

RIQUEZA, DISTRIBUCIÓN Y ENDEMISMO DEL GÉNERO *BRICKELLIA* (ASTERACEAE, EUPATORIEAE)

MARÍA VIVIANA RUIZ-VALDEZ^{1,4}, ENRIQUE ORTIZ², MARTHA J. MARTÍNEZ-GORDILLO³,
 JOSÉ LUIS VILLASEÑOR², FABIOLA SOTO-TREJO^{1*}

¹ Unidad de Biotecnología y Prototipos, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Tlalnepantla, México.

² Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

³ Departamento de Biología Comparada, Herbario de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

⁴ Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: fabiolasototrejo@gmail.com

Resumen

Antecedentes: La distribución geográfica de las especies es fundamental para identificar patrones de riqueza y endemismo de la biodiversidad a nivel global. Esta información es la base para plantear hipótesis sobre los procesos y factores que explican la variación de la distribución de los organismos.

Preguntas: ¿Cómo se distribuyen las especies de *Brickellia*? ¿Dónde se localizan las áreas de mayor riqueza y endemismo de *Brickellia*?

Especies de estudio: Género *Brickellia*.

Sitio: Continente Americano.

Métodos: Se construyó una base de datos con información geográfica proveniente de ejemplares de herbario, bases electrónicas y literatura. Se generaron mapas de distribución geográfica para las especies de *Brickellia*. Los patrones de riqueza de especies y endemismo se calcularon utilizando celdas de 1 × 1° y provincias biogeográficas. La correlación entre ambos patrones se evaluó utilizando el coeficiente de Spearman.

Resultados: Se reconocen 109 especies de *Brickellia*, distribuidas desde el sur de Canadá hasta el norte de Argentina. México concentra los valores más altos de riqueza de especies y endemismo para el género. Las provincias Chihuahuense, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Tierras Bajas del Pacífico y Faja Volcánica Transmexicana destacan por presentar los niveles más altos de ambos patrones de diversidad. Se observó una correlación positiva y significativa entre estos dos patrones.

Conclusiones: Las áreas de mayor riqueza de especies y endemismo de *Brickellia* se encuentran en México, donde se observa una congruencia geográfica entre ambos patrones de diversidad, indicando que las regiones con alta diversidad de especies también presentan elevados niveles de endemismo.

Palabras clave: Análisis de biodiversidad, Coeficiente de correlación de Spearman, endemismo ponderado, México.

Abstract

Background: The geographic distribution of species is crucial for identifying patterns of species richness and endemism in global biodiversity. This information serves as the foundation for formulating hypotheses about the processes and factors that drive the variation in the distribution of organisms.

Questions: How are *Brickellia* species distributed? Where are the areas of greatest richness and endemism of *Brickellia* located?

Studied species: *Brickellia* genus.

Study site and dates: American Continent.

Methods: A database was constructed using geographic information from herbarium specimens, electronic databases, and published literature. Distribution maps for *Brickellia* species were generated. Patterns of species richness and endemism were calculated using 1 × 1° grid and biogeographic provinces. The correlation between these two patterns was assessed using Spearman's correlation coefficient.

Results: A total of 109 *Brickellia* species are recognized, ranging from southern Canada to northern Argentina. Mexico exhibits the highest values of species richness and endemism for this genus. The Chihuahuense, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Tierras Bajas del Pacífico and Faja Volcánica Transmexicana provinces are particularly notable for having the highest levels of both diversity patterns. A positive and significant correlation between these patterns was observed.

Conclusions: The areas of highest species richness and endemism for *Brickellia* are located in Mexico, where a geographic congruence between both diversity patterns is observed, indicating that regions with high species diversity also exhibit elevated levels of endemism.

Keywords: Biodiversity analysis, Mexico, Spearman correlation coefficient, weighted endemism.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



El conocimiento de la distribución geográfica de las especies es fundamental para comprender los patrones y los procesos que explican la biodiversidad del planeta, así como para proponer estrategias efectivas de conservación (Rosauer & Jetz 2015, Harrison & Noss 2017, Smyčka *et al.* 2023). Por lo tanto, esta información es clave para plantear hipótesis sobre los procesos ecológicos, geográficos o geológicos que determinan los patrones de riqueza y endemismo de la diversidad biológica (Harrison & Noss 2017).

Los patrones, formas y tamaños de la distribución a diferentes escalas geográficas han sido descritos y analizados para diversos grupos biológicos en América, incluyendo mamíferos (Escalante *et al.* 2002, Escalante 2013), reptiles (Flores-Villela & García-Vázquez 2014), anfibios (Parra-Olea *et al.* 2014), árboles tropicales (Pennington & Sarukhán 2005), aves (Navarro-Sigüenza *et al.* 2014) y angiospermas (Rodríguez *et al.* 2018). Dentro de las angiospermas, el estudio de la distribución geográfica de familias con alta diversidad taxonómica, como Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Orchidaceae y Poaceae, permite inferir los procesos ecológicos, evolutivos y geológicos que han modelado los patrones de la riqueza de especies y endemismo en distintas regiones del continente (Villaseñor *et al.* 2007, Lenzner *et al.* 2017, Villaseñor 2018, Estrada-Márquez *et al.* 2021, Rooble *et al.* 2024). En particular, Asteraceae ha sido utilizada como indicador de la biodiversidad, principalmente por ser una de las familias de angiospermas más diversas, con aproximadamente 30,000 especies a nivel mundial. Además, sus especies exhiben una notable variación en formas de crecimiento, morfología y distribución geográfica (Villaseñor 2018). Dentro de la familia Asteraceae, destacan géneros como *Ageratina* Spach (167 especies), *Brickellia* Elliott (100), *Stevia* A. Gray (230) y *Verbesina* L. (325), los cuales presentan un alto número de especies en ambientes templados y áridos del continente americano (Schilling *et al.* 2015b, Soejima *et al.* 2017, Hinojosa-Espinosa *et al.* 2019, Moreira *et al.* 2023).

Brickellia es uno de los géneros más representativos de la tribu Eupatorieae (Asteraceae), y sus especies se distinguen morfológicamente por presentar cipselas con 8 a 10 costillas, vilano formado por cerdas capilares, corolas relativamente estrechas y un número cromosómico básico de $x = 9$ (Schilling *et al.* 2015a). El género es endémico del continente americano y comprende más de 100 especies distribuidas desde el sur de Canadá hasta el norte de Argentina (Schilling *et al.* 2015a, Villaseñor 2016). México representa un importante centro de diversificación para *Brickellia*, con alrededor de 85 especies registradas, de las cuales 57 son endémicas (Villaseñor 2018). Las especies del género habitan principalmente en bosques templados como bosque de pino-encino, así como en ambientes áridos y semiáridos, como el matorral xerófilo y el bosque tropical caducifolio (Schilling *et al.* 2015b).

De acuerdo con Schilling *et al.* (2015a), *Brickellia* constituye un grupo monofilético que se originó hace aproximadamente nueve millones de años, durante la transición del Mioceno al Plioceno, con altas tasas de diversificación durante el Pleistoceno. No obstante, la delimitación taxonómica del género ha sido objeto de controversia (King 1987, Turner 1997, Schilling *et al.* 2013, 2015b). Schilling *et al.* (2015a) reconstruyeron una filogenia molecular de *Brickellia*, identificando nueve clados principales. Aunque varios de estos clados habían sido previamente reconocidos como géneros independientes, en su estudio fueron propuestos como secciones taxonómicas dentro del género: *Barroetia*, *Brickellia*, *Coleosanthus*, *Gemmipedium*, *Kuhnia*, *Leptanthodium*, *Microphyllae*, *Phanerostylis* y *Xerobrickellia*.

