

## REGIONALIZACIÓN DE LA PROVINCIA DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE CON BASE EN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES DE *DALEA* (FABACEAE)

TECOATLAYOPEUH NELLY SANDOVAL-MATA<sup>1</sup>, LUIS HERNÁNDEZ-SANDOVAL<sup>1\*</sup>, GUADALUPE MUNGUÍA-LINO<sup>2</sup>,  
 VÍCTOR W. STEINMANN<sup>3</sup>, ALFONSO DELGADO-SALINAS<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal (LaniVeg), Biología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Juriquilla, Querétaro, México.

<sup>2</sup> Cátedras CONAHCYT-Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México.

<sup>3</sup> Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México.

<sup>4</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

\*Autor para correspondencia: [luishs@ucaq.mx](mailto:luishs@ucaq.mx)

### Resumen

**Antecedentes:** *Dalea* es endémico de América, posee amplia distribución en la provincia del Desierto Chihuahuense, sus especies se asocian a matorral xerófilo, bosque de encino y bosque de coníferas.

**Hipótesis:** Las especies de *Dalea* funcionan como un subrogado de la flora y refuerzan las propuestas de regionalización para esta provincia.

**Sitio y años de estudio:** Provincia del Desierto Chihuahuense, agosto 2020 a julio 2022.

**Métodos:** Se elaboró una base de datos a partir de ejemplares de herbario. El análisis de riqueza de especies se realizó con una cuadrícula de  $1 \times 1^\circ$ . El endemismo ponderado (WE) y endemismo ponderado corregido (CWE) fueron estimados. Para regionalizar, el recambio de especies fue calculado y se aplicó el método de agrupación UPGMA. Para determinar la caracterización ambiental de los componentes bióticos, los grupos se cotejaron con ecorregiones publicadas.

**Resultados:** Se encontraron 3,061 registros de 77 especies de *Dalea*, 33 son endémicas al área de estudio. La riqueza de especies se concentró al noroeste y sureste de la provincia. La riqueza de endémicos fue localizada en el centro y norte. El análisis de WE mostró tres celdas ubicadas en el centro del área de estudio; el CWE recuperó tres celdas al sur de la provincia. Se reconocen dos grupos principales (subprovincias), anidando grupos más pequeños (distritos). Los distritos corresponden en su mayoría a las ecorregiones del Desierto Chihuahuense, Matorral de la Meseta Central, Bosques secos del Bajío.

**Conclusiones:** *Dalea* funcionó como subrogado de la flora y reforzó las propuestas de regionalización para esta provincia.

**Palabras Clave:** Centros de endemismo, desierto, Fabaceae, regionalización biogeográfica, riqueza.

### Abstract

**Background:** *Dalea* is endemic to the Americas and has a wide in the Chihuahuan Desert province. Its species are associated with xeric scrub, oak forest, and coniferous forest.

**Hypothesis:** *Dalea* species function as a surrogate of the flora and reinforce the regionalization proposals for this province.

**Study site and research period:** Chihuahuan Desert province, August 2020 to July 2022.

**Methods:** A database was generated from herbarium specimens. The species richness analysis was obtained using a  $1 \times 1^\circ$  grid. Weighted endemism (WE) and corrected weighted endemism (CWE) were analyzed and estimated. For regionalization, species replacement was calculated and the UPGMA grouping method was applied. The resulting groups were checked against the published ecoregions to determine the biotic components of the environmental characterization.

**Results:** 3,061 records were obtained, representing 77 species, of which 33 are endemics to the study area. The northwestern and southeastern parts of the province had the highest species richness. The central and northern parts had the highest endemic species richness. The WE analysis showed three cells located in the center of the study area, while the CWE recovered three cells at the south of the province. Two large main subprovinces are recognized, these nesting smaller area groups (districts). The districts mostly correspond to the ecoregions of the Chihuahuan Desert, Scrub of the Central Plateau, and Dry forests of the Bajío.

**Conclusions:** *Dalea* was a surrogate for the flora and reinforced the regionalization proposals for this province.

**Keywords:** Biogeographic regionalization, centers of endemism, desert, Fabaceae, richness.

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/>



La provincia del Desierto Chihuahuense (en adelante, provincia del DC) está situada entre la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana. Extiende su extremo septentrional hasta el sur de Arizona, New Mexico y Texas en los Estados Unidos de América (Henrickson & Johnston 2004, Rzedowski & Reyna-Trujillo 1990, Morrone *et al.* 2017, Escalante *et al.* 2021). En las extensas planicies del DC se encuentran montañas más o menos aisladas con elevaciones altas y sometidas a la influencia del desierto (Hernández *et al.* 2008). Históricamente, la aridez de esta provincia se debe a la desertificación registrada durante el Holoceno (Morain 1984). Es considerado un desierto zonal debido a la presencia de altas presiones tropicales y por ubicarse en una vasta región alejada de las masas de aire marítimo (Villarreal-Quintanilla *et al.* 2017). Su riqueza florística comprende 3,382 especies (Henrickson & Johnston 2004) de las cuales 826 son endémicas (Villarreal-Quintanilla *et al.* 2017), lo que contribuye a la diversidad vegetal de México y se considera una de las regiones áridas biológicamente más ricas del planeta (Balleza & Villaseñor 2011). Henrickson & Johnston (2004), en su obra “*A Flora of the Chihuahuan Desert Region*” y otros autores que han trabajado en el área de interés (*i.e.* Rzedowski 1978, Villarreal & Valdés 1993, Villarreal 1994, Villarreal-Quintanilla & Encina-Domínguez 2005, Granados-Sánchez *et al.* 2011, Villarreal-Quintanilla *et al.* 2017), reconocen una variedad de tipos de vegetación que van desde el bosque de coníferas y bosque de encino en elevaciones progresivamente más altas en áreas montañosas, hasta matorral submontano, matorral halófilo y gipsófilo, matorral xerófilo, pastizal, vegetación riparia y subacuática; el matorral xerófilo es el tipo de vegetación predominante, incluye una flora en la cual predominan los géneros de afinidad Neártica (Morrone 2019).

Estudios con distintos enfoques biogeográficos reconocen áreas anidadas dentro del DC, las cuales difieren tanto en criterios utilizados, como en nombres y categorías dadas a las distintas unidades bióticas reconocidas (Morrone *et al.* 2022). Por ejemplo, Smith (1941), reconoce dos provincias distintas según la distribución geográfica de las lagartijas del género *Sceloporus*: Chihuahuense y Austro-central. Cabrera & Willink (1973) tomaron en cuenta la distribución de animales y plantas y subdividen la provincia xerófila mexicana en tres distritos: el Sonoriano, el Chihuahuense y el Árido Sur. Morafka (1977) llevó a cabo análisis biogeográficos de la herpetofauna en la Región del Desierto Chihuahuense (RDC) y reconoce tres regiones: 1) región Trans-Pecos, la región más norteña, 2) región Mapimiense, extendiéndose por el este de Chihuahua y Coahuila y 3) región Saladense, ubicada en el Altiplano Mexicano; regiones que más tarde Henrickson & Johnston (2004), toman en cuenta para analizar la flora de la RDC. En el análisis consenso de la CONABIO (1997), se propone la subdivisión del Altiplano en dos provincias: Provincia Norte y Provincia Sur. Hernández *et al.* (2008) con base en la distribución de Cactaceae, proponen la existencia de tres subregiones para el DC: la principal, constituida por extensas planicies áridas y semiáridas entremezcladas con montañas aisladas; la segunda incluye varias depresiones y valles secos aislados; la tercera está constituida por valles y cañones intermontanos localizados en la parte centro-oriente del cuerpo principal del DC. Esta última subregión ha sido denominada como la zona árida Queretana-Hidalguense, sitio donde los estudios florísticos circunscritos a esta indican que el área sustenta una considerable diversidad y alto endemismo (Zamudio 1984, Hernández & Godínez 1994, Fernández & Colmenero 1997). Morrone (2019), tras considerar las dimensiones; fisiográfica, morfotectónica, climática y de vegetación del país, reconoce dos distritos que conforman el DC: Coahuilense y Zacatecano. Recientemente, Morrone *et al.* (2022) comparan las áreas previamente reconocidas para esta provincia, registraron los taxones endémicos de plantas y animales que las diagnostican y proponen los nombres de estas unidades de acuerdo con el Código Internacional de Nomenclatura de Áreas. Los autores presentan un esquema de dos subprovincias y cinco distritos: la Subprovincia Chihuahuense, incluye los distritos Trans-Pecos y Mapimiense; y la Subprovincia del Altiplano Mexicano, incluye los distritos Saladense, Sudmexicano Árido y del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Este último, es el primer estudio que regionaliza el DC con sus límites naturales y no políticos entre México y Estados Unidos; además, extiende la provincia hacia el sur al incluir el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Obtener y analizar información biogeográfica de regiones con un elevado número de especies y empleando métodos cualitativos produce dificultades prácticas para el desarrollo de estos estudios (Balleza *et al.* 2005). En cambio, la regionalización derivada de métodos cuantitativos multivariados, reduce la complejidad inherente de los datos biogeográficos y puede resultar en la división de distritos biogeográficos que otras partes interesadas pueden evaluar

y replicar (Kent 2006, Huang *et al.* 2020, Flores-Tolentino *et al.* 2021). Los métodos de recambio de especies, matriz de disimilitud y agrupamiento son herramientas esenciales para evaluar los efectos del aislamiento por distancia o barreras geográficas, y para describir cambios en la composición de especies a lo largo de gradientes ambientales (Trejo & Dirzo 2002, González-Orozco *et al.* 2013, Flores-Tolentino *et al.* 2021). Adicionalmente, estos métodos se pueden trabajar con un grupo representativo de los patrones de riqueza y endemismo de los componentes bióticos del área de estudio (Balleza *et al.* 2005, González-Orozco *et al.* 2013, 2014, Flores-Tolentino *et al.* 2021).

