



DIVERSIDAD Y ZOOGEOGRAFÍA DE LOS MOLUSCOS TERRESTRES DE LA SIERRA DE TAMAULIPAS, MÉXICO

DIVERSITY AND ZOOGEOGRAPHY OF THE TERRESTRIAL MOLLUSKS OF THE SIERRA OF TAMAULIPAS, MEXICO

ALFONSO CORREA-SANDOVAL,^{1,*} RUBÉN RODRÍGUEZ-CASTRO,¹ CRYSTIAN SADIÉL
VENEGAS-BARRERA,¹ JORGE VÍCTOR HORTA-VEGA,¹ LUDIVINA BARRIENTOS-LOZANO¹
Y JORGE HOMERO RODRÍGUEZ-CASTRO¹

¹ Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Boulevard Emilio Portes Gil 1301 Poniente, Apdo. Postal 175, C. P. 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

* Autor de correspondencia: <alf_correas@hotmail.com>

Recibido: 29/06/2016; aceptado: 12/12/2016

Editor responsable: Pedro Reyes Castillo

Correa-Sandoval, A., Rodríguez-Castro, R., Venegas-Barrera, C. S., Horta-Vega, J. V., Barrientos-Lozano, L. y Rodríguez-Castro, J. H. (2017) Diversidad y zoogeografía de los moluscos terrestres de la sierra de Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 33(1), 76-88.

Correa-Sandoval, A., Rodríguez-Castro, R., Venegas-Barrera, C. S., Horta-Vega, J. V., Barrientos-Lozano, L., & Rodríguez-Castro, J. H. (2017) Diversity and Zoogeography of terrestrial mollusks in Sierra of Tamaulipas, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 33(1), 76-88.

RESUMEN. La diversidad y biogeografía de los moluscos terrestres mexicanos es pobremente conocida. Entre octubre de 1988 y noviembre de 2005 fueron estudiados los gastrópodos terrestres de la Sierra de Tamaulipas, obteniéndose 482 muestras de 30 localidades en diferentes tipos de vegetación. Se registraron 31 géneros y 46 especies pertenecientes a 18 familias. La diversidad malacológica es mayor a la de otras áreas naturales de importancia para la conservación en México. Las principales afinidades zoogeográficas son la neotropical principalmente y neártica de 17 especies (37% de la malacofauna) y el endemismo de 11 especies (24%). La familia con mayor número de especies endémicas es Spiraxidae con seis. El valor biogeográfico promedio es de 3.78.

Palabras clave: gastrópodos terrestres, taxonomía, biogeografía, endemismo, Sierra de Tamaulipas.

ABSTRACT. Diversity and biogeography of Mexican terrestrial gastropods is poorly known. The terrestrial mollusks of the Sierra of Tamaulipas were surveyed from October 1988 to November 2005. A total of 482 samples were obtained from 30 localities, characterized with different vegetation types. Thirty-one genera and 46 species belonging to 18 families are recorded. The primary zoogeographical relationships are characterized by the presence of neotropical and nearctic affinities (17 species: 37%) and the endemic taxa (11 species: 24%). The family Spiraxidae has the largest number of endemic species (6). The biogeographical value in this area is 3.78.

Key words: Terrestrial gastropods, taxonomy, biogeography, endemism, Sierra of Tamaulipas.

INTRODUCCIÓN

El noreste de México es la región del país en la que más localidades se han visitado para el trabajo de campo en relación a moluscos terrestres (Correa-Sandoval 2003, Correa-Sandoval & Salazar-Rodríguez 2005, Correa-Sandoval *et al.* 2012). Sin embargo, existen áreas geográficas como la Sierra de Tamaulipas, que requieren un mayor análisis al ser, por su extensión y posición geográfica, uno de los principales componentes montañosos aislados de la Sierra Madre Oriental.

La mayor parte de los registros de moluscos terrestres en Tamaulipas, como es común a diversos grupos faunísticos y florísticos, pertenecen a la Sierra Madre Oriental. Sólo a partir de 1987, con la creación de la Colección de Moluscos del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, se ha revisado con mayor regularidad la Sierra de Tamaulipas.

Hasta ahora sólo tres especies nuevas de gastrópodos terrestres han sido descritas específicamente para esta área geográfica o bien para áreas cercanas. En 1936 Pilsbry y Vanatta describieron a *Guillarmodia pygmaea* y *Euglan-*



dina jacksoni para el municipio de González, ubicado al sur de la Sierra de Tamaulipas; y en 1994 Thompson y Correa-Sandoval describieron a *Coelocentrum torosum* para el noroeste de la localidad de El Pirulí, en el norte de la Sierra de Tamaulipas.

Este estudio establece la composición taxonómica de la malacofauna terrestre de la Sierra de Tamaulipas, la proporción de sus afinidades biogeográficas y las analiza comparativamente en relación a otras áreas geográficas, tanto de Tamaulipas como de otros estados de la República Mexicana. También revisa la distribución geográfica potencial de las especies para identificar las zonas con mayor riqueza de moluscos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se visitaron 30 localidades (Apéndice 1) para realizar los muestreos y colectas directas de acuerdo a las recomendaciones de Coney *et al.* (1981) y Correa-Sandoval *et al.* (1998). El trabajo de campo se realizó en función del tipo de vegetación como el hábitat primario de la malacofauna terrestre (Pérez *et al.* 1996, Tattersfield *et al.* 2001).

Se revisó por su accesibilidad la Sierra de Tamaulipas en un eje transversal oriente-poniente, así como diversos sitios con tipos de vegetación diferente (bosque de pino en el área central de la Sierra de Tamaulipas) a los hallados comúnmente en el área de estudio (matorral submontano, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque de encino y pastizal).

Las muestras del suelo se tamizaron y revisaron en laboratorio de acuerdo a Cameron y Redfern (1976) y Correa-Sandoval *et al.* (1998). Los animales ya relajados se conservaron en alcohol etílico al 70% (Solem *et al.* 1980). Se revisaron un total de 482 lotes (3121 ejemplares).

El material determinado y etiquetado está depositado en las Colecciones Malacológicas del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria (TAM-CEVS-CC-0001-15) y el Museo de Historia Natural de Florida, Universidad de Florida.

El orden de las familias (Apéndice 2) sigue la propuesta de Bouchet & Rocroi (2005) la cual es seguida por Thompson (2011) en la revisión de los moluscos terrestres de México y Centroamérica. Los géneros y especies se ordenaron alfabéticamente. La caracterización zoogeográfica en el continente americano es a nivel específico o subespecífico según el caso y de acuerdo a Correa-Sandoval (1993, 1999, 2003), criterio seguido con algunas modificaciones por Rangel-Ruiz *et al.* (2004). El índice

biogeográfico resulta del promedio de los valores asignados en orden decreciente según la afinidad malacogeográfica de cada especie de molusco terrestre a partir del endemismo y hasta la distribución más amplia o panamericana.