El género *Brickellia* ha sido estudiado desde diversos enfoques, incluyendo el taxonómico y filogenético (King 1987, Turner 1997, Schilling *et al.* 2013, 2015a, 2015b, Morales-Garduño *et al.* 2023), anatómico y morfológico (Rivera *et al.* 2019, Morales-Garduño & Villaseñor 2024), ecológico (Kula *et al.* 2005, Pacheco-Hernández *et al.* 2021, Duell *et al.* 2024) y fitoquímico (Palacios-Espinosa *et al.* 2008, Zhu *et al.* 2008, Escandón-Rivera *et al.* 2012, Jiménez-Arellanes *et al.* 2020, Trevino-Moreno *et al.* 2023). Sin embargo, hasta la fecha no se han realizado estudios que proporcionen estimaciones detalladas sobre la riqueza de especies y endemismo del género a lo largo de su distribución geográfica. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la distribución geográfica de las especies de *Brickellia*, con el fin de identificar áreas o regiones con alta concentración de especies y endemismos, tanto a una escala fina (celdas de 1° latitud y longitud) como a una escala más amplia, basada en provincias biogeográficas.

Materiales y métodos

Base de datos. Se construyó una base de datos para las 109 especies reconocidas del género *Brickellia*. La lista de especies se elaboró con base en la clasificación propuesta por Schilling *et al.* (2015a,b) y en el Checklist de las plantas vasculares nativas de México (Villaseñor 2016). Los datos fueron recopilados a partir de la información disponible en ejemplares de herbario y bases de datos en línea. La base de datos resultante contiene información taxonómica (familia, género, epíteto específico y autor) y datos geográficos (país, estado, municipio, localidad, latitud y longitud).

La información sobre las especies de *Brickellia* presentes en México proviene de la revisión de ejemplares realizada por el especialista en Asteraceae José Luis Villaseñor. Dicha revisión incluyó materiales resguardados en los siguientes herbarios: CHAPA, CIIDIR, CODAGEM, ENCB, FEZA, GUADA, HUAA, HUMO, IBUG, LL, MEXU, MICH, QMEX, RSA, SD, SLPM, TEX y XAL (acrónimos según Thiers 2024). Además, se incorporaron registros documentados en la literatura científica provenientes de ejemplares depositados en colecciones como F, G, GBH, GH, IB, LL, SMU, UAT, UC y US.

Para las especies distribuidas fuera de México, incluyendo Canadá, Estados Unidos, Centroamérica y Sudamérica, se consultó la base de datos del Global Biodiversity Information Facility (GBIF 2024). Los registros obtenidos a través de esta plataforma corresponden a ejemplares físicos o digitales depositados en herbarios como AAU, ALCB, B, BHSC, BRIT, CDS, CR, DINO, EAC, FSU, G, GREE, JBG, KANU, LAGU, KHD, LOJA, MOSS, MPUC, NCSC, PI, PSO, UB, UBC, UTC, VDB y W (acrónimos según Thiers 2024). Además, se consultaron las bases de datos Tropicos ([tropicos.org](https://www.tropicos.org) 2024) y Global Plants (plants.jstor.org 2024) con el propósito de verificar y complementar la información taxonómica y geográfica de algunos registros.

Para detectar y eliminar registros con coordenadas geográficas sospechosas, se utilizó el programa Coordinate-Cleaner (Zizka *et al.* 2019). Se consideraron sospechosos aquellos registros con latitud y longitud idénticas o iguales a cero, así como registros ubicados cerca de centroides políticos, capitales nacionales o instituciones de biodiversidad.

Para los ejemplares sin coordenadas geográficas, la longitud y la latitud fueron estimadas a partir de la descripción de las localidades de recolecta, utilizando el programa Google Earth (2024) y siguiendo las recomendaciones metodológicas de García-Milagros & Funk (2010).

La base de datos fue depurada según los criterios de Castillo *et al.* (2014), corrigiendo o eliminando registros con datos inconsistentes. La distribución geográfica de las especies se verificó mediante la visualización de los registros en QGIS v. 3.36 (qgis.org 2024) y su comparación con las áreas de distribución reportadas en la literatura.

La nomenclatura y sinonimia de las especies fueron revisadas y homologadas según los criterios taxonómicos establecidos en Plants of the World Online (Kew 2024); así como mediante la validación realizada por el especialista en la familia Asteraceae, José Luis Villaseñor.

La distribución de las especies se determinó a partir de la base de datos geográficos utilizando el programa QGIS (qgis.org 2024). La distribución por provincias biogeográficas se realizó con base en los esquemas de regionalización propuestos por Morrone *et al.* (2022) y Escalante *et al.* (2021).

Análisis de riqueza de especies y endemismo. La riqueza de especies y el endemismo fueron estimados utilizando celdas y provincias biogeográficas como Unidades Geográficas Operativas (UGOs). Para los análisis por celdas, se generó un mapa con una cuadrícula de 1° de latitud y longitud, que abarcó un total de 840 celdas. A partir de este mapa, se calcularon la riqueza de especies y el endemismo ponderado utilizando el programa Biodiverse v. 4.3 (Laffan *et al.* 2010). Por otro lado, los análisis por provincias biogeográficas se realizaron a partir de una matriz de presencia-ausencia de las especies, considerando un total de 57 provincias biogeográficas definidas por Morrone *et al.* (2022) para la región neotropical y por Escalante *et al.* (2021) para la región neártica (ver mapa en el Material Suplementario 1 Figura S1).

La riqueza de especies se calculó sumando el número total de especies presentes en cada UGO. El endemismo se estimó mediante la métrica de endemismo ponderado (Weighted Endemism, WE), calculada como el inverso del número de UGOs en las que se distribuye cada especie, siguiendo la fórmula $WE = \sum (1/C_i)$, donde C_i representa el número de

UGOs en las que se encuentra la especie *i*. Por lo tanto, las UGOs con valores altos de WE indican una mayor proporción de especies con distribución restringida (Crisp *et al.* 2001). Los resultados de estos análisis se proyectaron en mapas de celdas y provincias biogeográficas, utilizando el programa QGIS (qgis.org 2024).

Finalmente, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman, tanto por celdas como por provincias, con el propósito de evaluar la relación entre los datos de riqueza de especies y el endemismo. Este análisis permitió determinar si las UGOs con alta riqueza de especies también presentan valores altos de endemismo. El análisis se llevó a cabo en el software R (R Core Team 2024), utilizando la función `cor.test()` para calcular correlación.

Resultados

Base de datos. La base de datos geográficos contiene un total de 11,658 registros únicos, obtenidos tras eliminar duplicados e inconsistencias en las coordenadas ([Material Suplementario 2 Tabla S1](#)). Estos registros corresponden a 109 especies del género *Brickellia* y fueron utilizados para elaborar los mapas de distribución geográfica, así como para realizar los análisis de riqueza de especies y endemismo.

Área de distribución. Los límites geográficos del género *Brickellia* se extienden desde los 50° N, al sur de Canadá, hasta los -31° S, al norte de Argentina. Las especies se distribuyen en 20 países y 57 provincias biogeográficas a lo largo del continente americano. México alberga el mayor número de especies (91), seguido por Estados Unidos de América (36), Guatemala (7), Nicaragua (6), Honduras (5), Costa Rica y El Salvador (4), y Canadá y Panamá (2). En Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba, Ecuador, Paraguay, Perú, República Dominicana y Venezuela se ha registrado una única especie, *Brickellia diffusa*, la especie más ampliamente distribuida del género, registrada en 17 países desde el norte de México hasta el norte de Argentina.

