

Leticia M. Ochoa-Ochoa, Daniel G. Ramírez Arce y Juan D. Vásquez-Restrepo

Colores, tamaños y formas: la diversidad de los reptiles de México

Este artículo ofrece un atisbo al fascinante mundo de la ecología funcional utilizando como ejemplo los reptiles escamados de México. Partimos de una breve introducción a algunos conceptos de la ecología funcional y de cómo estos conceptos son esenciales para entender la manera en que se conforman las comunidades o grupos de organismos que interactúan compartiendo un espacio y tiempo. A continuación, se ofrecen datos específicos de reptiles de México a manera de ejemplo.

Los reptiles son un grupo fascinante de vertebrados terrestres y, además, el más diverso entre éstos en la actualidad. A la fecha se han descrito poco más de 12 200 especies en todo el mundo y México no se queda atrás, ya que es el segundo país más diverso en reptiles, con 1 023 especies.¹ De todas ellas, más del 50 % son endémicas; es decir, más de la mitad de las especies se distribuyen únicamente dentro de los límites políticos del país y en ningún otro lugar.

Los reptiles tienen una enorme variedad de colores, tamaños, formas y estilos de vida que han maravillado a científicos, naturalistas y aficionados durante siglos (**Figura 1**). Por ejemplo, algunos reptiles, como las víboras de cascabel (*Crotalus* spp.), poseen coloraciones crípticas –también llamadas camuflaje– gracias a las cuales el animal se mezcla con el fondo mediante una imitación del color y patrón, mientras que otras serpientes, como las coralillo (*Micrurus* spp.), poseen coloraciones aposemáticas –colores llamativos que dan un mensaje visual de peligro–, y cada una de estas coloraciones sirve a propósitos específicos.

La diversidad de formas, tamaños y colores no sólo se da entre especies diferentes, sino también dentro de poblaciones de una misma especie, algo a lo que los biólogos llamamos variación geográfica. La variación geográfica es el resultado de la interacción entre las poblaciones y el ambiente donde viven, debido a

¹ Véase *The Reptile Database*: <<http://www.reptile-database.org>>, consultado en diciembre de 2024.