Las áreas con mayor riqueza de especies en el área de estudio se establecieron con base a los modelos predictivos de distribución potencial (MPDP), los cuales son métodos computarizados que permiten estimar la probabilidad de que una especie esté presente, dadas las condiciones ambientales en el área de estudio (Guisan & Zimmermann 2000, Hirzel & Lay 2008). El supuesto de estos análisis es que la especie sólo ocurrirá en aquellas condiciones ambientales en donde se satisfagan sus requerimientos de nicho (Soberon & Peterson 2005). Los MPDP suponen que se puede predecir la ocurrencia de la especie en los sitios donde no ha sido observada a partir de los registros de colecta, variables ambientales y un algoritmo de predicción (Richards *et al.* 2007). En el presente estudio, la predicción de la distribución potencial se realizó en el paquete Maxent ver 3.2. (Phillips *et al.* 2006), debido a que es uno de los algoritmos más robustos para la predicción de la distribución de las especies (Elith *et al.* 2006). El algoritmo busca la combinación de variables con máxima entropía, es decir, la más cercana a la distribución uniforme de los sitios en donde fue registrada la especie.

El algoritmo de MaxEnt generó un modelo de distribución que utiliza datos de sólo presencia, donde los píxeles del área de estudio constituyen el espacio en el cual se define la probabilidad de distribución de máxima entropía (Phillips *et al.* 2006). El valor de umbral de convergencia, para encontrar la distribución más cercana a la distribución empírica, fue de 0.00001, tuvo un máximo de 1000 iteraciones. En la generación del modelo de distribución potencial, se utilizaron los cuatro tipos de características: el producto bruto (lineal), cuadrado (cuadrático), producto de las variables ambientales y las características binarias derivadas del umbral de variables ambientales (función de umbral). Del modelo generado se calculó el área bajo la curva (AUC) para estimar la probabilidad de que el modelo generado fue mejor que un modelo generado al azar. Una clasificación perfecta tiene un AUC = 1.0.

La predicción de la distribución geográfica se realizó utilizando variables que representan el clima, elevación sobre el nivel medio del mar y la vegetación. La resolución espacial de las capas es de aproximadamente 9 km². Las variables climáticas y elevación se obtuvieron de WorldClim (www.worldclim.org/) y las variables de cobertura vegetal de Global Land Cover Facility (<http://>

www.landcover.org/index.shtml). También se obtuvo el índice de aridez (<http://csi.cgiar.org/aridity/index.asp>). Las capas temáticas se generaron con los programas Arc-Gis (ver 10.0 ESRI, 2009) e Idrisi Taiga (Clarck Lab).

Los modelos generados fueron realizados sólo en las especies que tuvieron ocho registros. En caso de que tuvieran un número menor, se generó el modelo para el área de estudio. Los registros de colecta fueron obtenidos de artículos, tesis, reportes y de diversas bases de datos nacionales e internacionales (CONABIO y GBIF). Los registros fueron refinados, para lo cual se eliminaron aquellos registros donde no se cuente con al menos el nombre de la localidad o este se encuentre fuera de la distribución conocida de la especie (más de 50 km). A todos los registros se les obtuvieron las coordenadas geográficas a partir de la literatura y con el programa en línea Google Earth, GEOlocate (ver 2.03) y mapas topográficos (escala 1: 50,000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las 46 especies y 31 géneros de moluscos terrestres de la Sierra de Tamaulipas se distribuyen en 18 familias (Apéndice 2). Las familias más numerosas en especies son Spiraxidae con 10 y Helicinidae, Orthalicidae y Polygyridae todas con siete especies.

Las especies con mayor distribución son *Praticolella berlandieriana* y *Helicina chrysocheila chrysocheila* distribuidas en 21 y 20 localidades respectivamente, seguidas de *Euglandina texasiana texasiana* presente en 14 localidades.

Las localidades con mayor número de especies son km 68 Carretera Victoria – Soto La Marina; Rancho La Palma, Carretera Victoria – Soto La Marina (lado izquierdo de la carretera); Carretera La Pesca – Soto La Marina (después de Vista Hermosa), todas con 24 especies; le siguen km 64.5 Carretera Victoria – Soto La Marina (des-

pués de El Pirulí) y Carretera La Pesca – Soto La Marina (antes de la desviación al Capote), con 20 y 21 especies respectivamente. En estas localidades se presenta principalmente vegetación de bosque tropical subcaducifolio o caducifolio.

La Sierra de Tamaulipas presenta un número comparativamente mayor (a veces más del doble) de especies de moluscos terrestres con respecto a otras áreas naturales de importancia para la conservación en México (Cuadro 1), lo cual resalta en parte su importancia faunística. Sin embargo, deben considerarse como factores para explicar estas diferencias la intensidad del trabajo de campo realizado, los métodos empleados para el muestreo o colecta, además de parámetros ecológicos como el tipo de vegetación, entre otros.

El 63 y 46% del total de géneros y especies respectivamente del estado se presentan en la Sierra de Tamaulipas. El 78% (36 especies) de la fauna de moluscos terrestres del área de estudio se comparte con la Sierra Madre Oriental en Tamaulipas.

El principal componente zoogeográfico de la malacofauna de la Sierra de Tamaulipas es el neotropical principalmente y neártico (37%: 17 especies), seguido del endemismo del 24% (11 especies).

Similar orden en estas mismas afinidades se presenta en el Área Natural Protegida de Altas Cumbres con el 42% (18 especies) y 21% (9 especies), respectivamente (Martínez- Ramírez & Rodríguez-Castro 1997; Correa-Sandoval *et al.* 2012). Una posición invertida de estas mismas afinidades se presenta en la Reserva de la Biosfera El Cielo, con el endemismo del 34% (15 especies) y el carácter neotropical principalmente y neártico del 32% (14 especies) según Correa-Sandoval & Rodríguez-Castro (2005). Igual sucede en general en el Sur de Tamaulipas con el 43% (45 especies) de endemismo y 23% (24 especies) del componente neotropical principalmente y neártico (Correa-Sandoval *et al.* 2012), (Cuadro 2, Figs. 1, 2 y 3).

Cuadro 1. Comparativo del número de especies de moluscos terrestres de la Sierra de Tamaulipas y algunas otras áreas de importancia para la conservación en México.

Sierra de Tamaulipas	Reserva El Cielo (Tamaulipas) ¹	Parque Estatal La Sierra (Tabasco) ²	Parque Estatal Agua Blanca (Tabasco) ³	Área Focal de Ixcán (Chiapas) ^{4,5}
46	44	20	22	29

¹ Correa-Sandoval & Rodríguez-Castro (2005)

² Rangel- Ruiz & Gamboa-Aguilar (1998, 2001).

³ Rangel – Ruiz *et al.* (2004);

⁴ Avendaño (2004).

⁵ Avendaño *et al.* (2010).