La información sobre el número de registros, colecciones, países y provincia biogeográficas por especie se presenta en el [Material Suplementario 3 Tabla S2](#). Los mapas de distribución geográfica de cada especie del género están disponibles en el [Material Suplementario 1 Figura S2](#).

Análisis de riqueza de especies y endemismo. México presenta las celdas con los valores más altos de riqueza de especies, destacando celdas con hasta 24 especies, ubicadas en el norte del país ([Figura 1A](#) y [1B](#), [Material Suplementario 3 Tabla S3](#), [Material Suplementario 1 Figura S3](#)). De manera general, a lo largo del territorio mexicano se observan celdas que contienen más de 10 especies. El suroeste de Estados Unidos de América también muestra altos niveles de riqueza, con celdas que contienen entre 11 y 15 especies ([Figura 1B](#)). En contraste, las celdas con valores de riqueza relativamente bajos (entre 1 y 10 especies) se encuentran principalmente en Centro y Sudamérica, así como en el norte de Estados Unidos de América y Canadá ([Figura 1A](#), [Material Suplementario 1 Figura S3](#), [Material Suplementario 3 Tabla S3](#)).

La riqueza de especies del género *Brickellia* se concentra principalmente en nueve provincias biogeográficas, que en conjunto albergan 102 de las 109 especies registradas ([Tabla 1](#)). En contraste, las provincias de Estados Unidos de América, Canadá, Centro y Sudamérica muestran una riqueza relativamente baja, con entre 1 y 15 especies por provincia ([Figura 2A](#) y [2B](#), [Material Suplementario 3 Tabla S4](#)). La provincia Chihuahuense presenta la mayor riqueza de especies con 71, seguida por la Sierra Madre Occidental con 45, la Sierra Madre del Sur con 37, las Tierras Bajas del Pacífico con 36 y la Faja Volcánica Transmexicana con 33.

Al igual que la riqueza de especies, los valores más altos de endemismo ponderado se encuentran en México ([Figura 3A](#) y [3B](#), [Material Suplementario 1 Figura S3](#), [Material Suplementario 3 Tabla S3](#)). En contraste, las celdas ubicadas en Centro y Sudamérica, así como en Estados Unidos y Canadá, presentan valores bajos de endemismo ponderado ([Figura 3A](#)). La provincia Chihuahuense presenta el valor más alto de endemismo ponderado, seguida por la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Oriental ([Tabla 1](#), [Figura 4A](#) y [4B](#)). Por el contrario, las provincias de Canadá, Estados Unidos de América, Centro y Sudamérica, así como algunas provincias mexicanas presentan valores relativamente bajos de endemismo ponderado ([Figura 4A](#), [Material Suplementario 3 Tabla S4](#)).

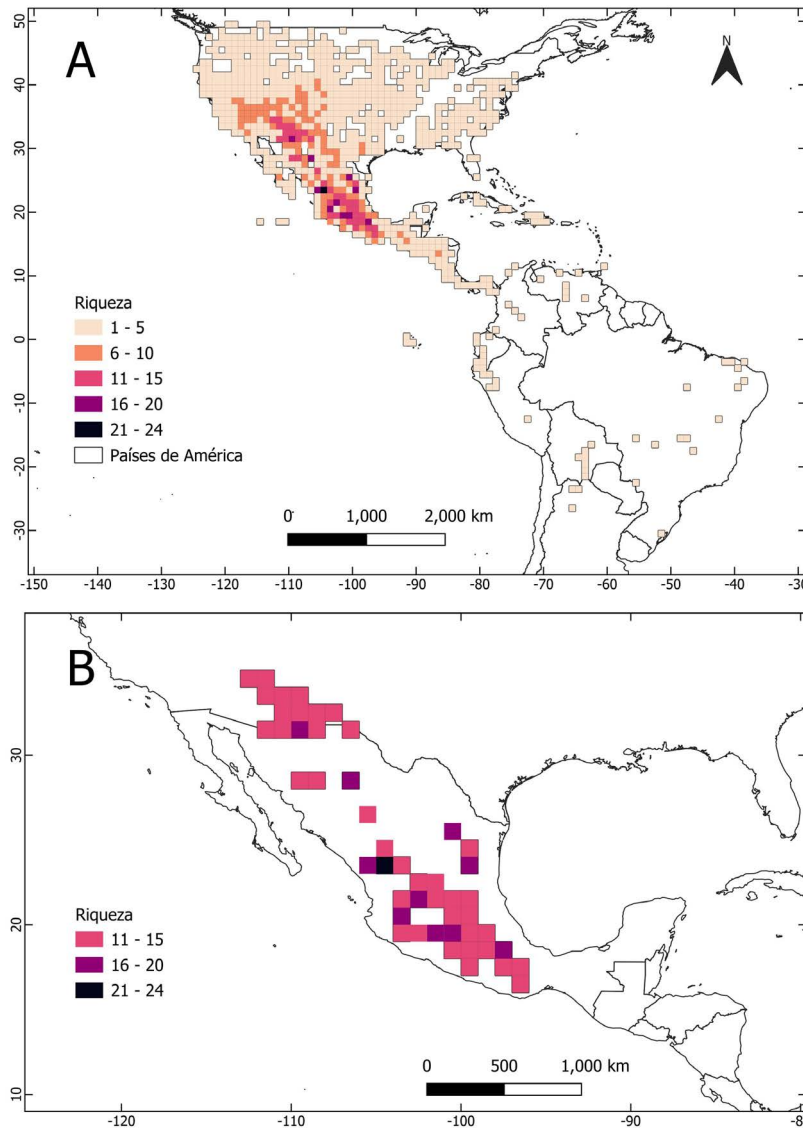


Figura 1. Mapa de la riqueza de especies del género *Brickellia* en celdas de $1 \times 1^\circ$ de latitud y longitud. A. Riqueza de especies del género en el continente americano. B. Detalle de la riqueza de especies por celdas con los valores más altos en México.

La correlación de Spearman muestra un valor de $\rho = 0.8758$ para el análisis por celdas y $\rho = 0.9955$ para el análisis por provincias. Estos resultados indican una correlación positiva y significativa entre la riqueza de especies y el endemismo, lo que sugiere que las UGOs con valores altos de riqueza también presentan altos niveles de endemismo ponderado. El valor de p es menor a $2.2e^{-16}$ para ambos análisis, lo que confirma que las relaciones observadas son estadísticamente significativas y no son producto del azar.

Discusión

México ha sido ampliamente reconocido como un centro de diversificación para numerosos grupos de plantas, que concentran en su territorio la mayor parte de su riqueza específica. Entre estos se encuentran géneros como *Acourtia* (Asteraceae), *Agave* (Asparagaceae), *Bursera* (Burseraceae), *Coryphantha* (Cactaceae), *Dalea* (Fabaceae), *Echeveria* (Crassulaceae), *Mammillaria* (Cactaceae), *Muhlenbergia* (Poaceae) y *Verbesina* (Asteraceae) (Rzedowski 2005). En este contexto, aunque

Brickellia se distribuye desde el sur de Canadá hasta el norte de Argentina, más del 80 % de sus especies se encuentran en México, lo que sugiere que el país constituye un centro clave de diversificación para el género. Por lo tanto, los niveles más altos, tanto de riqueza de especies como de endemismo, se concentran de manera notable en territorio mexicano.