Con respecto a las especies estudiadas, de acuerdo con análisis filogenéticos, las leguminosas se dividen en seis subfamilias: Caesalpinioideae, Cercidoideae, Detarioideae, Dialioideae, Duparquetioideae y Papilionoideae (LPWG 2017). El género *Dalea* L. se ubica dentro de esta última y forma parte de la tribu Amorphae Boriss. (McMahon 2005), conformada por los géneros: *Amorpha* L., *Apoplanesia* C. Presl, *Dalea*, *Errazurizia* Phil., *Eysenhardtia* Kunth, *Marina* Liebm., *Parryella* Torr. & A. Gray y *Psorothamnus* Rydb. (Cuevas-Ríos 2020). *Dalea* es un género americano que incluye aproximadamente 175 especies (Barneby 1977, Lewis *et al.* 2005, Estrada-Castillón *et al.* 2014). Su distribución geográfica se extiende desde el sur de Canadá hasta Chile y Argentina (Sutherland 2023), aunque la mayor cantidad de especies está en México con 146, de las cuales 102 son endémicas. Sin embargo, estas cantidades varían debido a la descripción de especies nuevas. *Dalea* agrupa hierbas anuales, sufrutices o arbustos y se caracteriza por tener glándulas punteadas en tallos, raquis, folíolos, sépalos y algunas veces en pétalos. Sus hojas son compuestas pero sus folíolos son pequeños, de ahí que se distribuyen principalmente en regiones con características micrófilas de zonas áridas y semiáridas (McVaugh 1987, Rzedowski *et al.* 2016). Las especies de este género se asocian principalmente a matorral xerófilo, bosque de encino y bosque de coníferas, especialmente en áreas con suelos calcáreos (Sousa & Delgado-Salinas 1993, Estrada-Castillón *et al.* 2014).

Las angiospermas han sido empleadas en diversos estudios para proponer esquemas de regionalización biogeográfica (*i.e.*, Balleza *et al.* 2005, Hernández *et al.* 2008, González-Orozco *et al.* 2013, 2014, Flores-Tolentino *et al.* 2021). Con los análisis de regresión lineal simple y múltiple, se estima que el mejor grupo predictor de la riqueza total de plantas vasculares en México es la familia Fabaceae (Villaseñor *et al.* 2007). En consecuencia, Villaseñor *et al.* (2020) consideraron que un género distintivo de la flora mexicana es cuando la mitad o más de sus especies se distribuyen en su territorio, en dicho estudio se tomó en cuenta a *Dalea* como tal. En nuestro país se registran 2,706 géneros de plantas nativas con flor y *Dalea* ocupa el décimo lugar de los géneros más diverso en el país, con 146 especies (Villaseñor 2016). Para el área de estudio se registran 77 especies, es decir, más del 50 % de la diversidad de *Dalea* encontrada en el país, por lo que este taxón puede utilizarse como un subrogado para regionalizar el DC.

La regionalización biogeográfica es fundamental para comprender la distribución espacial de la biodiversidad, así como para identificar áreas de conservación. No obstante, es necesario emplear métodos cuantitativos que ayuden a probar las propuestas previas, que por lo general están basadas en enfoques cualitativos. El presente trabajo tiene como objetivo analizar los patrones de distribución geográfica de las especies de *Dalea*, y comprobar que *Dalea* es un subrogado para la definición de la provincia del DC.

## Materiales y métodos

*Área de estudio.* Se generó un polígono del DC tomando en cuenta los límites máximos de las siguientes propuestas: Rzedowski & Reyna-Trujillo (1990) que incluye solamente la porción mexicana, pero con la mayor extensión al sur, así como las de Henrickson & Johnston (2004), y Escalante *et al.* (2021), que consideran la porción meridional de Estados Unidos. Se obtuvo un polígono con un área de 874,360.89 km<sup>2</sup>, ubicado entre 19° 11' 2.76" y 34° 21' 23.4" de latitud N y 111° 42' 11.3" y 96° 56' 49.2" de longitud O. En el norte de la provincia del DC se encuentran elevaciones de 1,000 a 1,500 m, mientras que en el sur alcanzan hasta los 3,050 m (Villarreal-Quintanilla *et al.* 2017). Los tipos de climas que predominan son de tipo B, que corresponde a climas secos de acuerdo al sistema de Köppen (1948), con inviernos fríos y secos, así como veranos calurosos. La mayor parte de su superficie está formada por suelos calcáreos derivados de camas de piedra caliza (Villarreal-Quintanilla *et al.* 2017). La amplitud de la temperatura anual varía de acuerdo con la latitud y elevación entre 16-22 °C y la precipitación anual oscila entre 75 y 400 mm (Morafka

1977). La vegetación de esta provincia consiste en pastizal, matorral xerófilo y bosques de coníferas y encino (Herrickson & Johnston 2004) pero predomina el matorral xerófilo (Villaseñor & Ortiz 2014).

*Recopilación de datos.* Se elaboró una base de datos en el programa Excel que agrupó las especies de *Dalea* distribuidas en la provincia del DC. Para ello, se recopiló la información disponible en las etiquetas de los ejemplares depositados en los siguientes herbarios: ANSM, CFNL, CIIDIR, HUAA, HZAC, IBUG, IEB, MEXU, QMEX, WLM, SLPM, USON. Se consultaron bases de datos contenidas en GBIF ([www.gbif.org](http://www.gbif.org)), Portal de Datos Abiertos de la Universidad Nacional Autónoma de México ([datosabiertos.unam.mx](http://datosabiertos.unam.mx)), SNIB-REMIB ([www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)), SEI-Net ([swbiodiversity.org/seinet](http://swbiodiversity.org/seinet)), así como los herbarios virtuales del NY ([sweetgum.nybg.org/science/vh](http://sweetgum.nybg.org/science/vh)) y TEX, LL ([pre-symbiota.tacc.utexas.edu/collections/index.php](http://pre-symbiota.tacc.utexas.edu/collections/index.php)). Asimismo, el listado de plantas vasculares de México (Villaseñor 2016), artículos, floras y monografías referentes al área de estudio fueron consultados. Para corroborar las identidades taxonómicas, siete colecciones fueron revisadas físicamente y aquellos registros que tenían fotografía o fueron referidos en un tratamiento taxonómico para el género fueron incorporados. Los duplicados o determinaciones dudosas fueron eliminados. Dicha base fue corregida taxonómicamente, los nombres científicos fueron corroborados en Tropicos ([www.tropicos.org](http://www.tropicos.org)) y World Flora Online ([www.worldfloraonline.org](http://www.worldfloraonline.org)), y corregida geográficamente. Las coordenadas geográficas, de ejemplares que carecían de ellas, se calcularon con ayuda de Google Earth ([www.earth.google.com](http://www.earth.google.com)) siguiendo las recomendaciones de García-Milagros & Funk (2010), en algunos casos, la base de datos de localidades de México (INEGI 2020) fue utilizada.

*Definición de la composición de especies.* Se cargó el polígono del área de estudio en Qgis versión 3.4.10 (QGIS Development Team 2018) y se sobrepuso la capa de puntos de las coordenadas geográficas de las especies. Los puntos fuera del polígono fueron eliminados, solo las especies de *Dalea* con distribución en la provincia del DC fueron consideradas en el análisis.

*Análisis de riqueza de especies.* El número de especies por cuadrícula fue obtenido en el programa Biodiverse versión 2.00 (Laffan *et al.* 2010). El tamaño de celda fue de 1° de longitud por 1° de latitud, ya que un tamaño de celda más fino como el obtenido con el método de máxima distancia (Willis *et al.* 2003), modificado por Suárez-Mota & Villaseñor (2011) obtenía celdas vacías que interferían en los resultados. Dicha cuadrícula se exportó a Qgis, misma que se categorizó para obtener una mejor visualización de las celdas con mayor riqueza de especies. Además, se determinó la composición de especies endémicas del DC con base en la lista previamente elaborada y consultando a Villaseñor (2016) y Tropicos ([www.tropicos.org](http://www.tropicos.org)). El análisis de riqueza de especies endémicas se llevó a cabo con los mismos criterios del análisis de riqueza taxonómica.

*Centros de endemismo.* Este análisis incluyó una matriz con 33 especies endémicas y dividió el área de estudio en 85 celdas. Biodiverse versión 2.00 calculó el endemismo ponderado (WE por sus siglas en inglés) y el endemismo ponderado corregido (CWE). El WE fue estimado en función de las especies que se encuentran en cada celda, mientras que el CWE fue calculado en función de la proporción de endémicas de la celda con relación a la riqueza de especies (Laffan & Crisp 2003). El tamaño de celda empleado fue el mismo que se utilizó en los análisis de riqueza. La cuadrícula obtenida se exportó a Qgis, donde el valor de las celdas se graduó en intervalos iguales para una mejor visualización de los centros de endemismo.

*Regionalización.* El análisis de agrupamiento fue realizado en el programa Biodiverse 2.0. Para ello, la base de datos que incluía coordenadas geográficas y las especies en un conjunto de celdas de  $1 \times 1^\circ$  se importó, con ésta, el programa generó una matriz de presencia de especies. Se empleó el índice Simpson beta ( $\beta_{sim}$ ) utilizado por Tuomisto (2010), este reduce el efecto de cualquier desequilibrio en la riqueza de especies entre celdas (Laffan *et al.* 2016, González-Orozco 2021). Los grupos fueron establecidos por el método de grupos de pares no ponderados con media aritmética (UPGMA), éste evalúa las contribuciones de los grupos por el número de nodos terminales que

contienen, asegurando que cada celda contribuya por igual a cada grupo fusionado del que forma parte (González-Orozco *et al.* 2014). Las celdas únicas o con distribución aislada se reasignaron a los grupos con mayor representación de acuerdo con la afinidad de especies y con las ecorregiones de Olson *et al.* (2001). Los grupos obtenidos a partir de la regionalización fueron comparados con las propuestas de subdivisión de CONABIO (1997) y Morrone *et al.* (2022).

*Componentes bióticos.* Para caracterizar ecológicamente los distritos, la regionalización obtenida se sobrepuso a las ecorregiones de Olson *et al.* (2001); las cuales incluyen factores ambientales tales como: topografía, vegetación, suelo, precipitación, temperatura y geología. Dichas capas se sobrepusieron en Qgis (QGIS Development Team 2018).

## Resultados

*Composición de especies.* Se obtuvieron 3,061 registros únicos, correspondientes a 77 especies de *Dalea* con distribución en la provincia del DC, de los cuales, 262 no tenían coordenadas geográficas y fueron georreferenciados. El aporte taxonómico en las colecciones revisadas físicamente consistió en la corrección y determinación de ejemplares, 129 y 249 respectivamente. Las especies con mayor número de registros fueron *D. bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd. (391 registros), *D. foliolosa* (Aiton) Barneby (142), *D. formosa* Torr. (163), *D. lutea* (Cav.) Willd. (173), *D. pogonathera* A.Gray (171) y *D. prostrata* Ortega (120). Se encontraron nuevos registros de *D. aurea* Nutt. ex Pursh para Texas, *D. brachystachys* A. Gray, *D. cliffortiana* Willd. y *D. luisana* S. Watson en Guanajuato y *D. rubriflora* A.E. Estrada, Mart.-Ram., A.Mares & Ocampo en Aguascalientes. De las 77 especies encontradas en la provincia del DC, 33 son endémicas al área de estudio. La lista se puede consultar en la [Tabla S1](#).