Cuadro 2. Número de especies de moluscos terrestres y porcentaje comparativo de los componentes zoogeográficos de diversas áreas geográficas en el Estado de Tamaulipas. Simbología: El endemismo o distribución especial para Tamaulipas, Nuevo León o San Luis Potosí se simboliza “EN”, la afinidad neotropical “NT”, la afinidad neártica “NA”, la principalmente neotropical y alguna presencia en el neártico “NTp y NA”, la principalmente neártica y alguna presencia en el neotrópico “NAp y NT” y la distribución panamericana “PA”, la cual ocurre al norte y sur del Trópico de Cáncer.

Afinidad	Sierra de Tamaulipas		Área natural protegida Altas Cumbres ¹		Reserva de la biosfera El Cielo ²		Sur de Tamaulipas ³	
	Especies	%	Especies	%	Especies	%	Especies	%
EN	11	24	9	21	15	34	45	43
NAp y NT	2	4	3	7	1	2	7	7
NT	9	20	4	12	11	27	14	13
NTp y NA	17	37	18	42	14	32	24	23
PA	7	15	8	18	2	5	14	13
NA	0	0	0	0	0	0	1	1
Total especies	46		42		43		105	

¹ Martínez- Ramírez & Rodríguez-Castro (1997)

² Correa-Sandoval & Rodríguez-Castro (2005)

³ Correa-Sandoval *et al.* (2012)

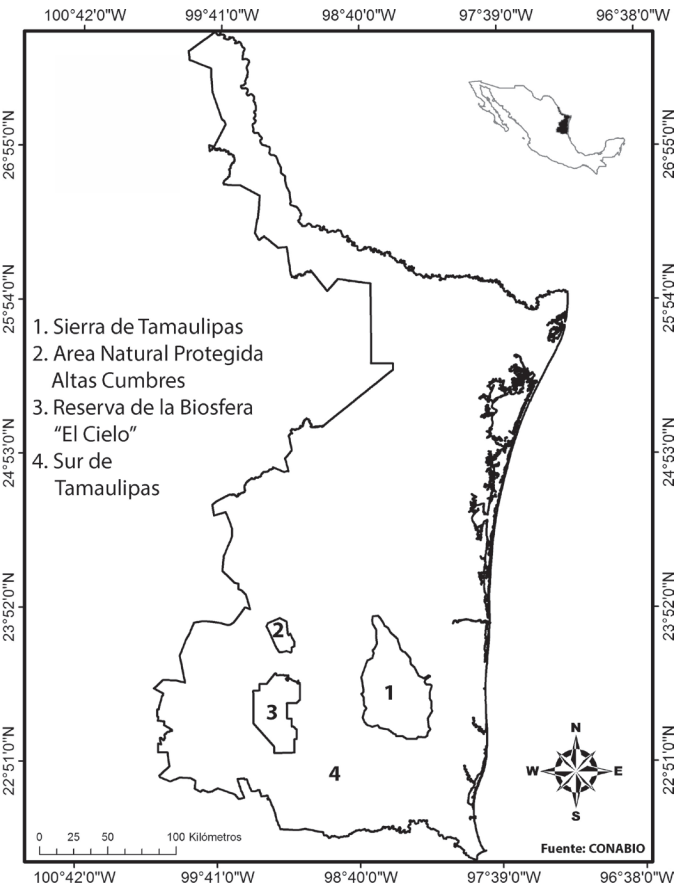


Figura 1. Ubicación de la Sierra de Tamaulipas y otras áreas geográficas en el estado de Tamaulipas.

Al comparar las afinidades de los moluscos terrestres de la Sierra de Tamaulipas con otras zonas del noreste de México (Cuadro 3, Figs. 4 y 5) el carácter neotropical principalmente y neártico es el segundo en importancia en el sur de Nuevo León (32%: 27 especies). Aquí el endemismo es del 40% (34 especies) siendo el más importante, al igual que en el oriente de San Luis Potosí donde este componente es del 32% (28 especies), (Correa-Sandoval 1999, Correa-Sandoval *et al.* 2007). En el norte de Veracruz el carácter exclusivamente neotropical se halla en el 39% de la malacofauna terrestre según Correa-Sandoval (2000), y en la Sierra de Tamaulipas es del 20% (9 especies).

Lo anterior indica que la parte media oriental del estado de Tamaulipas en la cual se halla ubicada la Sierra de Tamaulipas es una zona de transición zoogeográfica y en particular de las provincias malacológicas terrestres Texana, de la Sierra Madre Oriental y Veracruzana.

Entre las familias con especies endémicas en el área de estudio destaca Spiraxidae con el 54% (6 especies) del total malacofaunístico (Cuadro 4), siendo este un valor más elevado al hallado para toda la zona centro y sur de Tamaulipas (48%) en esta misma familia (Correa-Sandoval *et al.* 2012). Un valor aún más elevado (57%) se presenta en la región oriental de San Luis Potosí (Correa-Sandoval 1999).

La familia Spiraxidae es la que mostró más endemismos (6 especies: 60% en relación con el número total de especies de la familia en el área de estudio), seguida por

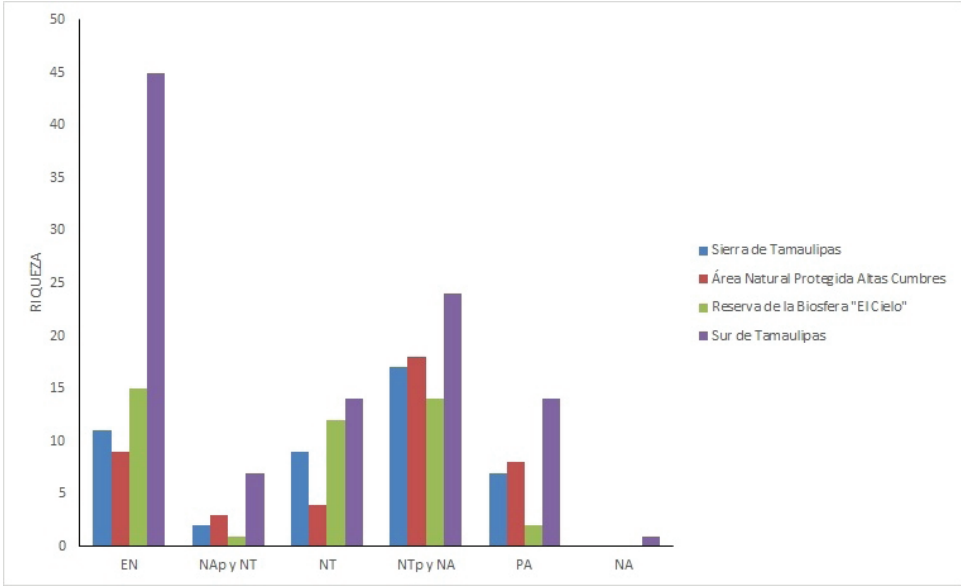


Figura 2. Comparativo de componentes zoogeográficos por número de especies de moluscos terrestres en diferentes áreas de Tamaulipas. Simbología del Cuadro 2.