La diversificación de *Brickellia* ha sido asociada a eventos orogénicos y cambios climáticos ocurridos desde el Mioceno hasta la actualidad, factores que han favorecido el aislamiento geográfico y la especiación de sus poblaciones (Schilling *et al.* 2015a). Las especies del género se distribuyen en diversos ambientes, aunque su mayor diversidad se concentra en los bosques templados de pino-encino de México. Durante el Pleistoceno, las variaciones climáticas modificaron significativamente la distribución de estos bosques, que lograron persistir en refugios montañosos elevados durante los periodos glaciares (Graham 1993, Mastretta-Yanes *et al.* 2015). Entonces, estas condiciones favorecieron el aislamiento geográfico y la divergencia genética de las poblaciones de *Brickellia*, contribuyendo a su alta diversidad de especies y su notable endemismo en México (Schilling *et al.* 2015a).

La riqueza de especies y endemismo del género *Brickellia* se concentran principalmente en provincias biogeográficas de México y el sur de los Estados Unidos de América. Las provincias más destacadas en términos de diversidad fueron: Chihuahuense, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Tierras Bajas del Pacífico, Faja Volcánica Transmexicana, Sierra Madre Oriental y Navahoniana. En particular, la provincia Chihuahuense sobresale por presentar la mayor riqueza de especies y el valor más alto de endemismo. Esta provincia, la más extensa de México, alberga una flora compuesta por aproximadamente 3,500 especies de plantas vasculares, de las cuales más de 1,000 son endémicas (Henrickson & Johnston 2007, Balleza & Villaseñor 2011, Villarreal-Quintanilla *et al.* 2017). Las familias Cactaceae y Asteraceae destacan por contener el mayor número de especies endémicas en la provincia (Villarreal-Quintanilla *et al.* 2017). Las especies de las secciones *Brickellia*, *Kuhnia* y *Microphyllae* del género *Brickellia* se distribuyen principalmente en la provincia Chihuahuense. En particular, las especies de la sección *Microphyllae* habitan predominantemente en ambientes áridos y presentan una serie de características asociadas a dichas condiciones, como hábito arbustivo, hojas sésiles y glandulares, cabezuelas con numerosas flores y un vilano formado por cerdas cortas, lo que refleja su adaptación a estos ambientes (Schilling *et al.* 2015a,b).

Tabla 1. Valores de riqueza de especies y endemismo ponderado en las principales provincias biogeográficas donde se distribuye el género *Brickellia*.

Provincia	Riqueza de especies	Endemismo ponderado (WE)
Chihuahuense	71	22.30
Sierra Madre Occidental	45	13.24
Sierra Madre del Sur	37	8.23
Tierras Bajas del Pacífico	36	7.04
Faja Volcánica Transmexicana	33	6.28
Sierra Madre Oriental	32	7.59
Navahoniana	26	4.97
Sonorense	22	6.03
Cuenca del Balsas	22	4.95
Veracruzana	18	3.06
Californiana	14	2.62
Kansas	14	2.02
Mohaviana	12	2.25
Tamaulipas	11	1.32
Artemisiana	10	1.59
Baja California	10	4.25
Colorada	10	1.21

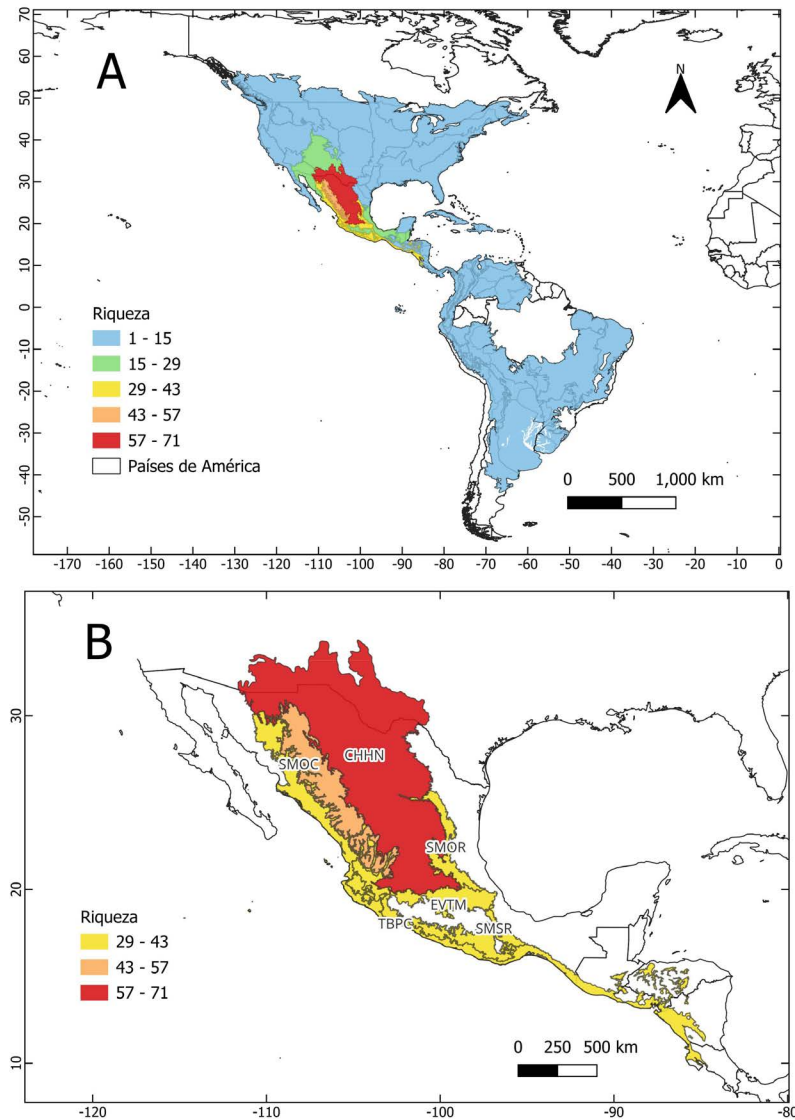


Figura 2. Mapa de la riqueza de especies del género *Brickellia* por provincias biogeográficas. A. Riqueza de especies por provincias en el continente americano. B. Detalle de la riqueza de especies por provincias con los valores más altos en México. Provincia Chihuahuense (CHHN), Sierra Madre Occidental (SMOC), Sierra Madre Oriental (SMOR), Sierra Madre del Sur (SMSR), Faja Volcánica Transmexicana (EVTM), Tierras Bajas del Pacífico (TBPC).