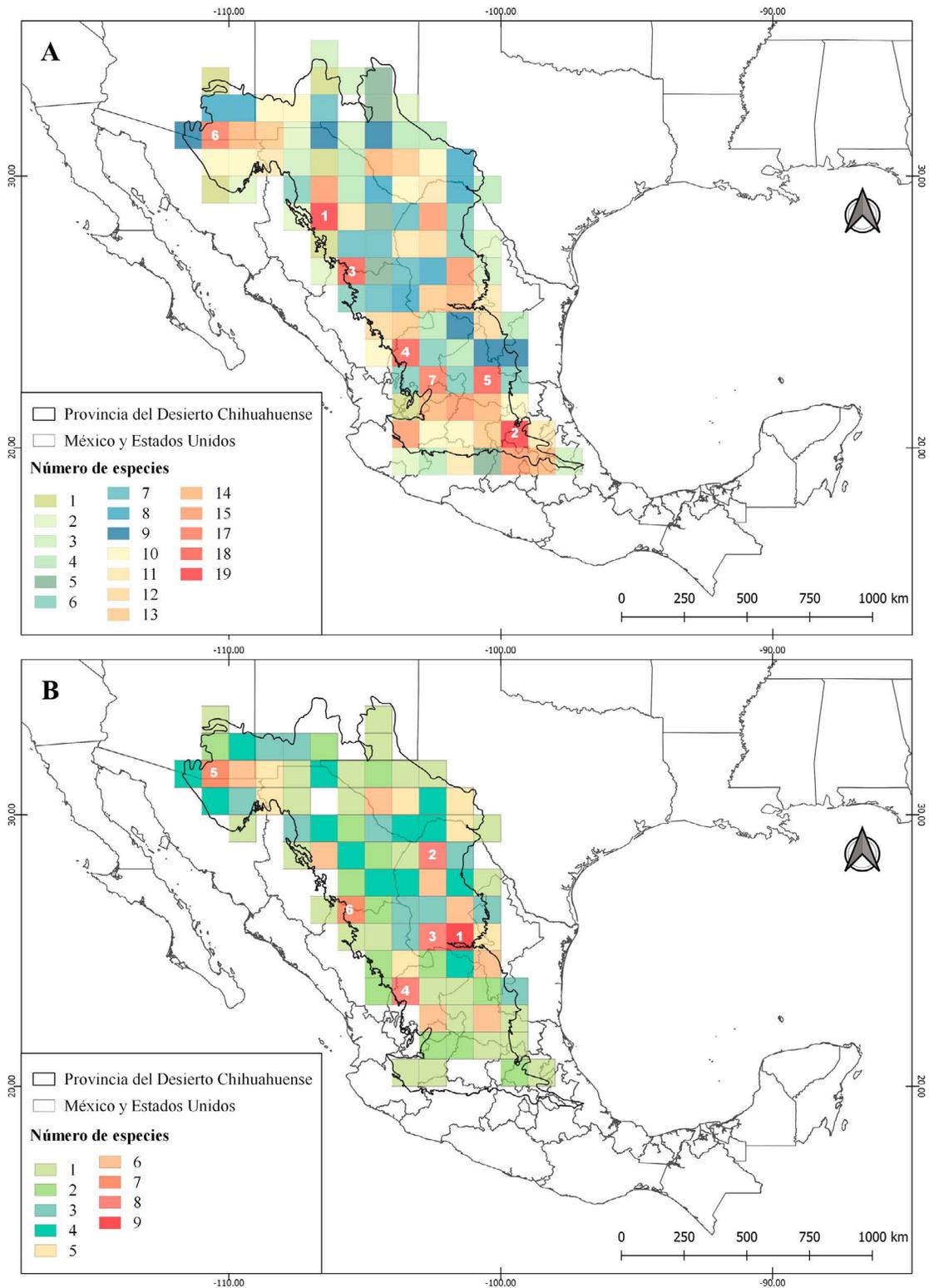
*Análisis de riqueza.* El análisis de riqueza por cuadrícula dividió el área de estudio en 115 celdas y *Dalea* está presente en 104, lo que representa el 90.4 % del área. El número de especies por celda varió de una a 19 ([Figura 1A](#)). En la [Tabla 1](#) se indican las especies que se encuentran en las celdas con mayor riqueza. Las dos celdas más ricas (19 especies), se encontraron al noroeste y sureste de la provincia del DC, la primera se ubica en el estado de Chihuahua y la segunda se comparte entre los estados de Querétaro e Hidalgo, México ([Figura 1A](#)).

Por otro lado, el análisis de riqueza de endemismos por cuadrícula recuperó 85 celdas con al menos un registro. En general, el número de especies por celda osciló entre una y nueve especies ([Figura 1B](#)). En la [Tabla 2](#) se indica la composición de especies de las seis celdas con más riqueza. Las celdas con mayor riqueza se encontraron en la parte centro y norte de la provincia de DC, la celda con nueve especies se ubicó al sureste de Coahuila, de las tres celdas con ocho especies, la primera se localizó al norte de Coahuila, la segunda al suroeste y comparte una pequeña porción del norte de Zacatecas y la tercera se localiza al este de Zacatecas límites con el sureste de Durango. Finalmente, de las celdas con siete especies, la primera se ubica en los estados de Sonora y Arizona y la segunda en los estados de Durango y Chihuahua ([Figura 1B](#)).

*Centros de endemismo.* El WE recuperó tres celdas con el valor más alto (2.21-3.64). La celda primera se encontró al este de la provincia del DC, al sureste de Coahuila, con un valor de 3.64. La celda segunda, con un valor de 2.52, se compartió entre los estados de Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas y Coahuila. Mientras que, la tercera celda se ubicó en la porción central entre los límites de Chihuahua y Durango, con un valor de 2.28 ([Figura 2A](#)). Las especies que componen estas celdas se detallan en la [Tabla 3](#).

Por otro lado, el análisis de CWE generó resultados diferentes. Tres celdas con los valores más altos (0.62 a 1.00) fueron identificadas ([Tabla 4](#)). La primera y segunda celda tuvieron un valor de 1.00; la primera se localiza en San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo; la segunda en el estado de Hidalgo; y la tercera con un valor de 0.62, se encuentra en los estados de Aguascalientes, Zacatecas y Jalisco ([Figura 2B](#)).

## Regionalización del Desierto Chihuahuense con *Dalea*



**Figura 1.** Riqueza de especies de *Dalea* por celdas de  $1 \times 1^\circ$ . A. Riqueza de especies en la provincia del DC. B. Riqueza de especies endémicas a la provincia del DC. El número sobre la celda corresponde al orden de la riqueza de especies. Las especies y el número de celda se detallan en las [Tablas 1 y 2](#), respectivamente.

**Tabla 1.** Especies de *Dalea* presentes en las celdas con mayor riqueza.

Celda	No. especies	Especies
1	19	<i>D. albiflora</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. exigua</i> , <i>D. filiformis</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. formosa</i> , <i>D. grayi</i> , <i>D. humilis</i> , <i>D. jamesii</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. leucostachya</i> , <i>D. lutea</i> , <i>D. nana</i> , <i>D. neomexicana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. versicolor</i> , <i>D. viridiflora</i> , <i>D. wrightii</i>
2	19	<i>D. bicolor</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. dorycnioides</i> , <i>D. estoraxana</i> , <i>D. filiciformis</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. hegewischiana</i> , <i>D. humilis</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. luisana</i> , <i>D. lutea</i> , <i>D. melantha</i> , <i>D. minutifolia</i> , <i>D. obovatifolia</i> , <i>D. prostrata</i> , <i>D. reclinata</i> , <i>D. scandens</i> , <i>D. sericea</i> , <i>D. versicolor</i>
3	18	<i>D. bicolor</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. candida</i> , <i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. grayi</i> , <i>D. greggii</i> , <i>D. jamesii</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. laniceps</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. nana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. prostrata</i> , <i>D. simulatrix</i> , <i>D. verna</i> , <i>D. versicolor</i> , <i>D. viridiflora</i>
4	18	<i>D. bicolor</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. capitata</i> , <i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. greggii</i> , <i>D. hemsleyana</i> , <i>D. laniceps</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. leucostachya</i> , <i>D. luisana</i> , <i>D. obreniformis</i> , <i>D. pectinata</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. prostrata</i> , <i>D. verna</i> , <i>D. versicolor</i> , <i>D. viridiflora</i>
5	18	<i>D. bicolor</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. capitata</i> , <i>D. dorycnioides</i> , <i>D. eriophylla</i> , <i>D. filiciformis</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. greggii</i> , <i>D. hemsleyana</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. luisana</i> , <i>D. lutea</i> , <i>D. melantha</i> , <i>D. parrasana</i> , <i>D. pectinata</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. prostrata</i> , <i>D. versicolor</i>
6	17	<i>D. albiflora</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. candida</i> , <i>D. exigua</i> , <i>D. filiformis</i> , <i>D. formosa</i> , <i>D. grayi</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. nana</i> , <i>D. neomexicana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. polygonoides</i> , <i>D. pringlei</i> , <i>D. pulchra</i> , <i>D. versicolor</i> , <i>D. wrightii</i>
7	17	<i>D. bicolor</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. capitata</i> , <i>D. confusa</i> , <i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. filiciformis</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. hemsleyana</i> , <i>D. humilis</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. luisana</i> , <i>D. lutea</i> , <i>D. mucronata</i> , <i>D. pectinata</i> , <i>D. prostrata</i> , <i>D. rubriflora</i> , <i>D. versicolor</i>

**Regionalización.** Dos grandes grupos principales (subprovincias) fueron obtenidos, cada uno anidó otros grupos más pequeños (distritos). La provincia del DC se regionalizó en cuatro áreas de acuerdo con la distribución de las especies de *Dalea*, mostradas en la [Figuras 3A](#) y [3B](#). El límite entre la subprovincia norte (Chihuahuense) y sur (Altiplano Mexicano) se encuentra al norte de Durango y sur de Coahuila. En la subprovincia Chihuahuense, las especies de *Dalea* definen dos distritos. El distrito designado como *Dalea* 1 se comparte entre los siguientes estados: noreste de Durango, este de Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, sur de New Mexico y suroeste de Texas. Mientras que, el distrito designado como *Dalea* 2 se comparte entre el noreste de Sonora y sureste de Arizona. En la subprovincia del Altiplano Mexicano; el distrito designado como *Dalea* 3 se ubica en el centro-este de Durango, sur de Coahuila, Zacatecas, centro-oeste de San Luis Potosí, noreste de Nuevo León, noreste de Tamaulipas, centro-norte de Aguascalientes, noroeste de Guanajuato, centro de Querétaro, Hidalgo y Estado de México. El distrito designado como *Dalea* 4, se localiza al centro-este de Jalisco, sur de Aguascalientes, noroeste y sur de Guanajuato, este de Querétaro y norte de Michoacán. Las especies que sustentan cada distrito se pueden consultar en la [Tabla 5](#).