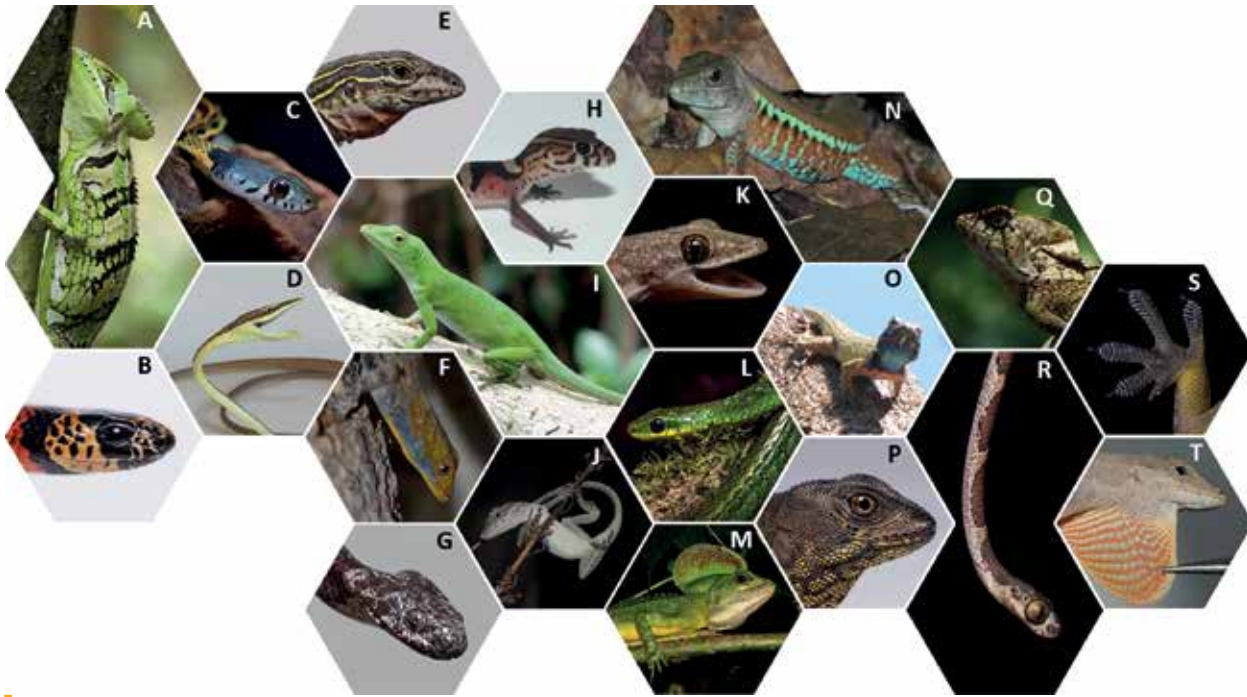


Figura 1. La diversidad de tamaños y formas que representan la gran variación entre los reptiles. A = *Laemactus serratus*, B = *Lampropeltis micropholis*, C = *Thamnophis cyrtopsis*, D = *Oxybelis microphthalmus*, E = *Aspidoscelis gularis*, F = *Gonatodes albogularis*, G = *Sibon nebulatus*, H = *Coleonyx elegans*, I = *Anolis biporcatus*, J = *Anolis nebulosus*, K = *Hemidactylus garnotii*, L = *Chironius monticola*, M = *Basiliscus galeritus*, N = *Holcosus undulatus*, O = *Sceloporus melanorhinus*, P = *Enyalioides groi*, Q = *Corytophanes cristatus*, R = *Imantodes cenchoa*, S = *Hemidactylus garnotii*, y T = *Anolis Boulengerianus*. Fotos: Diana L. Fuentes de la Rosa (A, Q, T), Luis Fernando Hidalgo Licona (C), Leticia M. Ochoa-Ochoa (I), Daniel G. Ramírez Arce (D, H, J, N, O) y Daniel Vásquez Restrepo (B, E, F, G, K, L, M, P, R, S).

que las condiciones ambientales no son homogéneas y cambian a lo largo del espacio geográfico. Por lo general, el efecto de estas interacciones tarda varias generaciones en hacerse visible, pero recientemente se ha observado que algunas especies pueden responder con relativa rapidez; por ejemplo, a las **modificaciones antrópicas**, las cuales en una escala evolutiva tienen muy poco tiempo. Éste es el caso de la lagartija *Aspidoscelis costatus*, en la que se han observado cambios de coloración asociados a ambientes urbanos (Gómez-Benítez y cols., 2020), o algunas especies del género *Anolis*, que presentan cambios en la forma de sus patas relacionados con el uso de sustratos artificiales (Winchell y cols., 2016).

Además de los aspectos morfológicos, es decir, las características físicas, existen otros aspectos, como los fisiológicos –por ejemplo, cuánta energía necesitan o el tipo de reproducción que tienen–, ecológicos –como los tipos de dieta–, y conductuales –cuándo y cómo comen, si son territoriales, cómo termorregulan

o incluso si **hibernan** o **estivan**–. Todas estas características en conjunto forman los rasgos funcionales de una especie, en general, llamados solamente rasgos (*traits*). Así pues, un rasgo funcional es cualquier característica medible de los organismos que interactúa con el ambiente y tiene un efecto en la adecuación, lo que se traduce en su influencia sobre la capacidad de dejar descendencia fértil.