Otras regiones de México, como la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur, también presentan áreas con niveles altos de riqueza y endemismo para el género *Brickellia*. De acuerdo con Morrone (2019), estos altos niveles de biodiversidad están estrechamente relacionados con la ubicación de estas provincias dentro de la Zona de Transición Mexicana, una región biogeográfica caracterizada por albergar una biota con afinidades tanto neárticas como neotropicales. Diversos estudios han documentado que la mayor riqueza de especies de plantas vasculares en México se concentra principalmente en la Faja Volcánica Transmexicana y la Sierra Madre del Sur (Cruz-Cárdenas *et al.* 2013, Villaseñor 2016, Rodríguez *et al.* 2018, Aragón-Parada *et al.* 2021). En particular, las especies de la sección *Barroetia* del género *Brickellia* se distribuyen ampliamente en estas dos regiones; la mayoría son plantas anuales que habitan en bosques templados y bosques tropicales caducifolios (Morales-Garduño *et al.* 2023). De manera similar, otros grupos de angiospermas también alcanzan su mayor diversidad de especies en la Zona de Transición Mexicana, como *Cosmos*, *Dahlia* y *Melampo-*

dium (Asteraceae) (Vargas-Amado *et al.* 2013, Carrasco-Ortiz *et al.* 2019, Stuessy *et al.* 2025), Tigridaeae (Iridaceae) (Munguía-Lino *et al.* 2015), *Lycianthes* (Solanaceae) (Anguiano-Constante *et al.* 2018) y *Salvia* subg. *Calosphace* (Lamiaceae) (González-Gallegos *et al.* 2020).

La provincia Navahoniana, ubicada en el sur de Estados Unidos de América, también presenta altos niveles de riqueza de especies y endemismo para el género *Brickellia*. Esta región se caracteriza por la presencia de bosques templados y praderas áridas, hábitats que comparten similitudes ecológicas con los presentes en la provincia Chihuahuense (Blair 1950). De acuerdo con Saghatelian & Escalante (2023), el sur de Estados Unidos de América es un centro importante de endemismo para plantas, destacando la provincia Navahoniana por sus niveles particularmente elevados de endemismo. Además de su relevancia florística, esta provincia ha sido identificada como una región de interés para el estudio de diversos grupos faunísticos, incluyendo insectos (Baumgardner *et al.* 1997), mamíferos (Stangl *et al.* 2012) y parásitos (McAllister *et al.* 2017).

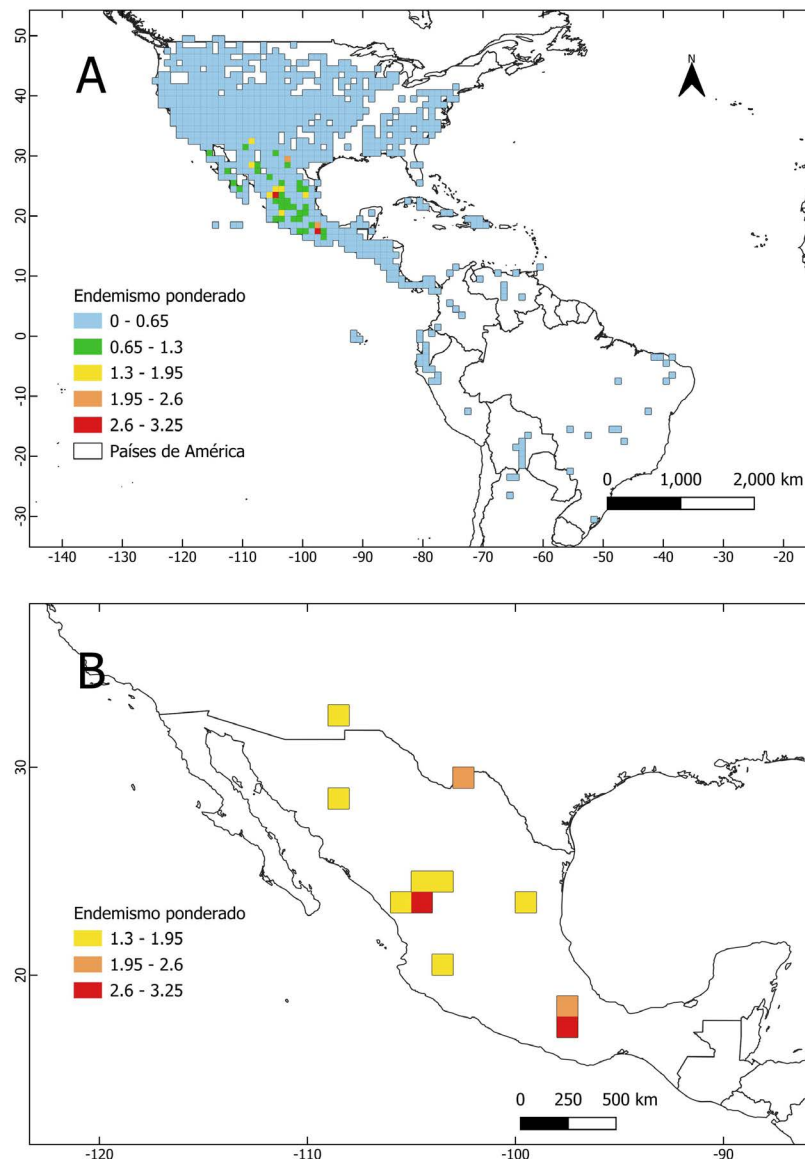


Figura 3. Mapa del endemismo ponderado del género *Brickellia* por celdas de $1 \times 1^\circ$ de latitud y longitud. A. Endemismo ponderado por celdas del género en el continente americano. B. Detalle del endemismo ponderado por celdas con los valores más altos en México.

Las provincias de Sudamérica muestran los valores más bajos tanto en términos de riqueza de especies como de endemismo para el género *Brickellia*. En esta región, únicamente se ha registrado la presencia de *B. diffusa*, la especie más ampliamente distribuida del género. Esta especie produce una gran variedad de metabolitos secundarios incluyendo flavonoides (Robinson & King 1980, Norris 1987, Ahmed *et al.* 1988) y terpenos (Bohlmann *et al.* 1982), los cuales desempeñan funciones importantes como la atracción de polinizadores y dispersores de semillas, protección contra la radiación UV, señalización en los procesos reproductivos y defensa frente a herbívoros (Calabria *et al.* 2009). En este sentido, la producción de estos metabolitos podría explicar en parte la amplia distribución geográfica y el éxito ecológico de *B. diffusa*.

Los valores de correlación de Spearman revelaron una relación positiva entre la riqueza de especies y el endemismo, lo que sugiere que las celdas o provincias con altos niveles de riqueza tienden también a presentar elevados valores de endemismo. Esta correlación ha sido documentada previamente en distintos grupos taxonómicos y regiones geográficas, como en aves de África (Jetz *et al.* 2004), briofitas de Australia (Stevenson *et al.* 2012) y la