Al cotejar las propuestas de CONABIO (1997) ([Figura 4A](#)) y Morrone *et al.* (2022) ([Figura 4B](#)) con los resultados obtenidos con *Dalea*, coinciden en una subdivisión de la provincia del DC, una al norte y otra al sur. De la propuesta de regionalización de Morrone *et al.* (2022), el distrito designado como *Dalea* 1 corresponde a una ampliación del distrito Mapimiense y al noroeste de la provincia se rescata una porción del distrito de Trans-Pecos. Los distritos designados como *Dalea* 3 y 4 corresponden a los distritos Sudmexicano Árido y Saladense.

Regionalización del Desierto Chihuahuense con *Dalea*

**Tabla 2.** Especies endémicas de *Dalea* presentes en las celdas con mayor riqueza.

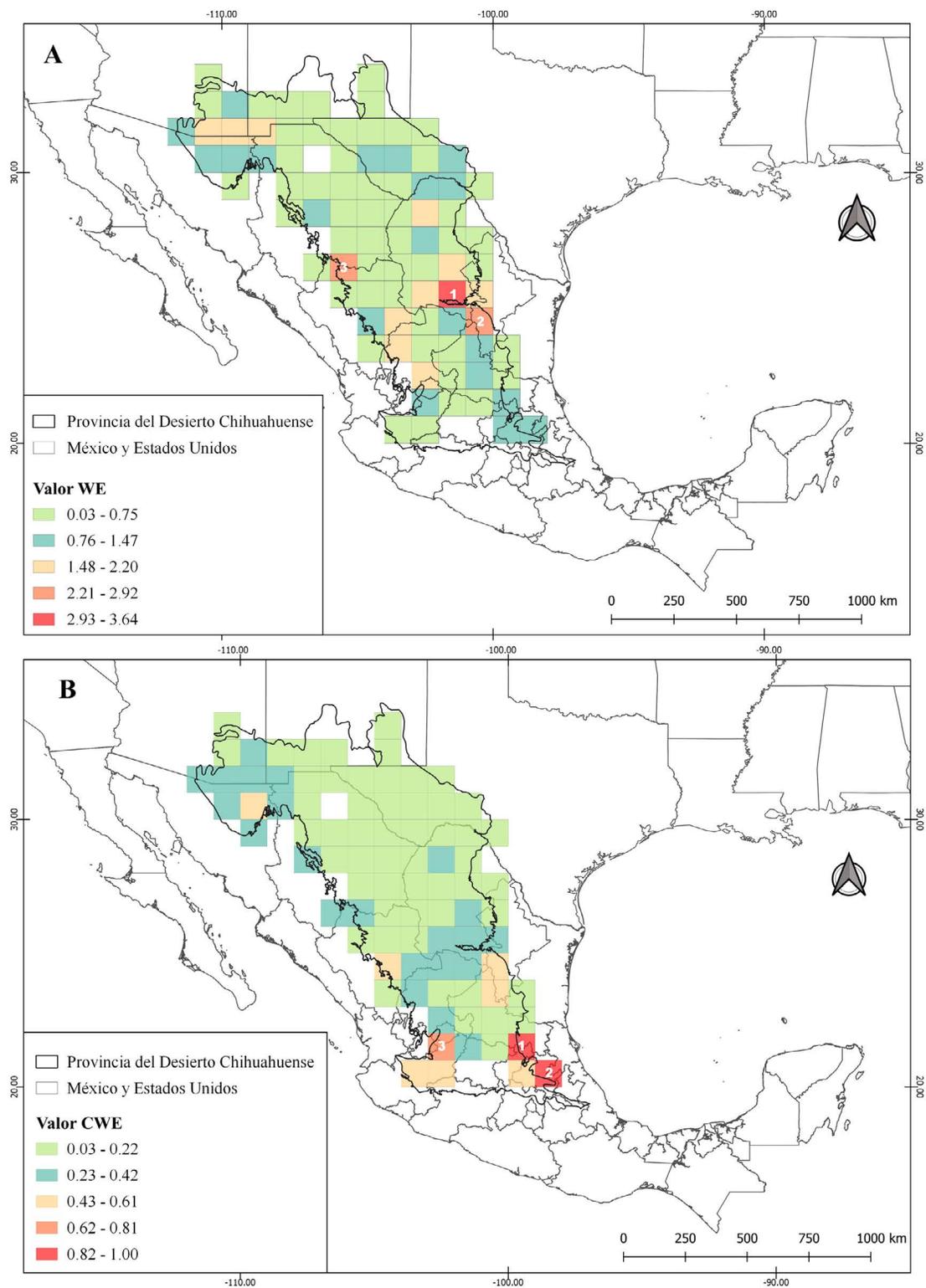
Celda	No. especies	Especies
1	9	<i>D. aurea</i> , <i>D. capitata</i> , <i>D. eriophylla</i> , <i>D. hospes</i> , <i>D. parrasana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. radicans</i> , <i>D. saffordii</i> , <i>D. wrightii</i>
2	8	<i>D. aurea</i> , <i>D. boraginea</i> , <i>D. capitata</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. laniceps</i> , <i>D. lasiathera</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. wrightii</i>
3	8	<i>D. aurea</i> , <i>D. capitata</i> , <i>D. eriophylla</i> , <i>D. hospes</i> , <i>D. parrasana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. saffordii</i> , <i>D. wrightii</i>
4	8	<i>D. capitata</i> , <i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. hemsleyana</i> , <i>D. laniceps</i> , <i>D. luisana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. verna</i> , <i>D. viridiflora</i>
5	7	<i>D. exigua</i> , <i>D. filiformis</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. polygonoides</i> , <i>D. pulchra</i> , <i>D. wrightii</i>
6	7	<i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. laniceps</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. simulatrix</i> , <i>D. verna</i> , <i>D. viridiflora</i>

*Componentes bióticos.* Los distritos obtenidos con *Dalea* 1, 3 y 4 corresponden en su gran mayoría a las ecorregiones del Desierto Chihuahuense, Matorral de la Meseta Central y Bosques secos del Bajío, respectivamente. Mientras que, el distrito 2 corresponde a una mezcla de las ecorregiones del Desierto Chihuahuense y el Bosque de pino-encino de la Sierra Madre Occidental. La [Figura 5](#) muestra estas correspondencias y enseguida se proporciona una descripción ambiental de cada distrito, los cuales incluyen los nombres de las propuestas de CONABIO (1997) y Morrone *et al.* (2022).

Subprovincia Chihuahuense.- Altiplano Chihuahuense (CONABIO 1997). Chihuahuense (Morrone *et al.* 2022). Situada en la porción septentrional de la provincia del DC e incluye los distritos de *Dalea* 1 y 2.

a) Distrito *Dalea* 1. Abarca en gran medida la superficie de la subprovincia Chihuahuense e incluye a los distritos Trans-Pecos y Mapimiense (Morafka 1977, Morrone *et al.* 2022). En el distrito *Dalea* 1, se encuentran cordilleras dispersas de rocas ígneas y calizas, de 1,860 hasta 3,135 m y cuencas endorreicas de 700 hasta 1,500 m que reciben agua de ríos que se originan en la Sierra Madre Oriental y Occidental. Al norte del distrito estas cuencas drenan a través del río Bravo. Los climas áridos y muy áridos son los dominantes y la precipitación es menor a 500 mm al año. La ecorregión dominante es el Desierto Chihuahuense, seguida del Bosque de pino-encino de la Sierra Madre Oriental y Occidental, el Mezquital Tamaulipeco, los Pastizales bajos Occidentales, los Matorrales de la Meseta de Colorado y el Bosque de las montañas de Arizona ([Figura 5](#)). Las especies de *Dalea* endémicas que habitan en este distrito son: *D. aurea*, *D. bartonii*, *D. boraginea*, *D. capitata*, *D. erythrorhiza*, *D. exigua*, *D. filiformis*, *D. hospes*, *D. janosensis*, *D. lachnostachys*, *D. laniceps*, *D. lasiathera*, *D. lumholtzii*, *D. parrasana*, *D. pogonathera*, *D. polygonoides*, *D. pulchra*, *D. radicans*, *D. viridiflora* y *D. wrightii*. De las cuales, *D. bartonii*, *D. boraginea* y *D. janosensis* son restringidas a este distrito.

b) Distrito *Dalea* 2. Se ubica en la porción noroeste de la provincia del DC, en parte de la cuenca exorreica de Sonora Sur, que drena las aguas hacia el Golfo de California y Mar de Cortés. El tipo de clima es similar al distrito 1. Este se caracteriza por una mezcla de ecorregiones, donde el Desierto Chihuahuense y el Bosque de pino-encino de la Sierra Madre Occidental son las de mayor extensión, y en menor proporción el Desierto de Sonora y el Bosque seco subtropical de transición Sonorense-Sinaloense ([Figura 5](#)). Las especies de *Dalea* endémicas con distribución en este distrito son: *D. exigua*, *D. filiformis*, *D. lachnostachys*, *D. lumholtzii*, *D. pogonathera*, *D. polygonoides*, *D. pulchra*, *D. tentaculoides* y *D. wrightii*. Los datos indican que *D. pulchra* y *D. tentaculoides* se restringen a este distrito.



**Figura 2.** Índices de endemismo. A. Endemismo ponderado (WE). B. Endemismo ponderado corregido (CWE). El número de celda, su valor y especies endémicas se detallan en las [Tablas 3](#) y [4](#), respectivamente.

## Regionalización del Desierto Chihuahuense con *Dalea*

**Tabla 3.** Especies de *Dalea* presentes en las celdas con mayor puntuación en el análisis de endemismo ponderado (WE).

