírez-Bautista A, Torres-Hernández LA, Cruz-Elizalde R, Berriozabal-Islas C, Hernández-Salinas U, Wilson LD, Johnson JD, Porrás LW, Balderas-Valdivia CJ, González-Hernández AJX, Mata-Silva V (2023) An updated list of the Mexican herpetofauna: with a summary of historical and contemporary studies. *Zookeys* 1166: 287-306. <https://doi.org/10.3897/zookeys.1166.86986>

- Rodríguez-Luna E, Gómez-Pompa A, López-Acosta JC, Velázquez-Rosas N, Aguilar-Domínguez Y, Vázquez-Torres M (2011) Atlas de los espacios naturales protegidos de Veracruz. Gobierno del estado de Veracruz, Universidad Veracruzana. México. 352p.
- Ron SR, Venegas PJ, Ortega-Andrade HM, Gagliardi-Urrutia LAG, Salerno PE (2016) Systematics of *Ecnomiohyla tuberculosa* with the description of a new species and comments on the taxonomy of *Trachycephalus typhoni* (Anura, Hylidae). *ZooKeys* 630: 115-154. <https://doi.org/10.3897/zookeys.630.9298>
- SEMARNAT (2010) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Jueves 30 de diciembre de 2010. Segunda Sección. México. 77p.
- Suárez-Atilano M, Pacheco-Sierra G, Vázquez-Domínguez E, Kass JM, Paz A, Pérez-Alquicira J (2024) Genomic and environmental insights and conservation challenges for two hybridizing iconic crocodile species across Mexico: *Crocodylus acutus* and *C. moreletii*. *Animal Conservation* 27(3): 308-323. <https://doi.org/10.1111/acv.12907>
- Torres-Hernández LA, Ramírez-Bautista A, Cruz-Elizalde R, Hernández-Salinas U, Berriozabal-Islas C, DeSantis DL, Johnson JD, Rocha A, García-Padilla E, Mata-Silva V, Fucsko LA, Wilson LD (2021) The herpetofauna of Veracruz, Mexico: composition, distribution, and conservation status. *Amphibian & Reptile Conservation* 15(2): 72-155.
- Uetz P, Freed P, Aguilar R, Reyes F, Kuderer J, Hošek J (2023) The Reptile database, <http://www.reptile-database.org>. Fecha de consulta: 15 de enero de 2024.
- Valencia-Aguilar A, Cortés-Gómez AM, Ruíz-Agudelo CA (2013) Ecosystems services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystems Services & Management* 6: 257-272. <https://doi.org/10.1080/21513732.2013.821168>
- Yuan ZY, Zhou WW, Chen X, Poyarkov NA, Chen HM, Jang-Liaw NH, Chou, WH, Matzke NJ, Iizuka K, Min MS, Kuzmin SL, Zhang YP, Cannatella DC, Hillis DM, Che J (2016) Spatiotemporal diversification of the true frogs (genus *Rana*): A historical framework for a widely studied group of model organisms. *Systematic Biology* 65(5): 824-842. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syw055>