La diversidad de rasgos en un ecosistema refleja el número de funciones realizadas por el grupo de organismos vivos que allí se encuentran, y por lo general existe redundancia funcional, lo que significa que más de una especie puede tener la misma función. Cuando esto sucede, las especies se pueden clasificar en grupos funcionales; y, en teoría, cada grupo funcional dentro de una comunidad tiene un límite en el número de especies o individuos que puede incluir. Hay que tener en cuenta que la clasificación de un grupo funcional depende de los rasgos funcionales medidos, por lo que ésta puede ser muy variable e ir desde agrupaciones generales –como hablar de

Hibernación

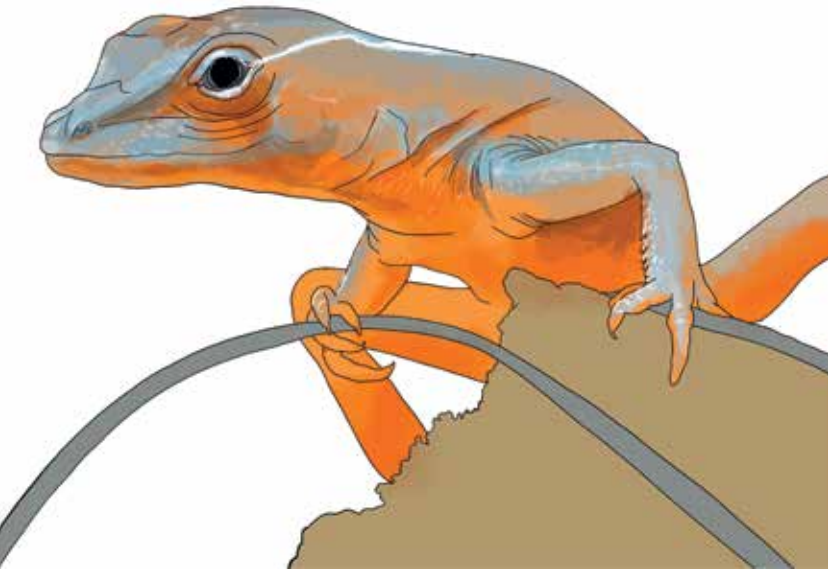
Cuando los organismos entran en un letargo en el cual presentan un estado de metabolismo reducido; común en especies que habitan lugares donde hay un período del año con temperaturas bajas, generalmente sin limitación de humedad.

Estivación

Cuando los organismos entran en un letargo en el cual presentan un estado de metabolismo reducido o deprimido; común en sitios donde hay una temporada seca y caliente.

Modificación antrópica

Todo cambio generado en un ecosistema por acción directa e indirecta de las actividades humanas.



animales insectívoros o herbívoros— hasta agrupaciones muy específicas, como lagartijas pequeñas, arborícolas, diurnas, vivíparas con cuidado parental, etcétera. El principio base de la estructuración de las comunidades es que las especies que conviven en un mismo espacio y tiempo evitan la competencia y se reparten los recursos. Por ejemplo, una comunidad de reptiles no puede estar formada únicamente por especies carnívoras del mismo tamaño, ya que competirían entre sí, lo cual resultaría en el desplazamiento de especies. De modo que en una comunidad siempre se van a encontrar especies de distinto tamaño y que aprovechen distintos tipos de recursos. No obstante, cuando las condiciones ambientales de un sitio son muy particulares, las especies van a tender a compartir ciertas características. Por ejemplo, en las regiones áridas es común encontrar lagartijas con características funcionales semejantes que les permiten subsistir en condiciones de escasez de agua y humedad (Gonçalves-Sousa y cols., 2022). Por lo tanto, la composición de rasgos funcionales puede ayudarnos a entender los procesos que influyen en la estructuración de una comunidad, como la competencia o los filtros ambientales.

La diversidad funcional cuantifica la diversidad de los rasgos de las especies que conforman una comunidad, y se sabe que es fundamental en la estructuración de la misma (Kraft y cols., 2015). Por

lo anterior, la diversidad funcional es un aspecto crucial para comprender el mantenimiento del ecosistema, así como la respuesta de las comunidades a los cambios ambientales, ya sean de origen natural o antrópico. A menudo se considera que entre más funciones realizadas o más grupos funcionales existen, más complejos son los ecosistemas. Por el contrario, entre menos complejo es un sistema, hay menos grupos funcionales. Por ejemplo, un estudio en las selvas bajas caducifolias del Pacífico mexicano que utilizó un enfoque de diversidad funcional mostró cómo algunas especies de talla grande, dieta carnívora y hábitos específicos (*Heloderma horridum*) no se encontraban en sitios perturbados por actividades humanas, y la diversidad funcional en estos sitios fue más baja que en sitios conservados, los cuales tienden a ser más complejos (Berriozabal-Islas y cols., 2017).