Celda	Valor	Especies
1	3.64	<i>D. aurea</i> , <i>D. capitata</i> , <i>D. eriophylla</i> , <i>D. hospes</i> , <i>D. parrasana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. radicans</i> , <i>D. saffordii</i> , <i>D. wrightii</i>
2	2.52	<i>D. capitata</i> , <i>D. eriophylla</i> , <i>D. gypsophila</i> , <i>D. hospes</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. saffordii</i>
3	2.28	<i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. laniceps</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. simulatrix</i> , <i>D. verna</i> , <i>D. viridiflora</i>

**Tabla 4.** Especies de *Dalea* presentes en las celdas con mayor puntuación en el análisis de endemismo ponderado corregido (CWE).

Celda	Valor	Especies
1	1.00	<i>D. estoraxana</i>
2	1.00	<i>D. aenigma</i>
3	0.61	<i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. rubriflora</i>

Subprovincia Altiplano Mexicano.- Altiplano Zacatecano-Potosino (CONABIO 1997). Altiplano Mexicano (Morrone *et al.* 2022). Situada en la porción meridional de la provincia del DC e incluye los distritos de *Dalea* 3 y 4.

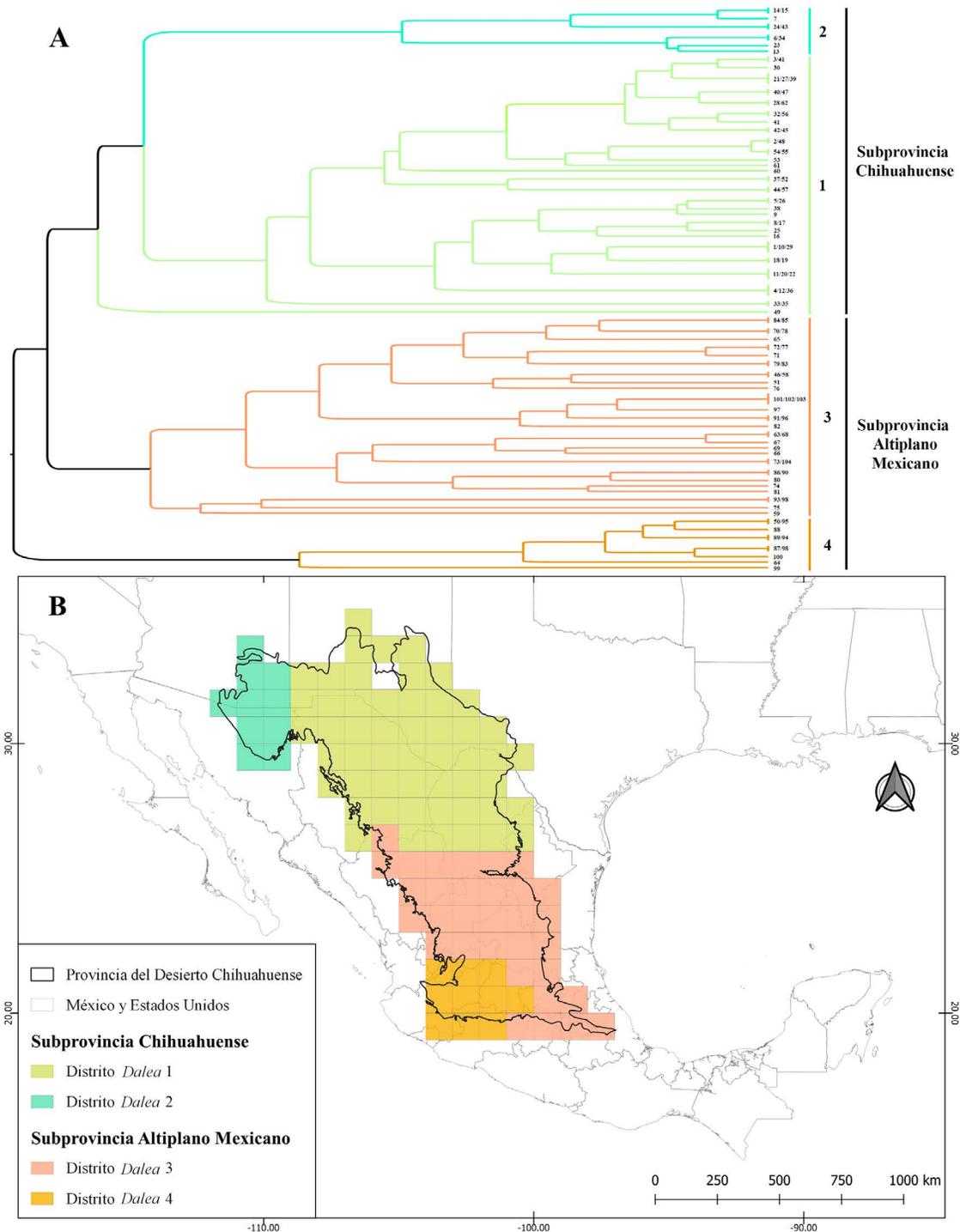
a) Distrito *Dalea* 3. Saladense (Morrone *et al.* 2022). El distrito de *Dalea* 3 abarca la mayor superficie de la subprovincia del Altiplano Mexicano, posee cuencas endorreicas con muy pocos ríos, la mayoría ubicados al sureste, y lagos dispersos, en él podemos encontrar cordilleras de hasta 3,060 m. Las rocas son principalmente ígneas, a veces calizas y es común encontrar suelos yesosos. En este distrito predominan los climas semiáridos y la precipitación anual varía de 500 a 1,000 mm. La ecorregión que caracteriza este distrito es principalmente el Matorral de la Meseta Central, y en menor proporción el Matorral del centro de México, el Bosque de pino-encino de la Sierra Madre Oriental, el Bosque de pino-encino de la Sierra Madre Occidental, el Bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana, y en mínimas proporciones los Bosques húmedos de Veracruz y los Bosques montañosos de Veracruz (Figura 5). Las especies de *Dalea* endémicas presentes son: *D. aenigma*, *D. aurea*, *D. capitata*, *D. conetensis*, *D. confusa*, *D. eriophylla*, *D. erythrorhiza*, *D. estoraxana*, *D. gypsophila*, *D. hemsleyana*, *D. hospes*, *D. laniceps*, *D. luisana*, *D. parrasana*, *D. pogonathera*, *D. radicans*, *D. rubriflora*, *D. saffordii*, *D. simulatrix*, *D. verna*, *D. viridiflora* y *D. wrightii*. De las cuales, las restringidas a este distrito son: *D. aenigma*, *D. conetensis*, *D. estoraxana*, *D. gypsophila* y *D. simulatrix*.

b) Distrito *Dalea* 4. Sudmexicano Árido (Morrone *et al.* 2022). Se ubica en la parte suroeste de la subprovincia del Altiplano Mexicano. Esta porción de la provincia del DC está situada en la gran cuenca Lerma-Santiago. Los tipos de clima dominantes son semicálido y templado, y en menor medida predomina el clima semiárido. Son varias las ecorregiones presentes en este distrito, la dominante es los Bosques secos del Bajío, seguida por el Matorral del centro de México, el Bosque de pino-encino de la Faja Volcánica Transmexicana, el Bosque de pino-encino de la Sierra Madre Occidental y los Bosques secos Sinaloenses (Figura 5). Las especies de *Dalea* endémicas a la provincia del DC que podemos encontrar aquí son: *D. rubriflora*, *D. hemsleyana*, *D. erythrorhiza* y *D. confusa*. La ausencia de endemismo restringido a este distrito se aborda en la discusión.

### Discusión

*Composición de especies.* La distribución geográfica de las especies de *Dalea* fue inferida a partir de la información de las etiquetas de los ejemplares de herbario. Las colecciones de herbario, artículos, floras y monografías son fuentes

tes de datos confiables, y en conjunto con las bases de datos electrónicas debidamente curadas son fundamentales para los análisis biogeográficos (Kreft & Jetz 2010). Las especies con mayor número de registros (*D. bicolor*, *D. foliolosa*, *D. formosa*, *D. lutea*, *D. pogonathera* y *D. prostrata*) poseen una amplia área de distribución geográfica en la provincia del DC, dada su adaptación a vegetación secundaria e incluso a lugares perturbados (Rzedowski *et*



**Figura 3.** Regionalización de la provincia del DC con base en la distribución geográfica de las especies de *Dalea*. A. Dendrograma mostrando las áreas definidas. B. Subprovincias y distritos definidos.

al. 2016). Sin embargo, la información obtenida es proporcional a la accesibilidad a sitios y esfuerzos de colecta, así como la abundancia de las especies de *Dalea* en el área de estudio.

De las 146 especies de *Dalea* registradas para México (Villaseñor 2016), se encontró que 77 se distribuyen en la provincia del DC, es decir, más del 50 %. Además, de las 175 especies de *Dalea* (Barneby 1977, Lewis *et al.* 2005, Estrada-Castillón *et al.* 2014), el 44 % tienen distribución en esta área estudio. Sin embargo, debido a que se encontraron especies compartidas o en los límites con otras provincias (*i.e.*, Salinas-Rodríguez *et al.* 2017, 2022), es necesario analizar su distribución geográfica ampliando el área de estudio o tomando en cuenta al menos las provincias biogeográficas adyacentes al DC. Lo anterior acentúa que el área de distribución de una especie involucra procesos y/o patrones verdaderamente complejos (Maciel-Mata *et al.* 2015). Por ejemplo, la distribución geográfica de una especie experimenta una contracción y expansión espacial a lo largo del tiempo, dinámica influenciada por la interacción de factores biológicos, ecológicos y biogeográficos (Zunino & Zullini 2003). Asimismo, remarca que los límites entre diferentes regiones biogeográficas no son sencillos y por lo general, distintos taxones muestran límites diferentes, por lo que no se puede dibujar una línea única, sino una zona de transición entre provincias (Rzedowski 1978, Morrone 2009).

Cuarenta y cuatro especies de *Dalea* presentan amplia distribución en el DC. Laffan *et al.* (2016) mencionan que incluir especies de amplia distribución puede influir en los resultados, pero no es un problema, porque el interés radica en cómo cambia la composición de especies entre ubicaciones, independientemente de si están muy extendidas o no. Murphy *et al.* (2019) llevaron a cabo dos análisis, uno donde se incluyen especies con amplia distribución y otro donde se excluyen. Estos autores resuelven que ambos resultados son independientes y totalmente válidos. Sin embargo, se debe tener cuidado al interpretarlos dado que la inclusión de datos generalizados resuelve patrones de biomas, en lugar de áreas históricas, es decir, reflejan la ecología actual de una biota más que de los límites históricos. Lo contrario ocurre cuando dichos datos son excluidos.