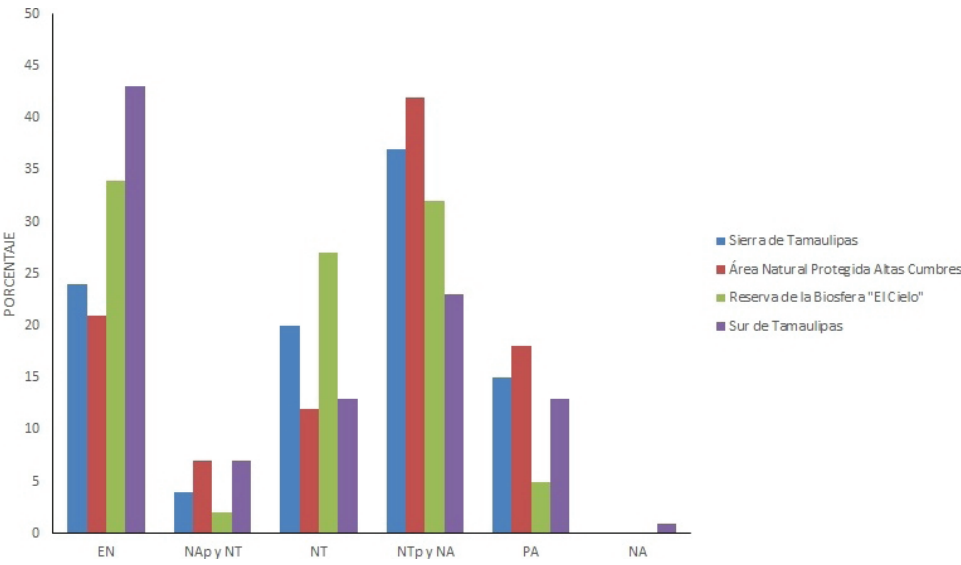


Figura 3. Porcentaje comparativo de componentes zoogeográficos de los gastrópodos terrestres en diversas áreas de Tamaulipas. Simbología del Cuadro 2.

la familia Polygyrydae con dos especies (33%). Las familias Helicinidae, Zonitidae y Eucalodiidae presentaron un endemismo cada una (Cuadro 4).

Del total de 11 especies caracterizadas como endémicas en este estudio, seis lo son de diversas zonas en la región noreste de México (*Schasicheylya fragilis*, *Guillarmodia dalli*, *G. victoriana*, *Salasiella hinkleyi*, *Patulopsis*

montereyensis victorianus y *Polygyra ariadnae*). Las restantes lo son específicamente de la Sierra de Tamaulipas y áreas adyacentes (*Coelocentrum torosum*, *Euglandina jacksoni*, *Euglandina* sp. nov., *Spiraxis* sp. nov. y *Polygyra* sp. nov.).

Otras especies presentan particularidades en su distribución geográfica regional: *Polygyra implicata* se halla



Cuadro 3. Número de especies y porcentaje comparativo de componentes zoogeográficos de los moluscos terrestres de la Sierra de Tamaulipas y otras áreas del noreste de México. Simbología del Cuadro 2.

Afinidad	Sierra de Tamaulipas		Sur de Nuevo León ¹		Oriente de San Luis Potosí ²		Norte de Veracruz ³	
	Especies	%	Especies	%	Especies	%	Especies	%
EN	11	24	34	40	28	32	14	27
NAp y NT	2	4	5	6	8	9	2	4
NT	9	20	0	0	24	28	20	39
NTp y NA	17	37	27	32	15	17	11	22
PA	7	15	13	15	11	13	4	8
NA	0	0	5	6	1	1	0	0
Total especies	46		84		87		51	

¹ Correa-Sandoval *et al.* (2007)

² Correa-Sandoval (1999)

³ Correa-Sandoval (2000)

principalmente en la Sierra de Tamaulipas y áreas cercanas, pero se presenta también en zonas bajas orientales de la Sierra Madre Oriental; y *Praticolella griseola* cuya única localidad conocida documentada en Tamaulipas cercana a la Sierra Madre Oriental es El Nacimiento, en el municipio de El Mante (Correa-Sandoval *et al.* 2012).

La presencia de *Thysanophora fuscula* (especie con distribución disyunta: Jamaica, Chiapas, Tamaulipas) señalada en el estado por Pilsbry (1920) en Tampico y Cd. Victoria, se confirma por varias localidades mencionadas por Correa-Sandoval *et al.* (2012) además de las de este estudio en la Sierra de Tamaulipas.

En un comparativo del índice biogeográfico de la malacofauna terrestre de la Sierra de Tamaulipas con el de la región oriental de San Luis Potosí (Correa-Sandoval *et al.* 2009), limitado a los tipos de vegetación compartidos (bosque de encino, bosque tropical subcaducifolio y pastizal), resulta mayor en ésta última zona (Cuadro 5). El valor medio del índice biogeográfico de la fauna de moluscos terrestres para todos los tipos de vegetación en la Sierra de Tamaulipas es de 3.78.

Es necesario realizar más estudios, por otra parte, para cuantificar el grado de conservación de la fauna de moluscos terrestres en la Sierra de Tamaulipas. Sin embargo, es

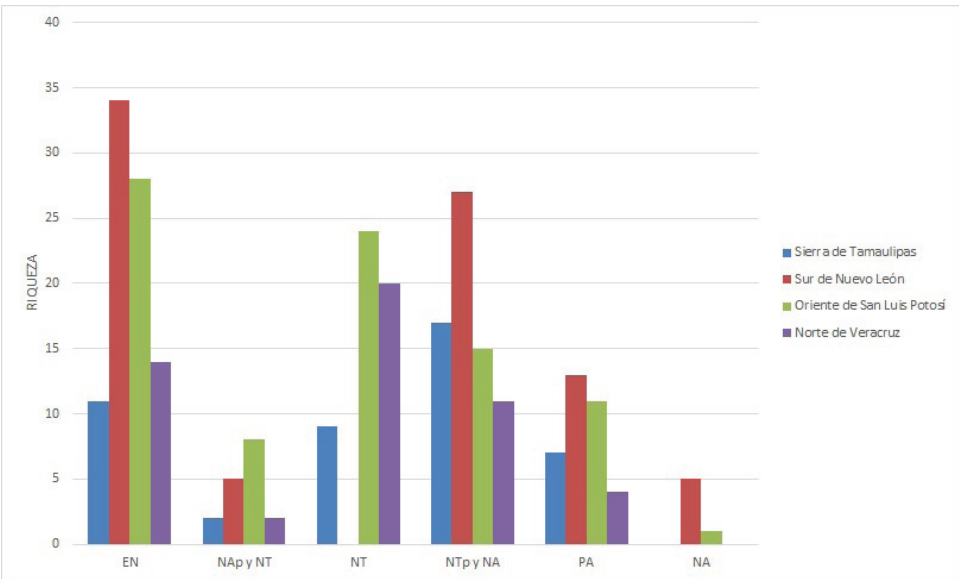


Figura 4. Comparativo de componentes zoogeográficos por número de especies de moluscos terrestres de la Sierra de Tamaulipas y otras áreas del noreste de México. Simbología del Cuadro 2.