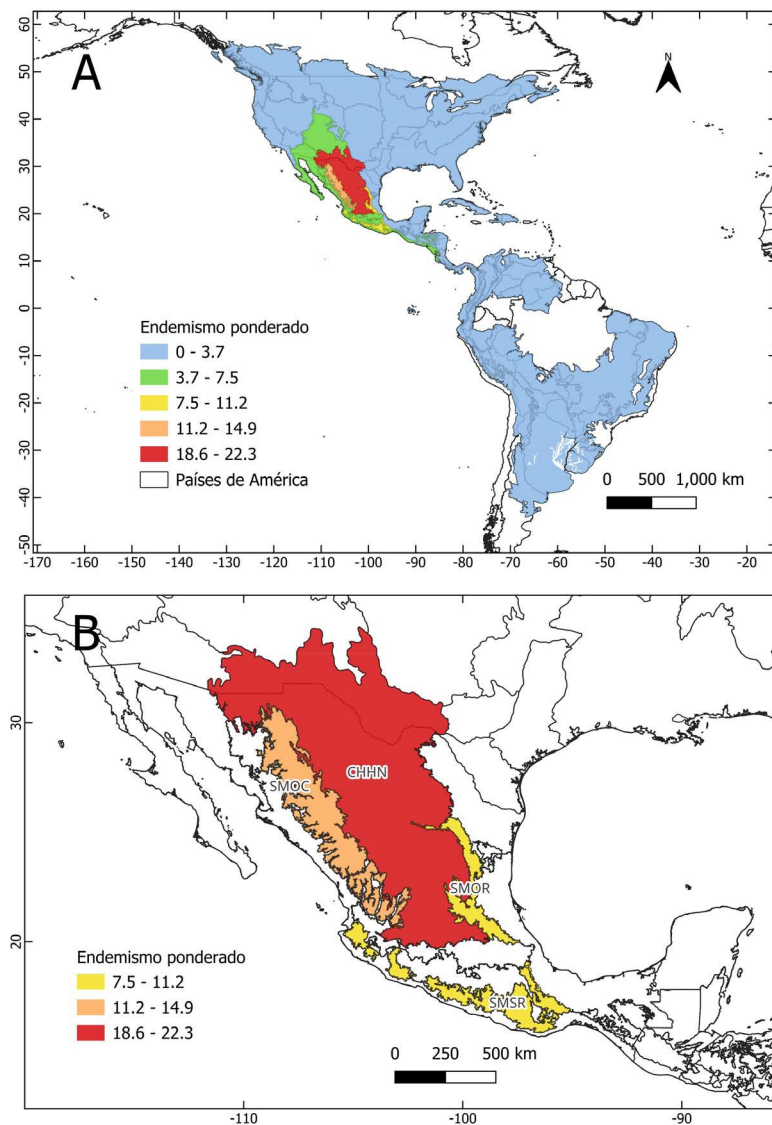


Figura 4. Mapas de endemismo ponderado del género *Brickellia* por provincias biogeográficas. A. Endemismo ponderado por provincias en el continente americano. B. Detalle del endemismo ponderado por provincias con los valores más altos en México. Provincia Chihuahuense (CHHN), Sierra Madre Occidental (SMOC), Sierra Madre Oriental (SMOR), Sierra Madre del Sur (SMSR).

flora Afroalpina tropical (Gehrke & Linder 2014). Sin embargo, investigaciones realizadas a escala global sobre los patrones de riqueza y endemismo en vertebrados han reportado una baja correlación entre ambos patrones, lo que complica la identificación de áreas prioritarias para su conservación (Orme *et al.* 2005, Lamoreux *et al.* 2006, Slatyer *et al.* 2007). La congruencia geográfica entre la riqueza de especies y el endemismo puede ser una herramienta útil para identificar áreas o regiones clave de diversificación de *Brickellia*, con implicaciones relevantes para su conservación. Sin embargo, estas métricas no consideran la historia evolutiva de los taxones. Por ello, es fundamental llevar a cabo estudios que integren las relaciones filogenéticas del género, con el fin de comprender los procesos históricos y ecológicos que han promovido su diversificación.

En conclusión, la mayor riqueza de especies y endemismo del género *Brickellia* se concentra en México, principalmente en las provincias Chihuahuense, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Tierras Bajas del Pacífico y Faja Volcánica Transmexicana. Este estudio representa un punto de partida para futuras investigaciones que integren la riqueza y el endemismo con las relaciones filogenéticas entre las especies del género, con el fin de profundizar en el entendimiento de su historia evolutiva y orientar estrategias de conservación.

Agradecimientos

La primera autora agradece al Programa de Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por el respaldo académico y la formación recibida durante sus estudios de maestría. Los autores agradecen la asistencia de Luis Morales para revisar ejemplares de herbario de especies del género *Brickellia*.

Material suplementario

El material suplementario de este trabajo puede ser consultado aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3705>

Literatura citada

- Ahmed AA, Norris JA, Mabry TJ. 1988. Flavonoids of *Brickellia diffusa*. *Biochemical Systematics and Ecology* **16**: 15-16. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(88\)90110-X](https://doi.org/10.1016/0305-1978(88)90110-X)
- Anguiano-Constante MA, Munguía-Lino G, Ortiz E, Villaseñor JL, Rodríguez A. 2018. Riqueza, distribución geográfica y conservación de *Lycianthes* serie Meizonodontae (Capsiceae, Solanaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* **89**: 516-529. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.2.2340>
- Aragón-Parada J, Rodríguez A, Munguía-Lino G, De-Nova JA, Salinas-Rodríguez MM, Carrillo-Reyes P. 2021. Las plantas vasculares endémicas de la Sierra Madre del Sur, México. *Botanical Sciences* **99**: 643-660. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2682>
- Balleza JDJ, Villaseñor JL. 2011. Contribución del estado de Zacatecas (México) a la conservación de la riqueza florística del Desierto Chihuahuense. *Acta Botánica Mexicana* **94**: 61-89. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm94.2011.271>
- Baumgardner DE, Kennedy JH, Henry Jr BC. 1997. New and additional records of Texas mayflies (Insecta: Ephemeroptera). *Transactions of the American Entomological Society* **123**: 55-69. DOI: <https://www.jstor.org/stable/25078626>
- Blair WF. 1950. The biotic provinces of Texas. *Texas Journal of Science* **2**: 93-117.
- Bohlmann F, Ahmed M, Jakupovic J, King RM, Robinson H. 1982. Labdane and dehydronerolidol derivatives from *Brickellia diffusa*. *Phytochemistry* **21**: 691-694. DOI: [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(82\)83167-1](https://doi.org/10.1016/0031-9422(82)83167-1)
- Calabria LM, Emerenciano VP, Scotti MT, Mabry TJ. 2009. Secondary chemistry of Compositae. In: Funk VA, Susanna A, Stuessy TF, Bayer RJ, eds. *Systematics, Evolution and Biogeography of the Compositae*. Vienna: International Association for Plant Taxonomy. pp. 73-88. ISBN: 978-3-9501754-3-1.
- Carrasco-Ortiz M, Munguía-Lino G, Castro-Castro A, Vargas-Amado G, Harker M, Rodríguez A. 2019. Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. *Acta Botánica Mexicana* **126**: e1354. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1354>