Por último, de las 77 especies de *Dalea* que crecen en la provincia del DC, el 43 % son endémicas a esta provincia. Esto coincide con lo indicado por Rzedowski (1991a), Sosa & De-Nova (2012) y Sosa *et al.* (2020) quienes mencionan que las especies endémicas son frecuentes en zonas áridas y semiáridas del país. La riqueza de especies endémicas es producto de factores geológicos, edáficos, climáticos, fisiográficos y del aislamiento ecológico, lo que ha generado una gran diversificación y establecimiento de especies únicas en el país (Rzedowski 1991b).

*Análisis de riqueza.* La riqueza, como medida de la biodiversidad, se puede estimar en diferentes escalas (Aragón-Parada 2018). El análisis de riqueza de especies por cuadrícula con celdas de  $1 \times 1^\circ$  recuperó siete áreas con la mayor riqueza de especies de *Dalea* en la provincia del DC. La mayoría de estas celdas coinciden con celdas de alta diversidad filogenética de plantas vasculares de la provincia del DC (Sosa *et al.* 2020).

Dos celdas con 19 especies fueron recuperadas. La primera se localiza en la parte central de Chihuahua e incluye el Parque Nacional Cumbres de Majalca. La segunda celda está ubicada al sureste de la provincia, es compartida por los estados de Querétaro, Hidalgo y el Estado de México. Esta celda además de incluir el Parque Nacional Los Mármoles, se localiza en la zona semiárida Queretana-Hidalguense, sitio donde los estudios florísticos circunscritos a esta indican que el área sustenta una considerable diversidad y alto endemismo (Zamudio 1984, Hernández & Godínez 1994, Fernández & Colmenero 1997). Dichas celdas se caracterizan por poseer varios tipos de vegetación y ubicarse en sitios con un relieve irregular, donde predominan las montañas.

El análisis de riqueza de endemismos recuperó seis celdas con una riqueza de siete a nueve especies, casi todas ubicadas en la porción centro-norte de la provincia del DC (Figura 1B). La celda con mayor número de especies endémicas se localiza al sureste de Coahuila, la cual incluye porciones aisladas como la Sierra de Parras y la Sierra de la Paila (Villarreal 1994). Esta área coincide con lo señalado por Hernández & Godínez (1994), quienes registran que la parte sureste de Coahuila presenta la máxima concentración de cactáceas amenazadas dentro de la provincia. La mayor parte del estado de Coahuila está incluida en la provincia del DC y contribuye más que cualquier otro estado al número de especies endémicas para esta zona árida (Villarreal-Quintanilla & Encina-Domínguez 2005). Las seis celdas con mayor riqueza de endemismo encontradas aquí, también coinciden con las celdas de mayor diversidad filogenética de plantas vasculares de esta provincia (Sosa *et al.* 2020).

**Tabla 5.** Especies de *Dalea* presentes en cada Distrito. En negritas se indican las especies endémicas a los distritos.

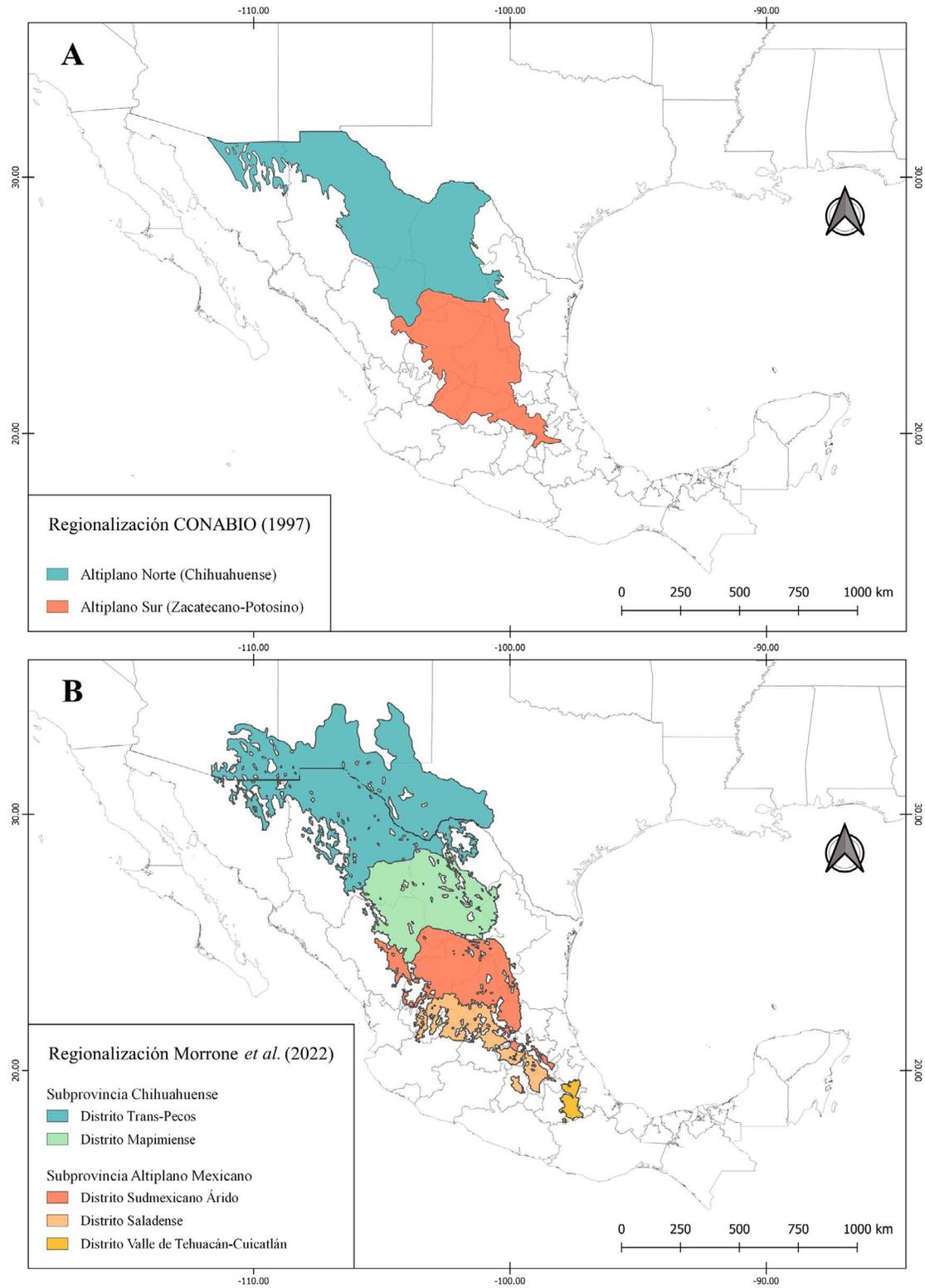
Distrito	No. especies	Especies
1	41	<i>D. albiflora</i> , <i>D. aurea</i> , <b><i>D. bartonii</i></b> , <i>D. bicolor</i> , <b><i>D. boraginea</i></b> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. candida</i> , <i>D. capitata</i> , <i>D. dorycnioides</i> , <i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. exigua</i> , <i>D. filiformis</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. formosa</i> , <i>D. frutescens</i> , <i>D. grayi</i> , <i>D. greggii</i> , <i>D. hospes</i> , <i>D. humilis</i> , <i>D. jamesii</i> , <i>D. janosensis</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. lanata</i> , <i>D. laniceps</i> , <i>D. lasiathera</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. leucostachya</i> , <i>D. lumholtzii</i> , <i>D. lutea</i> , <i>D. melantha</i> , <i>D. multiflora</i> , <i>D. nana</i> , <i>D. neomexicana</i> , <i>D. parrasana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. polygonoides</i> , <i>D. pulchra</i> , <i>D. radicans</i> , <i>D. versicolor</i> , <i>D. viridiflora</i> , <i>D. wrightii</i>
2	22	<i>D. albiflora</i> , <i>D. bicolor</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. candida</i> , <i>D. exigua</i> , <i>D. filiformis</i> , <i>D. formosa</i> , <i>D. grayi</i> , <i>D. jamesii</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. lumholtzii</i> , <i>D. mollis</i> , <i>D. nana</i> , <i>D. neomexicana</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. polygonoides</i> , <i>D. pringlei</i> , <b><i>D. pulchra</i></b> , <b><i>D. tentaculoides</i></b> , <i>D. versicolor</i> , <i>D. wrightii</i>
3	58	<b><i>D. aenigma</i></b> , <i>D. aurea</i> , <i>D. bicolor</i> , <i>D. botterii</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. candida</i> , <i>D. capitata</i> , <b><i>D. conetensis</i></b> , <i>D. confusa</i> , <i>D. dorycnioides</i> , <i>D. eriophylla</i> , <i>D. erythrorhiza</i> , <b><i>D. estoraxana</i></b> , <i>D. filiciformis</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. frutescens</i> , <i>D. grayi</i> , <i>D. greggii</i> , <b><i>D. gypsophila</i></b> , <i>D. hegewischiana</i> , <i>D. hemsleyana</i> , <i>D. hospes</i> , <i>D. humilis</i> , <i>D. jamesii</i> , <i>D. lachnostachys</i> , <i>D. laniceps</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. leucostachya</i> , <i>D. luisana</i> , <i>D. lutea</i> , <i>D. melantha</i> , <i>D. minutifolia</i> , <i>D. mucronata</i> , <i>D. nana</i> , <i>D. neomexicana</i> , <i>D. obovatifolia</i> , <i>D. obreniformis</i> , <i>D. parrasana</i> , <i>D. pectinata</i> , <i>D. pogonathera</i> , <i>D. prostrata</i> , <i>D. radicans</i> , <i>D. reclinata</i> , <i>D. revoluta</i> , <i>D. rubriflora*</i> , <i>D. saffordii</i> , <i>D. scandens</i> , <i>D. sericea</i> , <b><i>D. simulatrix</i></b> , <i>D. thouinii</i> , <i>D. tomentosa</i> , <i>D. transiens</i> , <i>D. urceolata</i> , <i>D. verna</i> , <i>D. versicolor</i> , <i>D. viridiflora</i> , <i>D. wrightii</i> , <i>D. zimapanica</i>
4	27	<i>D. bicolor</i> , <i>D. brachystachys</i> , <i>D. cliffortiana</i> , <i>D. confusa</i> , <i>D. crassifolia</i> , <i>D. dorycnioides</i> , <i>D. erythrorhiza</i> , <i>D. filiciformis</i> , <i>D. foliolosa</i> , <i>D. hemsleyana</i> , <i>D. humilis</i> , <i>D. leporina</i> , <i>D. leucostachya</i> , <i>D. lutea</i> , <i>D. mucronata</i> , <i>D. obovatifolia</i> , <i>D. obreniformis</i> , <i>D. pectinata</i> , <i>D. polystachya</i> , <i>D. prostrata</i> , <i>D. reclinata</i> , <i>D. revoluta</i> , <i>D. rubriflora*</i> , <i>D. sericea</i> , <i>D. thouinii</i> , <i>D. tomentosa</i> , <i>D. versicolor</i>

\*Ver aclaración sobre el endemismo restringido en discusión.