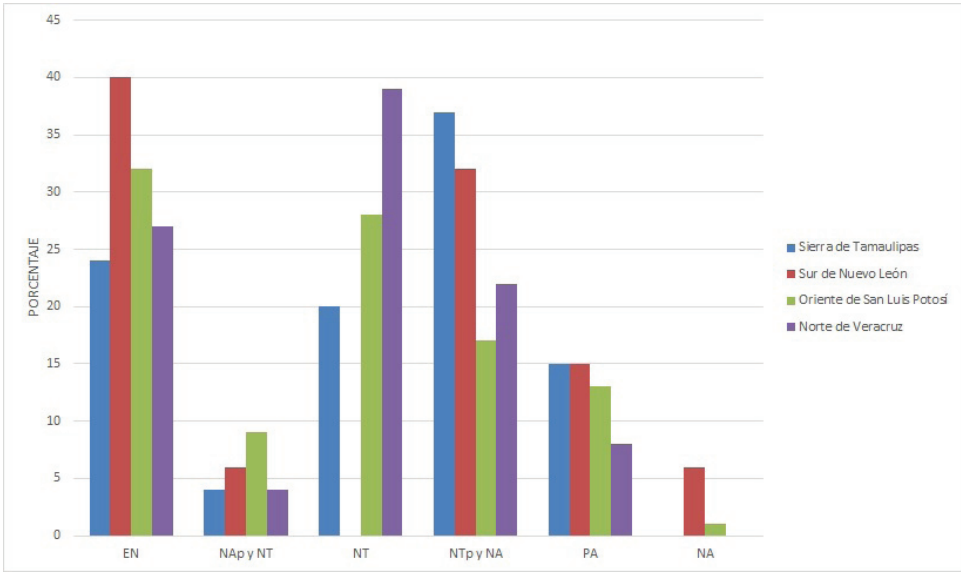


Figura 5. Comparativo porcentual de componentes zoogeográficos de la Sierra de Tamaulipas y otras áreas del noreste de México. Simbología del Cuadro 2.

posible aproximarse en este sentido. Áreas con vegetación original de bosque tropical subcaducifolio llegan a presentar 31 especies de gastrópodos terrestres y, en contraste, en las áreas adyacentes en donde la vegetación ha sido modificada y se han establecido áreas de cultivo se pueden registrar hasta 23 especies. La diferencia entre los dos tipos de vegetación oscila alrededor del 25.8% (ocho especies).

El número de especies de gastrópodos que potencialmente pueden encontrarse en áreas de 9 km² en el área de estudio fueron de 25 a 30 especies (Fig. 6), siendo más frecuente encontrar 28 especies. La mayor riqueza se encontró fuera del polígono de la Sierra de Tamaulipas, principalmente al norte de esta área, mientras que la menor riqueza se predice en el sureste. Las especies *Ceres nelsoni* y *Streptostyla bartshii* (conocidas para la Sierra

Madre Oriental) potencialmente pueden encontrarse en la Sierra de Tamaulipas, pero hasta ahora no han sido registradas. Por lo anterior es necesario incrementar la colecta en áreas que no han sido evaluadas para verificar este aspecto y establecer también, aún con mayor precisión, diversos aspectos de esta malacofauna.

AGRADECIMIENTOS. A la L.I. Anabel Gutiérrez Borbolla por su siempre paciente asistencia. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico. Al Dr. Fred G. Thompson por la literatura proporcionada y acceso a la Colección de Moluscos del Museo de Historia Natural de Florida, Universidad de Florida. Al M. C. Maximino Hernández por la elaboración de la Figura 1. A la Dra. Rosalía Guerrero Arenas, un revisor anónimo y los editores de Acta Zoológica Mexicana (Nueva Serie) cuyas correcciones y comentarios mejoraron sustancialmente este trabajo.

Cuadro 4. Familias de gastrópodos terrestres con endemismos y su porcentaje en relación al número total de especies por familia en la Sierra de Tamaulipas, México

Familia	Especies o subespecies endémicas	Porcentaje (%)
Helicinidae	1	20
Zonitidae	1	50
Spiraxidae	6	60
Eucalodiidae	1	100
Polygyridae	2	33

Cuadro 5. Índice biogeográfico por tipos de vegetación compartidos en la Sierra de Tamaulipas y Oriente de San Luis Potosí (OSLP).

Tipo de vegetación	Sierra Tamaulipas	OSLP
Bosque de encino	4.3	4.70
Bosque tropical subcaducifolio	4.3	4.55
Pastizal	2.75	4.40
$\bar{x}$	3.78	4.55