Existen también ciertas “reglas” que se dan al interior de las comunidades, las cuales, al irse comprobando en distintos lugares o grupos de organismos, se han ido generalizando. A éstas se les llama **reglas ecogeográficas** y describen el comportamiento general, así como las variaciones en los rasgos funcionales de un taxón a través de gradientes geográficos. Por ejemplo, se ha podido observar que, dentro de las comunidades, la mayoría de las especies son de tamaño pequeño a mediano (medido como masa corporal), y se puede observar que los escamados —el grupo en el que están las lagartijas y las serpientes—, que representan poco más del 70 % de las especies del país, no son la excepción (Figura 2). Sin embargo, para México, parece ser que este patrón aparentemente generalizado entre los escamados está principalmente dado por las serpientes y los iguánidos (iguanas, camaleones, agámidos, frinosomátidos, entre otros), ambos grupos altamente **especiosos**, que para el caso de la gráfica presentada representan el 48.45 % y 27.95 % correspondientemente de los datos analizados (Figura 3).

Otra de estas reglas ecogeográficas tiene que ver con la relación entre el tamaño corporal y el área geográfica que ocupa una especie, y dice que entre mayor sea la masa mayor será el área de distribución. Por ejemplo, una explicación ecológica que ha sido propuesta tiene que ver con el metabolismo,

Reglas ecogeográficas

Conjunto de patrones geográficos, generalizables o predecibles, que se observan en la distribución de las especies o sus características, y que son el resultado de la interacción con su entorno.

Grupos especiosos

Referente a un grupo biológico con un alto número de especies.

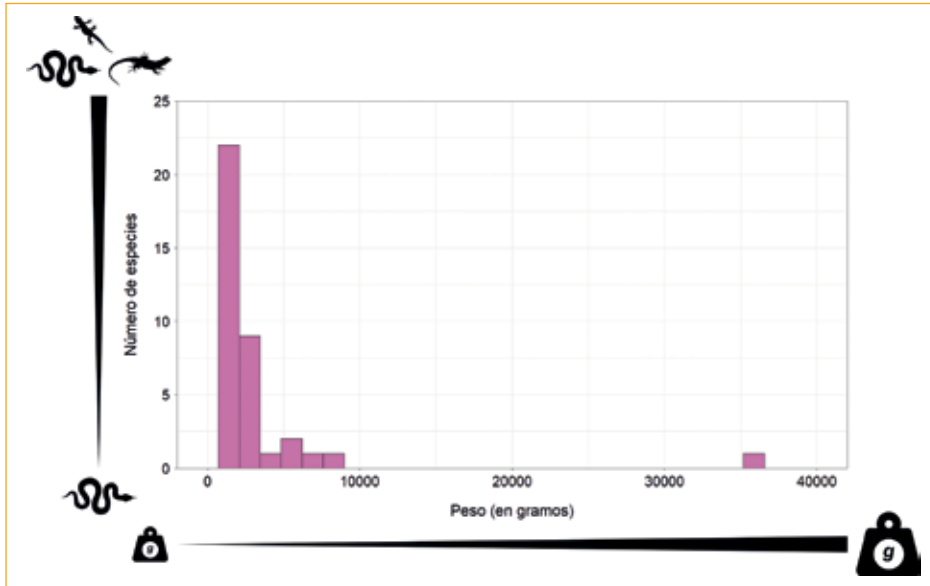


Figura 2. Distribución de los tamaños corporales de los reptiles escamados (serpientes y lagartijas) en México, medidos en términos de masa (en gramos).