La provincia del DC posee el número más alto de especies endémicas de *Dalea* si lo comparamos con lo registrado para la provincia de la Sierra Madre Oriental con 16 especies e infraespecies (Salinas-Rodríguez *et al.* 2017), la Sierra Madre del Sur con siete especies (Aragón-Parada 2018) y la Faja Volcánica Transmexicana con seis especies (Rzedowski 2020). A pesar de que *Dalea* es diverso en zonas áridas y semiáridas, la mayoría de las celdas con mayor riqueza y endemismo corresponde a sitios donde hay montañas, lo que coincide con lo propuesto por Rahbek *et al.* (2019), quienes indican que las montañas de los trópicos son centros de diversidad de especies y endemismos. Una vez más, valdría la pena analizar la distribución de las especies endémicas tomando en cuenta las provincias adyacentes, debido a que algunas de las especies se comparten entre provincias, resultado de las zonas de transición o ecotono que encontramos entre ellas.

*Centros de endemismo.* Un centro de endemismo concentra la mayor cantidad de especies endémicas en comparación con áreas vecinas (Crisp *et al.* 2001). En este estudio encontramos 33 especies endémicas con distribución heterogénea en la provincia del DC, los análisis de WE y CWE recuperaron tres celdas, respectivamente (Figura 2A y B). El WE enfatiza áreas con una mayor proporción de especies que tienen rangos restringidos (Crisp *et al.* 2001, Laffan & Crisp 2003). Las celdas de WE coinciden en su mayoría con el análisis de riqueza de endémicas, particularmente

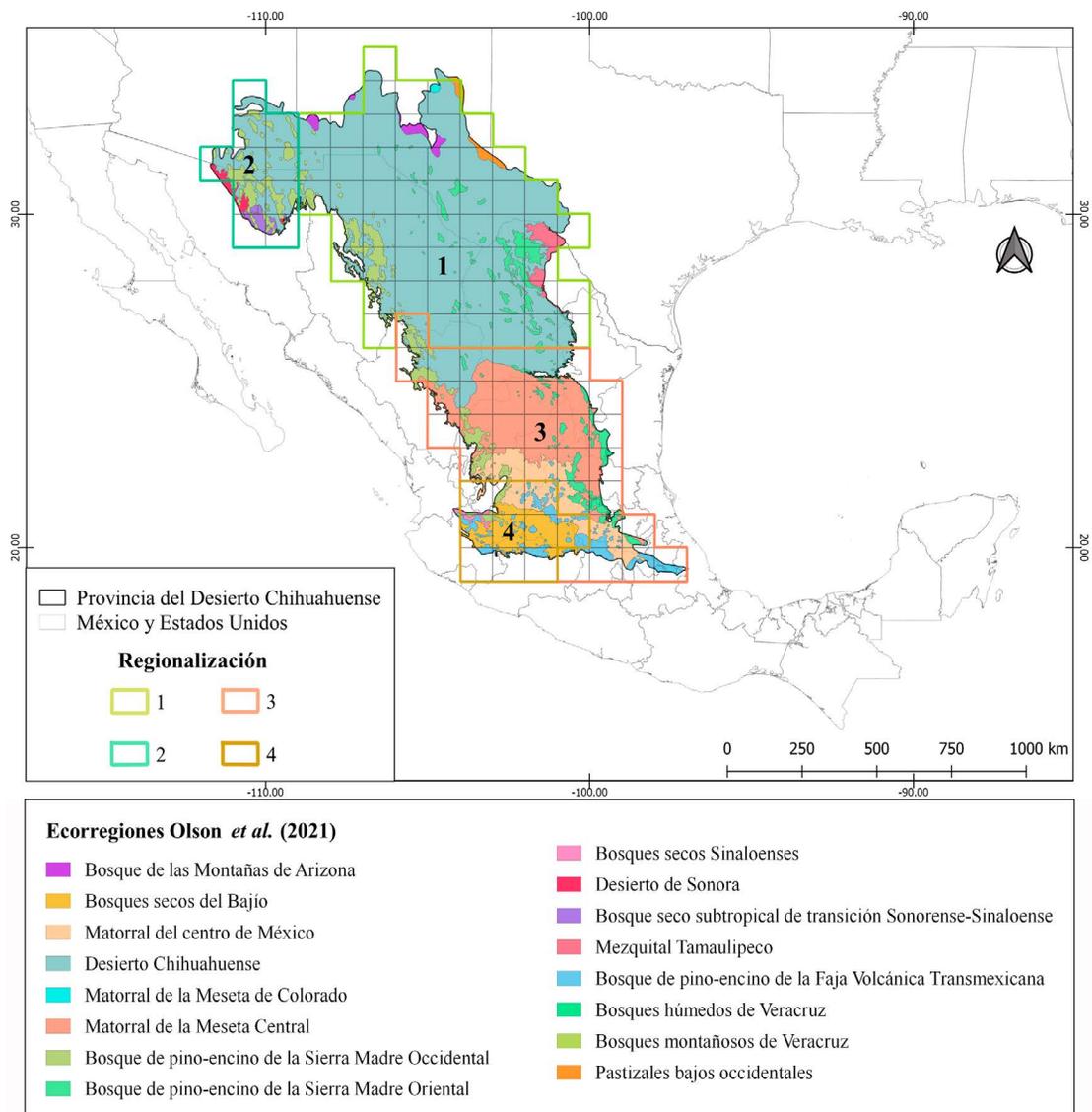
## Regionalización del Desierto Chihuahuense con *Dalea*



**Figura 4.** Regionalización de la provincia del DC. A. CONABIO (1997). B. Morrone *et al.* (2022).

la celda con el valor más alto, ubicada al sureste de Coahuila. Esto se sustenta y puede ser explicado por el aislamiento de numerosos sistemas montañosos en este estado y la presencia de cuencas endorreicas donde se registran condiciones edáficas especiales, que contribuyen a incrementar el número de elementos de distribución restringida (Villarreal-Quintanilla *et al.* 1996).

En cambio, CWE calcula el endemismo en función de la proporción de endémicas de la celda en relación con su riqueza de especies (Laffan & Crisp 2003). En este trabajo las celdas con el mayor valor de CWE (Figura 2B) se localizan en las áreas adyacentes a la celda 2 con la mayor riqueza de especies de *Dalea* (Figura 1A), ubicadas al sur de la provincia en zona limítrofe de la Sierra Madre Oriental. Las especies que sustenta estas celdas son *D. estoraxana* especie endémica de Querétaro (celda 1) y *D. aenigma* endémica de Hidalgo (celda 2). Estos resultados concuerdan con el valor más significativo del endemismo filogenético encontrado por Sosa *et al.* (2020) sobre la flora vascular de la provincia del DC. Además, los resultados de WE y CWE de especies de *Dalea*, ocupan las mismas áreas establecidas previamente como refugios en investigaciones filogeográficas para *Agave lechuguilla* (Scheinvar *et al.* 2017) y *Ephedra compacta* (Loera *et al.* 2017).



**Figura 5.** Caracterización de la regionalización con *Dalea* y las ecorregiones de Olson *et al.* (2001). Los números en el mapa corresponde al número de distrito de *Dalea*.

*Regionalización.* Las unidades biogeográficas se reconocen con base en distintos conjuntos de taxones y comunidades endémicas, que presentan la distribución geográfica de las especies, modelada por fuerzas físicas y biológicas pasadas o presentes (Kreft & Jetz 2010). Se utilizó el índice de Simpson beta ( $\beta_{sim}$ ), el cual reduce el desequilibrio en la riqueza de especies por celda (González-Orozco 2021, Flores-Tolentino *et al.* 2021). Mientras que, el algoritmo UPGMA evalúa las contribuciones de los grupos por el número de nodos terminales que contienen, asegurando que cada celda contribuya por igual a cada grupo fusionado del que forma parte (González-Orozco *et al.* 2014). La regionalización de la provincia del DC con especies de *Dalea*, empleando métodos cuantitativos, subdivide a la provincia en dos grandes áreas, lo que coincide con lo propuesto por CONABIO (1997) (Figura 4A): Altiplano norte (Chihuahuense) y Altiplano sur (Zacatecano-Potosino); asimismo con las subprovincias de Morrone *et al.* (2022) (Figura 4B): Subprovincia Chihuahuense y subprovincia del Altiplano Mexicano. Para el distrito de *Dalea* 1, las especies de este taxón no reconocen una subdivisión del área como lo señala Morrone *et al.* (2022) en Mapimiense y Trans-Pecos, por lo que se infiere que la distribución de *Dalea* se extiende desde el distrito Mapimiense hasta el norte de la provincia y alcanzan a rescatar sólo una porción del distrito de Trans-Pecos al noroeste del área de estudio. Asimismo, el distrito de *Dalea* 3 corresponde al distrito Sudmexicano Árido y el distrito de *Dalea* 4 al Saladense, sumando a este último la ecorregión de los bosques secos del Bajío. Los distritos de *Dalea* 2 y 4 no habían sido clasificados como áreas geográficas únicas, por lo que valdría la pena evaluar y replicar el análisis de regionalización, incluyendo la distribución de especies de *Dalea* en las provincias biogeográficas adyacentes al área de interés, como la Sierra Madre Occidental y Oriental y la Faja Volcánica Transmexicana, o en su caso incluir otros taxones, siempre y cuando dicha regionalización sea derivada de métodos cuantitativos. En este estudio, el primer criterio para definir áreas fue la rotación de especies y el segundo que reafirma los distritos, es la presencia de especies endémicas restringidas. *Dalea rubriflora* puede considerarse como una especie restringida al distrito *Dalea* 4 a pesar de que se encuentra en una sierra compartida entre los distritos 2 y 4 (localmente conocida como Sierra del Laurel), debido a que ésta pertenece casi en su totalidad al distrito 4 y solo una pequeña parte al norte en el distrito 2. Lo anterior, se asume como consecuencia de la fusión de los diferentes polígonos propuestos para la provincia del DC, que al considerar los límites máximos se incluyen porciones de sierras afines a las provincias contiguas.