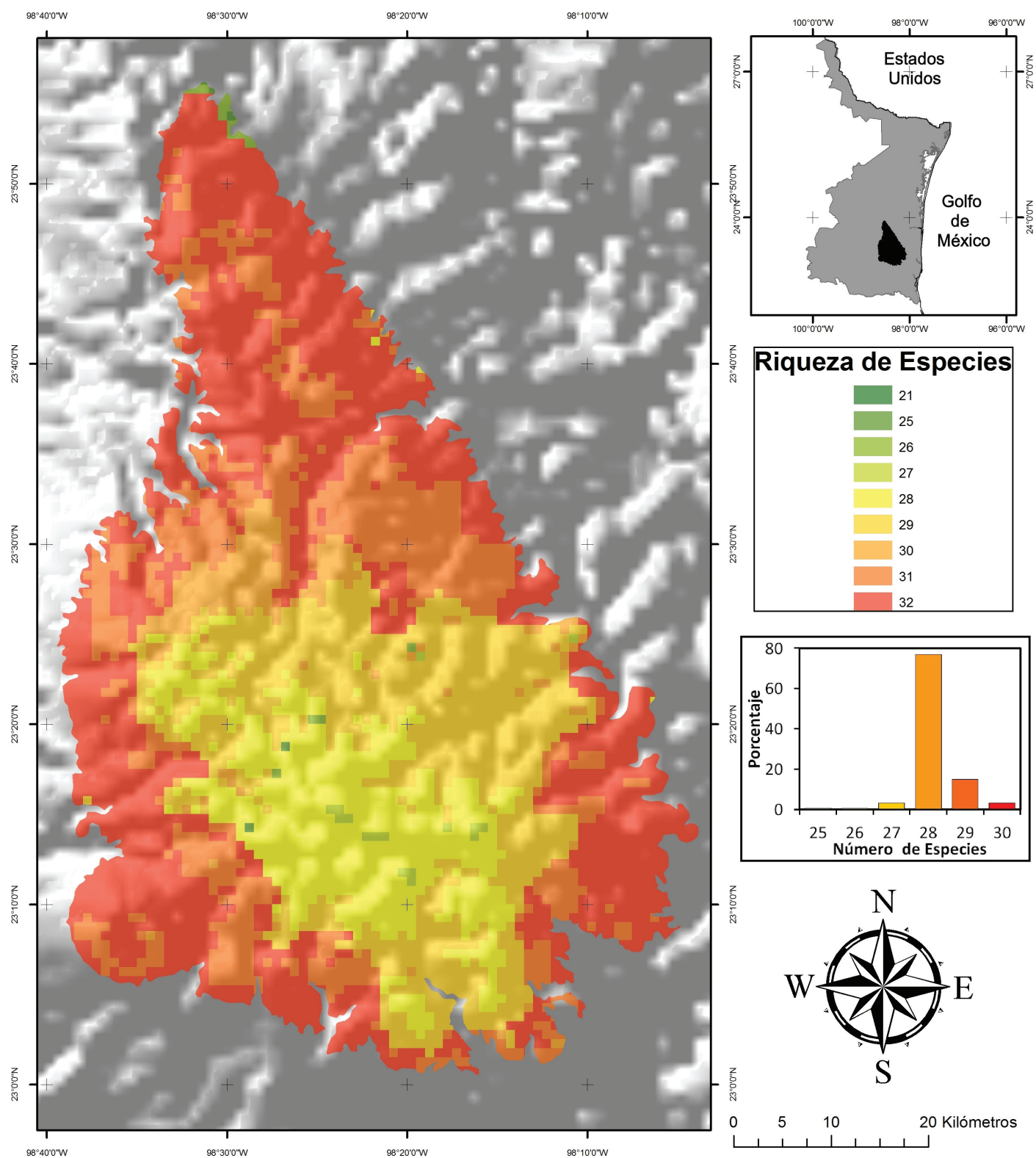


Figura 6. Mapa de la riqueza potencial de especies de moluscos terrestres en la Sierra de Tamaulipas (ver Apéndice 2).

LITERATURA CITADA

- Avendaño, M. J.** 2004. *Inventario de gasterópodos terrestres y dulceacuícolas del área focal de Ixcán, Chiapas*. Instituto de Historia Natural y Ecología. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. Y015. México, D. F.
- Avendaño, M. J., Carbot-Chanona, G. & Naranjo-García, E.** 2010. Moluscos gasterópodos terrestres y dulceacuícolas del área focal Ixcán, Chiapas, México. *Lacandonia*, 4, 29-36.
- Bouchet, P. & Rocroi, J.-P.** 2005. Classification and nomenclature of gastropod families. *Malacologia*, 47, 1-397.
- Cameron, R. A. A. & Redfern, M.** 1976. *A synopsis of the British land snails*. Academic, Londres, Inglaterra.
- Coney, C. C., Tarpley, W. A. & Bohannon, R.** 1981. A method of collecting minute land snails. *Nautilus*, 95, 43-44.
- Correa-Sandoval, A.** 1993. Caracoles terrestres (Mollusca: Gastropoda) de Santiago, Nuevo León, México. *Revista de Biología Tropical*, 41, 683-687.
- Correa-Sandoval, A.** 1999. Zoogeografía de los gastrópodos terrestres de la región oriental de San Luis Potosí, México. *Revista de Biología Tropical*, 47, 493-502.
- Correa-Sandoval, A.** 2000. Gastrópodos terrestres del norte de Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 79, 1-9.
- Correa-Sandoval, A.** 2003. Gastrópodos terrestres del noreste de México. *Revista de Biología Tropical*, 51, 507-522.
- Correa-Sandoval, A. & Salazar-Rodríguez, M. C.** 2005. Gastrópodos terrestres del sur de Nuevo León, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 21, 51-61.
- Correa-Sandoval, A. & Rodríguez Castro, R.** 2005. Gastrópodos terrestres. pp. 340-344. In: Sánchez, G., Reyes, P. & Dirzo, R. (Eds.). *Historia Natural de la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas, México*. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, México.
- Correa-Sandoval, A., García-Cubas, A. & Reguero, M.** 1998. Gastrópodos terrestres de la región oriental de San Luis Potosí. México. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 73, 1-17.
- Correa-Sandoval, A., Strenth, N. E. & Salazar-Rodríguez, M. C.** 2007. Zoogeografía de los gastrópodos terrestres del Sur de Nuevo León, México. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 23, 143-162.
- Correa-Sandoval, A., Strenth, N. E., Rodríguez Castro, R. & Horta-Vega, J. V.** 2009. Análisis ecológico básico de los gastrópodos terrestres de la región oriental de San Luis Potosí, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 25, 105-122.
- Correa-Sandoval, A., Martínez, V., Horta-Vega, J. V. & Castro, I.** 2012. Zoogeografía de los gastrópodos terrestres del Sur de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 60, 317-331.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudik, M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R. J., Hueffmann, F., Leathwick, J. R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L. G., Loiselle, B. A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J. M., Peterson, A. T., Phillips, S. J., Richardson, K., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R. E., Soberón, J., Williams, S., Wisz, M. S. & Zimmermann, N. E.** 2006. Novel methods improve prediction of species of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151.
- Guisan, A. & Zimmermann, N. E.** 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147-186.
- Hirzel, A. H. & Lay, G. L.** 2008. Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45, 1372-1381.
- Martínez-Ramírez, V. H. & Rodríguez-Castro, R.** 1997. Sistemática y aspectos ecológicos de los moluscos terrestres de los cañones (El Novillo, Calamaco y La Peregrina) al oeste de Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. Tesis Profesional. Licenciatura en Biología. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. 42 pp.
- Pérez, A. M., Villaseca, J. C. & Zione, N.** 1996. Sinecología básica de moluscos terrestres en cuatro formaciones vegetales de Cuba. *Revista de Biología Tropical*, 44, 133-146.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Pilsbry, H. A.** 1920. Review of the *Thysanophora plagiptycha* group. *Nautilus*, 33, 93-96.
- Pilsbry, H. A. & Vanatta, E. G.** 1936. Three Mexican *Euglandina*. *Nautilus*, 49, 97-98.
- Rangel-Ruiz, L. & Gamboa-Aguilar, J.** 1998. *Estudio taxonómico de moluscos terrestres y dulceacuícolas de la región maya de México I. Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. GO34. México, D. F.
- Rangel-Ruiz, L. J., Gamboa-Aguilar, J. A. & Alegría, F. R.** 2004. Diversidad malacológica en la Región Maya. II. "Parque Estatal Agua Blanca". Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 20, 55-62.
- Richards, C. L., Carstens, B. C. & Knowles, L.** 2007. Distribution modelling and statistical phylogeography: an integrative framework for generation and testing alternative biogeographical hypotheses. *Journal of Biogeography*, 34, 1833-1845.
- Soberón, J. & Peterson, A. T.** 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10.
- Solem, A., Emerson, W. K., Roth, B. & Thompson, F. G.** 1980. Standards for malacological collections. *Curator*, 24, 19-28.
- Tattersfield, P., Waruj, C. M., Seddon, M. B. & Kiringe, J. W.** 2001. Land snails faunas of afro-montane forest of Mount Kenya, Kenya: ecology, diversity and distribution patterns. *Journal of Biogeography*, 28, 843-861.
- Thompson, F. G.** (2011). Ann Annotated Checklist and Bibliography of the Land and Freshwater Snails of México and Central America Florida Museum of Natural History, University of Florida. Gainesville, Florida, U.S.A. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 50, 1-299.
- Thompson, F. G. & Correa-Sandoval, A.** 1994. Land snails of the genus *Coelocentrum* from northeastern Mexico. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 36, 141-173.