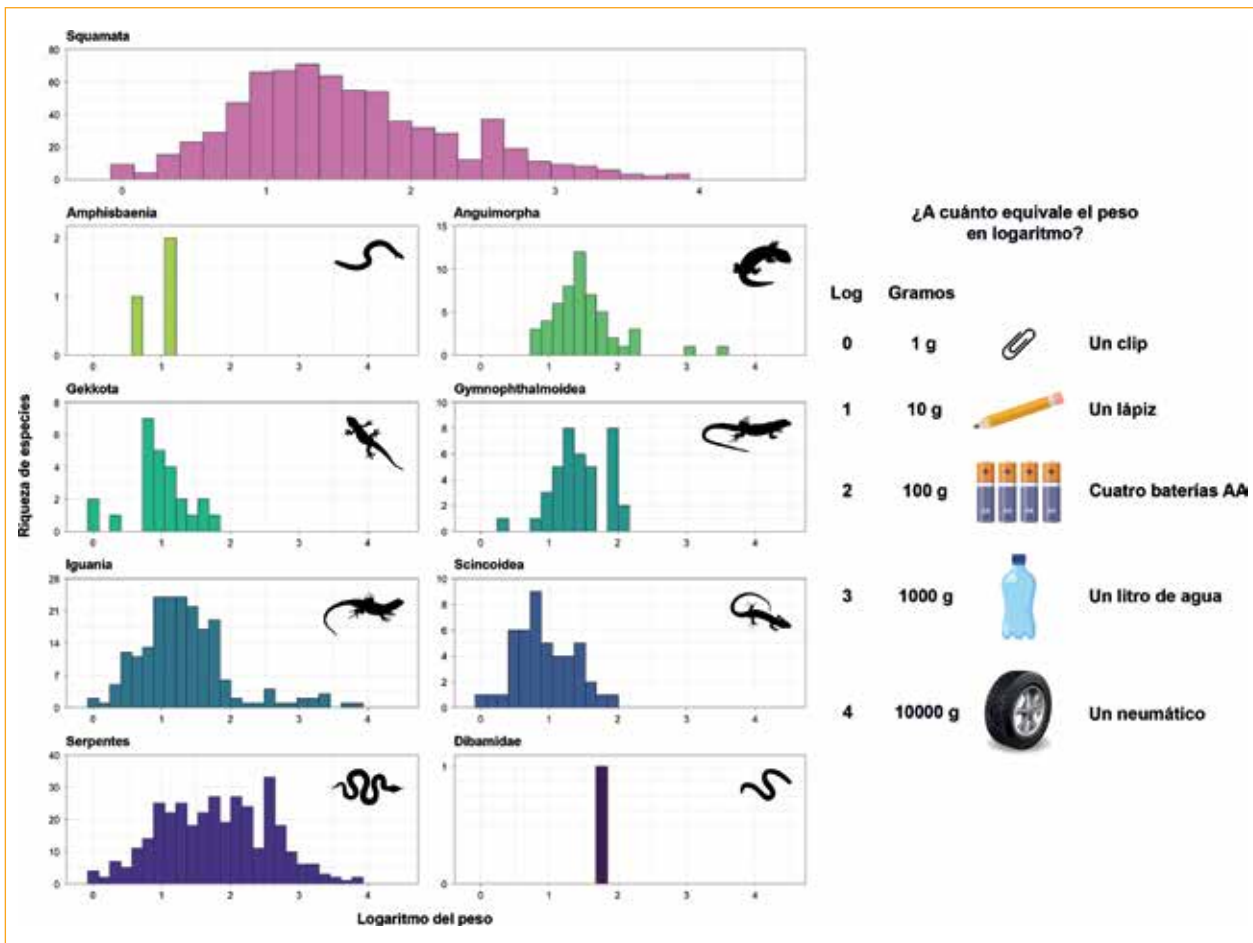


Figura 3. Distribución de los tamaños corporales de los reptiles escamados (serpientes y lagartijas) en México por grupo taxonómico, medidos como el logaritmo del peso (en gramos). Debido a la gran variación en el peso, es necesario transformar los datos a una escala logarítmica.