- Castillo M, Michán L, Martínez AL. 2014. La biocuración en biodiversidad: proceso, aciertos, errores, soluciones y perspectivas. *Acta Botanica Mexicana* **108**: 81-103. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm108.2014.199>
- Crisp MD, Laffan S, Linder HP, Monro A. 2001. Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography* **28**: 183-198. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2001.00524.x>
- Cruz-Cárdenas G, Villaseñor JL, López-Mata L, Ortiz E. 2013. Distribución espacial de la riqueza de especies de plantas vasculares en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **84**: 1189-1199. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.31811>
- Duell EB, Todd TC, Wilson GWT. 2024. Mycorrhizal-herbivore interactions and the competitive release of subdominant tallgrass prairie species. *Journal of Ecology* **00**: 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14351>
- Escalante T. 2013. Atlas biogeográfico de los mamíferos terrestres de América del Norte: una nueva opción en internet. *Therya* **4**: 05-08. DOI: <https://doi.org/10.12933/therya-13-113>
- Escalante T, Espinosa D, Morrone JJ. 2002. Patrones de distribución geográfica de los mamíferos terrestres de México. *Acta Zoológica Mexicana* **87**: 47-65.
- Escalante T, Rodríguez-Tapia G, Morrone JJ. 2021. Toward a biogeographic regionalization of the Nearctic region: Area nomenclature and digital map. *Zootaxa* **5027**: 351-375. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5027.3.3>
- Escandón-Rivera S, González-Andrade M, Bye R, Linares E, Navarrete A, Mata R. 2012. α -Glucosidase inhibitors from *Brickellia cavanillesii*. *Journal of Natural Products* **75**: 968-974. DOI: <https://doi.org/10.1021/np300204p>
- Estrada-Márquez AS, Morrone JJ, Villaseñor JL. 2021. Areas of endemism of two biogeographic provinces in central Mexico based on their endemic Asteraceae: a conservation proposal. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **92**: e923470. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3470>
- Flores-Villela O, García-Vázquez UO. 2014. Biodiversidad de réptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: S467-S475. <https://doi.org/10.7550/rmb.43236>
- García-Milagros E, Funk VA. 2010. Data: Improving the use of information from museum specimens: Using Google Earth© to georeference Guiana Shield specimens in the US National Herbarium. *Frontiers of Biogeography* **2**: 71-77. DOI: <https://doi.org/10.21425/F5FBG12348>
- GBIF [Global Biodiversity Information Facility]. 2024. GBIF Occurrence Download DOI: <https://doi.org/10.15468/dl.yq4puy> (accessed 23 January 2024).
- Gehrke B, Linder HP. 2014. Species richness, endemism and species composition in the tropical Afroalpine flora. *Alpine Botany* **124**: 165-177. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00035-014-0132-0>
- González-Gallegos JG, Bedolla-García BY, Cornejo-Tenorio G, Fernández-Alonso JL, Fragosó-Martínez I, García-Peña MDR, Harley RM, Klitgaard B, Martínez-Gordillo MJ, Wood JRI, Zamudio S, Zona S, Xifreda CC. 2020. Richness and distribution of *Salvia* subg. *Calospatha* (Lamiaceae). *International Journal of Plant Sciences* **181**: 831-856. DOI: <https://doi.org/10.1086/709133>
- Google Earth. 2024. Google Earth Pro (Software). Google. <https://www.google.com/earth/versions/>
- Graham A. 1993. Historical factors and biological diversity in Mexico. In: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, eds. *Biological Diversity of Mexico*. New York: Oxford University Press. pp. 109-118. ISBN: 0-19-506674-X
- Harrison S, Noss R. 2017. Endemism hotspots are linked to stable climatic refugia. *Annals of Botany* **119**: 207-214. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcw248>
- Henrickson J, Johnston MC. 1997. *A flora of the Chihuahuan Desert Region*. Los Angeles, USA: Published by J. Henrickson. 1695 pp.
- Hinojosa-Espinosa O, Villaseñor JL, Ortiz E. 2019. On the identity of two Mexican species of *Ageratina* (Eupatorieae, Asteraceae): *A. grandifolia* and *A. rivalis*. *Botanical Sciences* **97**: 250-259. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2143>
- Jetz W, Rahbek C, Colwell RK. 2004. The coincidence of rarity and richness and the potential signature of history in centres of endemism. *Ecology Letters* **7**: 1180-1191. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00678.x>
- Jiménez-Arellanes MA. 2020. *Brickellia paniculata* (Mill.) B.L. Rob: A Review of Medicinal Uses and Chemo-Biological Potential. *International Journal of Pharmacognosy & Chinese Medicine* **4**: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.23880/ipcm-16000199>

- Kew. 2024. Plants of the World Online. Royal Botanic Gardens, <https://powo.science.kew.org/> (accessed 10 april 2024).
- King RM. 1987. The genera of the Eupatorieae (Asteraceae). *Monographs in Systematic Botany* **22**: 581.
- Kula AA, Hartnett DC, Wilson GW. 2005. Effects of mycorrhizal symbiosis on tallgrass prairie plant–herbivore interactions. *Ecology Letters* **8**: 61–69. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00690.x>
- Laffan SW, Lubarsky E, Rosauer DF. 2010. Biodiverse, a tool for the spatial analysis of biological and related diversity. *Ecography* **33**: 643–647. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2010.06237.x>
- Lamoreux JF, Morrison JC, Ricketts TH, Olson DM, Dinerstein E, McKnight MW, Shugart HH. 2006. Global tests of biodiversity concordance and the importance of endemism. *Nature* **440**: 212–214. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature04291>
- Lenzner B, Weigelt P, Kreft H, Beierkuhnlein C, Steinbauer MJ. 2017. The general dynamic model of island biogeography revisited at the level of major flowering plant families. *Journal of Biogeography* **44**: 1029–1040. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12906>
- Mastretta-Yanes A, Moreno-Letelier A, Piñero D, Jorgensen TH, Emerson BC. 2015. Biodiversity in the Mexican highlands and the interaction of geology, geography, and climate within the Trans-Mexican Volcanic Belt. *Journal of Biogeography* **42**: 1586–1600. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12546>
- McAllister CT, Bursey CR, Connior MB. 2017. New host and distributional records for parasites (Apicomplexa, Trematoda, Nematoda, Acanthocephala, Acarina) of Texas herpetofauna. *Comparative Parasitology* **84**: 42–50. DOI: <https://doi.org/10.1654/1525-2647-84.1.42>
- Morales-Garduño L, Villaseñor JL. 2024. Variación morfológica foliar de *Brickellia* sección *Barroetea* (A. Gray) EE Schill. & R. Scott y especies afines. *Botanical Sciences* **102**: 189–210. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.3350>
- Morales-Garduño L, Villaseñor JL, Valencia-Ávalos S. 2023. Taxonomic revision of *Brickellia* section *Barroetea* (Asteraceae: Eupatorieae) based on multivariate analysis. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **94**: e944983. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.4983>
- Moreira GL, Panero JL, Inglis P, Zappi D, Taciana Cavalcanti B. 2023. A Time-calibrated phylogeny of *Verbesina* (Heliantheae-Asteraceae) based on nuclear ribosomal ITS and ETS sequences. *Edinburgh Journal of Botany* **80**: 1–22. DOI: <https://doi.org/10.24823/ejb.2023.1953>
- Morrone JJ. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **90**: e902980. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Morrone JJ, Escalante T, Rodríguez-Tapia G, Carmona A, Arana M, Mercado-Gómez JD. 2022. Biogeographic regionalization of the Neotropical region: New map and shapefile. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **94**: e20211167. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-376520220211167>
- Munguía-Lino G, Vargas-Amado G, Vázquez-García LM, Rodríguez A. 2015. Riqueza de especies y distribución geográfica de la tribu Tigridaeae (Iridaceae) en Norteamérica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **86**: 80–98. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.44083>
- Navarro-Sigüenza AG, Rebón-Gallardo MF, Gordillo-Martínez A, Peterson AT, Berlanga-García H, Sánchez-González LA. 2014. Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: S476–S495. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.41882>
- Norris JA. 1987. *Flavonoid studies in the subtribe Alomiinae (Compositae, Eupatorieae) emphasizing Brickellia and its segregate genera*. PhD Thesis. University of Texas.
- Orme CDL, Davies RG, Burgess M, Eigenbrod F, Pickup N, Olson VA, Webster AJ, Ding T, Rasmussen PC, Ridgely RS, Stattersfield AJ, Bennett PM, Blackburn TM, Gaston KJ, Owens IP. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature* **436**: 1016–1019. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature03850>
- Pacheco-Hernández Y, Villa-Ruano N, Lozoya-Gloria E, Barrales-Cortés CA, Jiménez-Montejo FE, Cruz-Lopez MD. C. 2021. Influence of environmental factors on the genetic and chemical diversity of *Brickellia veronicifolia* populations growing in fragmented shrublands from Mexico. *Plants* **10**: 325 DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10020325>