APÉNDICE 1

Métodos ecológicos empleados para la evaluación del índice de endemismo

Nombre	Siglas	Cálculo	Interpretación	Autor
Riqueza de endemismo	?	$\sum \text{Endémicas}$	Criterio: Distribución restringida. Valor absoluto de endemismo. Número de especies endémicas	Sin definir
Proporción de endemismo	E/S	# Taxones endémicos/ riqueza total de especies $E/S=(E100)/S$	Criterio: Distribución restringida. Valor absoluto de endemismo. Proporción o porcentaje de endemismos	Sin definir
Índice de Bykow	i	$i = ef/en $; donde ef: porcentaje de endemismo en la región de estudio con base a la riqueza total. “en” se obtiene de $\rightarrow \log en = 0.373 \log a - 1.043$; donde a: área km ² , en: % endemismo esperado	Criterio: Distribución restringida. Valor absoluto de endemismo. Si el índice “i” es cercano a 1, entonces el área tiene el endemismo esperado para el área	Major, 1988; Hobohm & Tucker, 2014
Densidad de endemismo	E/A	# Endémicos/ área	Criterio: Distribución restringida. Valor absoluto de endemismo. Concentración de endemismos	Sin definir
Relación área-endemismo	EAR	$\log E = z \log A + \log c$; $E = cAz$ $E = \#$ especies endémicas de un área, $A =$ tamaño del área, z y $c =$ constantes empíricas	Criterio: Distribución restringida. Valor absoluto de endemismo. Relación entre área y riqueza de endemismos	Major, 1988; Harte & Kinzig, 1997
Endemismo ponderado	RSR o WE	$RSR \text{ o } WE = \sum (1/C_i)$; donde C_i : número de UGO en las cuales se encuentra el taxón i.	Patrones de endemismo. Valores altos del índice indica centros de endemismo; un taxón en una sola celda tendrá valor de 1 para esa celda.	Williams et al., 1996; Linder, 2001b
Endemismo ponderado corregido	CWE	$CWE = \sum (1/C_i)/S$; donde C_i : número de UGO en las cuales el taxón i se encuentra. Se: número total de especies en cada celda	Patrones de endemismo. Promedio del endemismo por celda o porcentaje de especies restringidas a un grupo de celdas.	Linder, 2001b; Crisp et al., 2001
Riqueza de endemismo	Cs	$Cs = (\sum I_i/G_i)/A$; donde Cs : riqueza de endemismo; n : número de especies en cada unidad de muestreo; I_i : tamaño de la área de distribución dentro de la unidad de muestreo (# celdas); G_i : tamaño de la área de distribución fuera de la unidad de muestreo; A : tamaño total del área	Patrones de endemismo. Mayor riqueza de endemismo mayor valor del índice	Kier & Barthlott, 2001
Endemismo filogenético	EF	$EF = \sum Lc/Rc$; Lc : longitud del brazo con relación a una filogenia; Rc : área de distribución para cada clado	Valor de 1 expresa el valor máximo del endemismo filogenético	Rosauer et al., 2009
Endemismo completo	EW	$EW = PE/S$; EF ponderado con la riqueza total o con un grupo de celdas (ventana).	Patrones de endemismo. Promedio del endemismo por celda o porcentaje de especies restringidas a un grupo de celdas.	Laffan et al., 2010
Endemismo completo con partición jerárquica	WEP	Múltiples formulas.	Valores altos, mayor endemismo de múltiples taxones.	Laffan et al., 2013

APÉNDICE 2

Métodos biogeográficos evolutivos empleados para la evaluación del endemismo

Método	Siglas	Unidad de comparación	Criterio	Resultado	Autor
Análisis de Parsimonia de Endemicidad	PAE	Áreas o localidades de distribución	Conteo de especies	Grupos de áreas o localidades	Rosen & Smith, 1988
Análisis de Parsimonia de Endemicidad	PAE	Celdas de gradilla	Conteo de especies	Grupos de celdas	Morrone, 1994; Morrone, 2014
Criterio para el reconocimiento de áreas de endemismo	-	Áreas de distribución y filogenias	Relación entre áreas de distribución	Grupos de áreas	Harold & Mooi, 1994
Criterio de optimización para evaluar métodos de endemismo	-	Celdas de gradilla	Índice de congruencia de al menos dos especies (con) y congruencia de sus áreas de distribución (CON)	Grupos de celdas asociadas con parsimonia o similitud	Linder, 2001a
Análisis de endemicidad o criterio de optimización	AE	Celdas de gradilla o localidades de ocurrencia	Índice de endemicidad	Grupos de celdas soportadas por al menos dos especies.	Szumik et al., 2002; Szumik & Goloboff, 2004
Co-Ocurrencia SIGNificante de taxones	Sigcot	Celdas de gradilla	Evaluación de la significancia de la congruencia espacial usando modelos nulos	Grupos de celdas	Mast & Nyffeler, 2003
Combinación de Sigcot y PAE	-	Celdas de gradilla	Evaluación de la significancia de la congruencia espacial usando modelos nulos y agrupamientos resultado de un PAE	Grupos de celdas	Giokas & Sfenthourakis, 2008
Análisis de endemismo de áreas anidadas	NAEA	Cladograma de PAE, red de árboles de tendido mínimo, áreas de distribución, celdas de una gradilla	Valores de distancia dentro de un grupos de celdas (DC) y el anidamiento de grupos (DN)	Grupos de celdas o áreas	Deo & DeSalle, 2006
Método de análisis de redes	NAM	Localidades de ocurrencia	Identificación y remoción de especies intermedias para segregar unidades de coocurrencia, usando “betweenness measure” y coeficientes de agrupamiento	Grupos de localidades y unidades de coocurrencia	Dos Santos et al., 2008
Interpolación geográfica de endemismo	GIE	Localidades de ocurrencia	Índice de Kernel para representar el grado de superposición de las distribuciones de las especies	Mapas de intensidad del Índice de Kernel.	Oliveira et al., 2015



APÉNDICE 3

Especies de moluscos terrestres de la Sierra de Tamaulipas, afinidades biogeográficas y áreas de distribución local.* Especies a las que se les generó el modelo de distribución geográfica potencial.