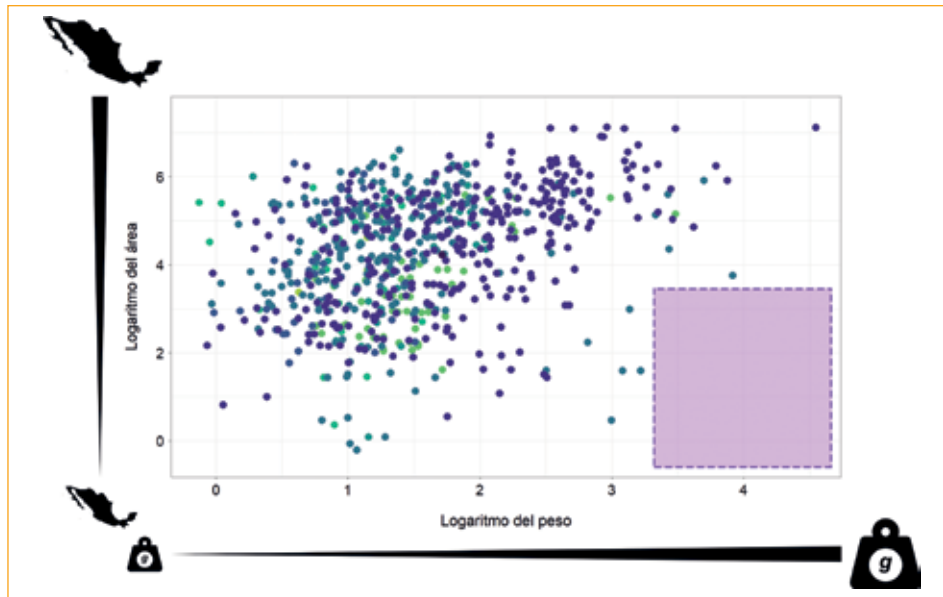


Figura 4. Relación entre el logaritmo del peso (en gramos) y el área de distribución (en km²) de los reptiles escamados (serpientes y lagartijas) en México. El recuadro morado muestra la ausencia de especies con una masa corporal muy grande y un área de distribución muy pequeña.

pues animales más grandes necesitan más alimento para mantener sus funciones y por tanto requieren más espacio para buscarlo; otra indica que entre más grande sea un organismo más fácilmente se desplaza, por lo que le es posible alcanzar lugares más lejanos. Entonces hay limitaciones fisiológicas que dicen que no puede haber animales muy grandes con áreas de distribución muy pequeñas (Figura 4). Esta “regla” parece cumplirse a diferentes escalas, como es el caso de los escamados de México. Una particularidad de esta relación tamaño-área tiene que ver con un espacio “prohibido” en términos ecológicos (véase el recuadro morado en la Figura 4), espacio que parece no ser posible en la naturaleza, y no sólo para reptiles. Todo esto que hemos mencionado forma parte del área de estudio de la biogeografía funcional, es decir, el análisis de los patrones, causas y consecuencias de la distribución geográfica de la diversidad de formas y funciones de las especies, a través de diferentes niveles de organización (Violle y cols., 2014).

Recientemente se ha utilizado el aspecto funcional para explorar patrones de diversidad y tratar de responder preguntas sobre dónde, cómo y por qué las especies están donde están. El aspecto funcional también es un enfoque creciente que busca

comprender los patrones de pérdida de biodiversidad (Bolochio y cols., 2020), porque consiste en utilizar características de las especies que interactúan con el ambiente, las cuales están sujetas a presiones de selección y tienen respuestas diferenciales a las perturbaciones ambientales. Por ejemplo, en México se ha analizado cómo cambia la composición de especies de lagartijas y sus rasgos funcionales ante la presencia de distintos tipos de vegetación (Peña-Joya y cols., 2020), o distintos tipos de uso de suelo, donde se mostró que en sitios perturbados no se encontraban algunas especies de talla grande, dieta carnívora y hábitos específicos, como el monstruo de Gila (*Heloderma horridum*), por lo cual la diversidad funcional fue más baja que en sitios conservados (Berriozabal-Islas y cols., 2017).