- Palacios-Espinosa F, Déciga-Campos M, Mata R. 2008. Antinociceptive, hypoglycemic and spasmolytic effects of *Brickellia veronicifolia*. *Journal of Ethnopharmacology* **118**: 448-454. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.05.012>
- Parra-Olea G, Flores-Villela O, Mendoza-Almeralla C. 2014. Biodiversidad de anfibios en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **85**: 460-466. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.32027>
- R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- Rivera P, Terrazas T, Rojas-Leal A, Villaseñor JL. 2019. Leaf architecture and anatomy of Asteraceae species in a xerophytic scrub in Mexico City, Mexico. *Acta Botanica Mexicana* **126**: e1515. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1515>
- Robinson H, King RM. 1980. Phytogeographical patterns in the tribe Eupatorieae (Asteraceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* **19**: 45-52.
- Rodríguez A, Castro-Castro A, Vargas-Amado G, Vargas-Ponce O, Zamora-Tavares P, González-Gallegos J, Carrillo-Reyes P, Anguiano-Constante M, Carrasco-Ortiz M, García-Martínez M, Gutiérrez-Rodríguez B, Aragón-Parada J, Valdes-Ibarra C, Munguía-Lino, G. 2018. Richness, geographic distribution patterns, and areas of endemism of selected angiosperm groups in Mexico. *Journal of Systematics and Evolution* **56**: 537-549. DOI: <https://doi.org/10.1111/jse.12457>
- Roebler L, Van Benthem KJ, Weigelt P, Kreft H, Knape ML, Mandel JR, Vargas P, Etienne RS, Valente L. 2024. Island biogeography of the megadiverse plant family Asteraceae. *Nature Communications* **15**: 7276. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51556-7>
- Rosauer DF, Jetz W. 2015. Phylogenetic endemism in terrestrial mammals. *Global Ecology and Biogeography* **24**: 168-179. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.12237>
- Rzedowski J. 2005. México como área de origen y diversificación de linajes vegetales. In: Llorente J, Morrone JJ, eds. *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. México, D.F., México: Las Prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 375-382. ISBN: 970-322-509-8
- Saghatelian A, Escalante T. 2023. Areas of Endemism of Plants in the South-Central and Southwestern Nearctic Region1. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **108**: 51-72. DOI: <https://doi.org/10.3417/2023773>
- Schilling EE, Panero JL, Crozier BS, Aranda PD. 2013. Relationships of *Asanthus* (Asteraceae, Eupatorieae). *Systematic Botany* **38**: 253-258. DOI: <https://doi.org/10.1600/036364413X661999>
- Schilling EE, Panero JL, Crozier BS, Scott RW, Dávila P. 2015a. Bricklebrush (*Brickellia*) phylogeny reveals dimensions of the great Asteraceae radiation in Mexico. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **85**: 161-170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2015.02.007>
- Schilling E, Scott RW, Panero JL. 2015b. A revised infrageneric classification for *Brickellia* (Asteraceae, Eupatorieae). *Phytotaxa* **234**: 151-158. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.234.2.5>
- Slatyer C, Rosauer D, Lemckert F. 2007. An assessment of endemism and species richness patterns in the Australian Anura. *Journal of Biogeography* **34**: 583-596. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01647.x>
- Smyčka J, Toszogyova A, Storch D. 2023. The relationship between geographic range size and rates of species diversification. *Nature Communications* **14**: 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41225-6>
- Soejima A, Tanabe AS, Takayama I, Kawahara T, Watanabe K, Nakazawa M, Mishima M, Yahara T. 2017. Phylogeny and biogeography of the genus *Stevia* (Asteraceae: Eupatorieae): an example of diversification in the Asteraceae in the new world. *Journal of Plant Research* **130**: 953-972. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10265-017-0955-z>
- Stangl FB, Snook AL, Harmon LA, Mills DR. 2012. Historical zoogeography and current status of two species of hybridizing ground squirrels (*Ictidomys parvidens* and *I. tridecemlineatus*) on the southern plains of Texas. *Occasional Papers Museum of Texas Tech University* **314**: 1-16
- Stevenson LA, González-Orozco CE, Knerr N, Cargill DC, Miller JT. 2012. Species richness and endemism of Australian bryophytes. *Journal of Bryology* **34**: 101-107. DOI: <https://doi.org/10.1179/1743282012Y.0000000004>
- Stuessy TF, Weiss-Schneeweiss A, Schneeweiss GM, Villaseñor JL. 2025. *Systematics, Ecology and Chromosomal*

- Evolution of Melampodium (Asteraceae)*. Cham, Switzerland: Springer. ISBN: 978-3-031-81994-0. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-81995-7>
- Thiers B. 2024. Index Herbarium, a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. New York, USA. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (accessed december 2024)
- Trevino-Moreno S.G, Moreno-Peña D.P, Viveros-Valdez E, Verde-Star M.J, Rivas-Morales C, Cordero-Perez P. 2023. Evaluation of hypoglycemic and antioxidant effects of *Brickellia eupatorioides*, *Citrus limettoides* and *Gochnatia hypoleuca*. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* **36**: 1619-1625.
- Turner BL. 1997. The Comps of Mexico, a systematic account of the family Asteraceae, vol. 1, Eupatorieae. *Phytologia Memoirs* **11**: 1-272.
- Vargas-Amado G, Castro-Castro A, Harker M, Villaseñor JL, Ortiz E, Rodríguez A. 2013. Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae: Coreopsidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* **84**: 536-555. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.31481>
- Villarreal-Quintanilla JA, Bartolomé-Hernández JA, Estrada-Castillón E, Ramírez-Rodríguez H, Martínez-Amador SJ. 2017. El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. *Acta Botanica Mexicana* **118**: 65-96. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm118.2017.1201>
- Villaseñor JL. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559-902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor JL. 2018. Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences* **96**: 332-358. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsoci.1872>
- Villaseñor JL, Maeda P, Rosell JA, Ortiz E. 2007. Plant families as predictors of plant biodiversity in Mexico. *Diversity and Distributions* **13**: 871-876. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00385.x>
- Zhu J, Vinas R, Smith EE. 2008. In vitro evaluation of human liver cancer cells and the potential cytotoxicity of *Tecoma stans* (Bignoniaceae) and *Brickellia cavanillesi* (Asteraceae) both single and in combination. *Toxicological & Environmental Chemistry* **90**: 801-808. DOI: <https://doi.org/10.1080/02772240701740387>
- Zizka A, Silvestro D, Andermann T, Azevedo J, Duarte-Ritter C, Edler D, Farooq H, Herdean A, Ariza M, Scharn R, Svantesson S, Wengström, Zizka V, Antonelli A. 2019. COORDINATECLEANER: standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. *Methods in Ecology and Evolution* **10**: 744-751. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13152>

Editor de sección: Teresa Terrazas

Contribuciones de los autores. MVRV construcción de base de datos, obtención de resultados, redacción y discusión del manuscrito; EO, construcción de base de datos, obtención de resultados, revisión del manuscrito; MJMG, revisión del manuscrito; JLV, revisión de ejemplares, construcción de base de datos, revisión de manuscrito; FST, diseño del protocolo, redacción y discusión del manuscrito.

Entidades financiadoras: La primera autora tuvo apoyo de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) con una beca para realizar sus estudios de Maestría (CVU 1281494). Este trabajo fue apoyado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM (IN225424).

Conflictos de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses financieros o personales en la información, presentación de datos y resultados de este artículo.