Especies	Afinidad	Localidades	Total localidades
FAMILIA HELICINIDAE			
<i>Helicina chrysocheila chrysocheyla</i> (Binney, 1851)*	NTp y NA	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 14, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 28, 29, 30.	20
<i>Helicina orbiculata orbiculata</i> (Say, 1818)*	NAp y NT	1, 2, 10, 11, 15, 22.	6
<i>Helicina zephyrina zephyrina</i> (Duclos, 1833)*	NT	10, 11, 14, 15, 17, 19, 20, 24, 25, 28, 29.	11
<i>Schasicheyla fragilis</i> Pilsbry 1899	EN	1, 3, 4, 10, 29.	5
FAMILIA VERONICELLIDAE			
<i>Leidyula moreleti</i> (Fischer, 1871)*	NT	15, 21.	2
FAMILIA SUCCINEIDAE			
<i>Succinea luteola luteola</i> (Gould, 1848)*	PA	1, 7, 10, 11, 20, 29, 30.	7
FAMILIA STROBILOPSIDAE			
<i>Strobilops hubbardi</i> (Brown, 1861)	PA	8, 10, 11.	3
FAMILIA VERTIGINIDAE			
<i>Gastrocopta pellucida hordeacella</i> (Pilsbry, 1890)*	PA	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 21.	12
<i>Pupisoma dioscoricola insigne</i> (Pilsbry 1920)*	NTp y NA	1, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 21.	10
FAMILIA ORTHALICIDAE			
<i>Drymaeus emeus</i> (Say, 1829)*	NTp y NA	1, 2, 3, 8, 10, 11, 14, 19, 20, 21, 24.	11
<i>Drymaeus multilineatus</i> (Say, 1825)*	NTp y NA	1, 2, 10, 11, 14, 15, 20, 22, 23, 29.	10
<i>Drymaeus sulfureus</i> (Pfeiffer, 1856)	NT	3, 14, 15, 20, 29.	5
<i>Orthalicus princeps princeps</i> (Broderip, 1833)	NT	15, 20, 29.	3
<i>Rabdotus alternatus alternatus</i> (Say, 1830)*	NT	1, 2, 10, 22, 27.	5
<i>Rabdotus dealbatus dealbatus</i> (Say, 1821)*	PA	15, 17, 18, 22, 26, 28, 30.	7
FAMILIA EUCALODIIDAE			
<i>Coelocentrum torosum</i> (Thompson & Correa-Sandoval, 1994)	EN	1, 3, 4, 9, 10, 14, 19, 21.	8
FAMILIA UROCOPTIDAE			
<i>Microceramus mexicanus</i> (Martens, 1897)*	NTp y NA	3, 8, 24, 30.	4
FAMILIA FERUSSACIDAE			
<i>Cecilioides consobrinus primus</i> (De Folin, 1870)*	NT	1, 2, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 15.	9
FAMILIA SUBULINIDAE			
<i>Leptopeas micra micra</i> (Orbigny, 1835)	NTp y NA	1, 2, 8, 9, 10, 11.	6
<i>Lamellaxis tamaulipensis</i> (Pilsbry, 1903)*	NT	3, 4, 8, 15, 19, 30.	6
<i>Euglandina jacksoni</i> Pilsbry & Vannata, 1936	EN	21	1
<i>Euglandina</i> sp. nov.	EN	24	1
<i>Euglandina texasiana texasiana</i> (Pfeiffer, 1856)*	NTp y NA	1, 2, 3, 4, 8, 9, 14, 19, 20, 21, 24, 25, 29, 30.	14
<i>Guillarmodia dalli</i> (Pilsbry, 1899)*	EN	4, 8, 24.	3
<i>G. potosiana tamaulipensis</i> (Pilsbry, 1908)*	NTp y NA	4, 19, 21	3
<i>G. victoriana</i> (Pilsbry, 1903)*	EN	3, 4, 8, 10, 11, 24, 30.	7
<i>Salasiella hinkleyi</i> (Pilsbry, 1920)	EN	2, 3, 4.	3

Especies	Afinidad	Localidades	Total localidades
<i>Spiraxis</i> sp. nov	EN	21	1
<i>Streptostyla gracilis</i> (Pilsbry, 1907)*	NTp y NA	2, 4, 8, 24.	4
FAMILIA PUNCTIDAE			
<i>Punctum vitreum</i> Baker, 1930.	PA	8	1
FAMILIA CHAROPIDAE			
<i>Chanomphalus pilsbryi</i> (Baker, 1927)	NT	2, 3, 4, 8, 11.	5
FAMILIA DISCIDAE			
<i>Discus victorianus</i> (Pilsbry, 1904)*	NT	1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11.	8
FAMILIA HELICARIONIDAE			
<i>Guppya gundlachi gundlachi</i> (Pfeiffer 1840)*	NTp y NA	1, 2, 3, 4, 8, 10, 11, 14, 21, 24.	10
<i>Guppya micra</i> Pilsbry 1904	NTp y NA	1, 4, 8, 9, 11.	5
<i>Habrocunus elegantulus</i> (Pilsbry, 1919)	NTp y NA	10	1
FAMILIA ZONITIDAE			
<i>Hawaiiia minuscula minuscula</i> (Binney, 1940)*	PA	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12.	8
<i>Patulopsis montereyensis victorianus</i> (Pilsbry, 1903)*	EN	1, 3, 4, 5, 8, 10, 19, 21.	8
FAMILIA XANTHONICHIDAE			
<i>Trichodiscina cordovana</i> (Pfeiffer, 1858)*	NTp y NA	19	1
FAMILIA POLYGRYDAE			
<i>Polygyra ariadnae</i> (Pfeiffer, 1848).	EN	1, 2, 10, 11, 14, 17, 28.	7
<i>Polygyra implicata</i> (Martens, 1865)*	NTp y NA	3, 8, 9, 15, 19, 21, 24, 25, 30.	9
<i>P. oppilata</i> (Morelet, 1849)	NTp y NA	1, 2, 3, 8, 9, 20, 29.	7
<i>Polygyra</i> sp. nov.	EN	21, 28.	2
<i>Praticolella berlandieriana</i> (Moricand, 1833)*	NAP y NT	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 25, 26, 28, 30.	21
<i>P. griseola</i> (Pfeiffer, 1841)*	NTp y NA	3, 14, 15, 20.	4
FAMILIA THYSANOPHORIDAE			
<i>Thysanophora fuscula</i> (Adams, 1849)*	NTP y NA	3, 4, 8, 9, 10, 11, 14, 21.	8
<i>Thysanophora horni</i> (Gabb, 1866)*	PA	1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14.	10