Así pues, los rasgos funcionales nos pueden dar pistas sobre cuáles especies toleran qué condiciones y a la vez nos permiten estimar las consecuencias a nivel funcional de la pérdida de especies con roles ecológicos clave —expresados como funciones—. Tanto es así que cada vez hay más ecólogos que argumentan la importancia de conservar “funciones” en lugar de especies, lo que posibilita llegar a conclusiones más generales y realizar mejores prediccio-

nes. Es importante enfatizar que realizar análisis para entender el funcionamiento de los ecosistemas a través de la diversidad funcional se puede aplicar, y de hecho se hace con otros grupos de seres vivos, como plantas, insectos y, por supuesto, otros vertebrados.

El análisis de la diversidad funcional de reptiles es una rama creciente dentro de la herpetología y es esencial porque, si se logra dilucidar cómo las funciones determinan la estructura de las comunidades, se podrán generar acciones de manejo específicas que contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas.

Esta investigación fue apoyada por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (PAPIIT-DGAPA, UNAM) a través del proyecto IN22032.

Leticia M. Ochoa-Ochoa

Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

leticia.ochoa@ciencias.unam.mx

Daniel G. Ramírez Arce

Posgrado en Ciencias Biológicas y Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

daniel.ramiz10@gmail.com

Juan D. Vásquez-Restrepo

Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

dvasquez@princeton.edu

Referencias específicas

- Berriozabal-Islas, C., L. M. Badillo-Saldaña, A. Ramírez-Bautista y C. E. Moreno (2017), "Effects of habitat disturbance on lizard functional diversity in a tropical dry forest of the Pacific Coast of Mexico", *Tropical Conservation Science*, 10:1-11.
- Bolochio, B. E., J. N. Lescano, J. M. Cordier, R. Loyola y J. Nori (2020), "A functional perspective for global amphibian conservation", *Biological Conservation*, 245:108572.
- Gómez-Benítez, A., O. Hernández-Gallegos, B. R. Lovell, P. Kadia y J. M. Walker (2020), "Color pattern and body size variation in live *Aspidoscelis costatus costatus* (Squamata: Teiidae) from a protected enclave in Southern Mexico", *Herpetological Conservation and Biology*, 15(2):335-349.
- Gonçalves-Sousa, J. G., R. de Fraga, B. S. Menezes, D. O. Mesquita y R. W. Ávila (2022), "Riverine barrier and aridity effects on taxonomic, phylogenetic and functional diversities of lizard assemblages from a semi-arid region", *Journal of Biogeography*, 49:1021-1033.
- Kraft, N. J. B., P. B. Adler, O. Godoy, E. C. James, S. Fuller y J. M. Levine (2015), "Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor", *Functional Ecology*, 29:592-599.
- Peña-Joya, K. E., F. G. Cupul-Magaña, F. A. Rodríguez-Zaragoza, C. E. Moreno y J. Téllez-López (2020), "Spatio-temporal discrepancies in lizard species and functional diversity", *Community Ecology*, 21:1-12.
- Vidan, E., M. Novosolov, A. M. Bauer, F. Castro Herrera, L. Chirio *et al.* (2019), "The global biogeography of lizard functional groups", *Journal of Biogeography*, 46(10):2147-2158.
- Violle, C., P. B. Reich, S. W. Pacala, B. J. Enquist y J. Kattge (2014), "The emergence and promise of functional biogeography", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(38):13690-13696.
- Winchell, K. M., R. G. Reynolds, S. R. Prado-Irwin, A. R. Puente-Rolón y L. J. Revell (2016), "Phenotypic shifts in urban areas in the tropical lizard *Anolis cristatellus*", *Evolution*, 70(5):1009-1022.