*Componentes bióticos.* Este trabajo acepta los nombres de los componentes bióticos anidados en la provincia del DC de acuerdo a la propuesta de Morrone *et al.* (2022). La cual está basada en el Código Internacional de Nomenclatura de Áreas. Ya que este estudio toma en cuenta la provincia del DC en su totalidad, incluyendo la parte sur de Estados Unidos, para caracterizar los componentes bióticos con los atributos ecológicos se emplearon las ecorregiones de Olson *et al.* (2001), tales como: precipitación y temperatura, estructura de la vegetación, biomas y regiones biogeográficas, las cuales se basan en clima y geología, respectivamente. Además, se consultó literatura que previamente caracterizaba las dos subprovincias encontradas. En el presente trabajo, la información ambiental de las ecorregiones, sirvió para caracterizar ambientalmente las subprovincias y distritos obtenidos con base en la distribución geográfica de *Dalea*.

## Material suplementario

El material suplementario de este artículo puede ser accedido aquí: <https://doi.org/10.17129/botsci.3462>

## Agradecimientos

Nuestra gratitud para la Dra. Mahinda Martínez por sus observaciones y sugerencias durante el desarrollo de este trabajo, a los revisores anónimos y a Ana Susana Estrada Márquez, Editora de sección. Asimismo, se agradece al personal y curadores de los herbarios ANSM, CFNL, CIIDIR, HUAA, IBUG, IEB, LL, MEXU, NY, QMEX, WLM, SLPM, TEX y USON por las facilidades brindadas en la consulta de sus colecciones.

**Literatura citada**

- Aragón-Parada J. 2018. *Diversidad y distribución geográfica del género Sedum (Crassulaceae) en la Sierra Madre del Sur, México*. MSc Thesis. Universidad de Guadalajara.
- Balleza JJ, Villaseñor JL, Ibarra-Martínez G. 2005. Regionalización biogeográfica de Zacatecas, México, con base en los patrones de distribución de la familia Asteraceae. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **76**: 71-78. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2005.001.349>
- Balleza JJ, 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>
- Barneby RC. 1977. Daleae Imagines, An illustrated revision of *Errazurizia* Philippi, *Psorothamnus* Rydberg, *Marrina* Liebmann, and *Dalea* Lucanus emend. Barneby, including all species of Leguminosae tribe Amorpheae Borissova ever referred to *Dalea*. New York: Memoirs of the New York Botanical Garden Volume 27. ISBN: 0-89327-001-6.
- Cabrera AL, Willink A. 1973. *Biogeografía de América Latina. Monografía 13, Serie de Biología*. Washington DC: Organización de los Estados Americanos (OEA). ISBN: 0827012330.
- 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>
- CONABIO. 1997. *Provincias biogeográficas de México, escala 1:4000000*. DF, México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis\\_root/region/biotic/rbiog4mgw](http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/?vns=gis_root/region/biotic/rbiog4mgw) (accessed November, 2020).
- Cuevas-Ríos G. 2020. *El género Dalea (Fabaceae: Amorpheae) en el estado de Morelos*. MSc Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Escalante T, Rodríguez-Tapia G, Morrone JJ. 2021. Toward a biogeographic regionalization of the Nearctic region: Area nomenclature and digital map. *Zootaxa* **5027**: 351-357. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5027.3.3>
- Estrada-Castillón E, Delgado-Salinas A, Villareal-Quintanilla JA. 2014. *Leguminosas de Nuevo León, México*. DF, México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-02-5347-8
- Fernández R, Colmenero JA. 1997. Notas sobre la vegetación y flora del municipio de San Joaquín, Querétaro, México. *Polibotánica* **4**: 10-36.
- Flores-Tolentino M, Beltrán-Rodríguez L, Morales-Linares J, Ramírez Rodríguez J, Ibarra-Manriquez G, Dorado O, Villaseñor JL. 2021. Biogeographic regionalization by spatial and environment components: Numerical proposal. *Plos One* **16**: 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253152>
- García-Milagros E, Funk V. 2010. Improving the use of the information from museum specimens: Using Google Earth to georeference Guiana Shield specimens in the US National Herbarium. *Frontiers of Biogeography* **2**: 71-77.
- González-Orozco CE. 2021. Biogeographical regionalisation of Colombia: a revised area taxonomy. *Phytotaxa* **484**: 247-260. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.484.3.1>
- González-Orozco CE, Laffan SW, Knerr N, Miller JT. 2013. A biogeographical regionalization of Australian *Acacia* species. *Journal of Biogeography* **40**: 2156-2166. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12153>
- González-Orozco CE, Thornhill AH, Knerr N, Laffan SW, Miller JM. 2014. Biogeographical regions and phytogeography of the *Eucalypts*. *Diversity and Distributions* **20**: 46-58. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12129>
- Granados-Sánchez D, Sánchez-González A, Granados Victorino RL, Borja de la Rosa A. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **17**: 111-130.
- Henrickson J, Johnston MC. 2004. *A Flora of the Chihuahuan Desert Region*. Los Angeles, USA: J. Henrickson. (CD-ROM <https://nhnm.unm.edu/node/1443499>).
- Hernández MH, Goettsch B, Gómez-Hinostrosa C, Arita TH. 2008. Cactus species turnover and diversity along a latitudinal transect in the Chihuahuan Desert Region. *Biodiversity and Conservation* **17**: 703-720. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9303-2>

- Hernández MH, Godínez H. 1994. Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazadas. *Acta Botánica Mexicana* **26**: 33-52. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm26.1994.690>
- Huang C, Ebach MC, Ahyong ST. 2020. Bioregionalisation of the freshwater zoogeographical areas of mainland China. *Zootaxa*. **4742**: 271-298. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4742.2.3>
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2020. Catálogo Único de Claves de Áreas Geoestadísticas Estatales, Municipales y Localidades. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/> (accessed April, 2023).
- Kent M. 2006. Numerical classification and ordination methods in biogeography. *Progress in Physical Geography* **30**: 399-408. DOI: <https://doi.org/10.1191/0309133306pp489pr>
- Köppen W. 1948. *Climatología: con un estudio de los climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Kreft H, Jetz W. 2010. A framework for delineating biogeographical regions based on species distributions. *Journal of Biogeography* **37**: 2029-2053. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02375.x>
- Laffan SW, Crisp MD. 2003. Assessing endemism at multiple spatial scales, with an example from the Australian vascular flora. *Journal of Biogeography* **30**: 511-520. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2003.00875.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>
- Laffan SW, Rosauer DF, Di Virgilio G, Miller JT, González-Orozco CE, Knerr N, Thornhill AH, Mishler B. 2016. Range-weighted metrics of species and phylogenetic turnover can better resolve biogeographic transition zones. *Methods in Ecology and Evolution* **7**: 580-588. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12513>
- Lewis GP, Schrire B, Mackinder B, Lock M. 2005. *Legumes of the world*. United Kingdom: Royal Botanical Gardens, Kew. ISBN: 978-1900347808.
- Loera I, Ickert-Bond SM, Sosa V. 2017. Pleistocene refugia in the Chihuahuan Desert: the phylogeographic and demographic history of the gymnosperm *Ephedra compacta*. *Journal of Biogeography* **44**: 2706-2716. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.13064>
- LPWG [Legume Taxonomy Working Group]. 2017. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* **66**: 44-77. DOI: <https://doi.org/10.12705/661.3>
- Maciel-Mata CA, Manríquez-Morán N, Octavio-Aguilar P, Sánchez-Roja G. 2015. El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria* **25**: 3-19. DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2015.690>
- McMahon M. 2005. Phylogenetic relationships and floral evolution in the papilionoid legume clade Amorpheae. *Brittonia* **57**: 397-411. DOI: [https://doi.org/10.1663/0007-196X\(2005\)057\[0397:PRAFEI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0007-196X(2005)057[0397:PRAFEI]2.0.CO;2)
- McVaugh R. 1987. Leguminosae. In: Anderson, WR, ed. *Flora Novo Galiciana. Vol 5*. Michigan: The University of Michigan Press. pp. 1-786. ISBN: 978-0472049684.
- Morafka DJ. 1977. *A biogeographical analysis of the Chihuahuan Desert through its Herpetofauna*. USA: Springer Netherlands. ISBN: 978-94-010-1318-5.
- Morain SA. 1984. *Systematic and regional biogeography*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company. ISBN: 978-0442261863.
- Morrone JJ. 2009. *Evolutionary biogeography: an integrative approach with case studies*. New York: Columbia University Press. ISBN: 9780231512831
- Morrone JJ. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **90**: 1-68. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2980>
- Morrone JJ, Escalante T, Rodríguez G. 2017. Mexican biogeographic provinces: Map and shapfiles. *Zootaxa* **4277**: 224-279. DOI: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Morrone JJ, Acosta R, Fernández JA. 2022. Biogeographic units in the Chihuahuan Desert: implications for regionalization and area nomenclature. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **93**: 1-24. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3907>
- Murphy DJ, Ebach MC, Miller JT, Laffan SW, Cassis G, Ung V, Thornhill AH, Kerr N, Tursky ML. 2019. Do

- phytogeographic patterns reveal biomes or biotic regions? *Cladistics* **35**: 654-670. DOI: <https://doi.org/10.1111/cla.12381>
- Olson DM, Dinerstein E, Wikramanayake ED, Burgess ND, Powell VN, Underwood EC, D'Amico JA, Illanga I, Strand HE, Morrison JC, Loucks CJ, Allnutt TF, Ricketts TH, Kura Y, Lamoreux YF, Wettengel WW, Hedao P, Kassem KR. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *BioScience* **51**: 933-938. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2)
- QGIS Development Team. 2018. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org> (accessed January, 2021)
- Rahbek C, Borregaard MK, Colwell RK, Dalsgaard B, Holt BG, Morueta-Holme N, Nogues-Bravo D, Whittaker RJ, Fjeldsa J. 2019. Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity? *Science* **365**: 1108-1113. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aax0149>
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. México: Limusa, ISBN: 968-18-0002-8
- Rzedowski J. 1991a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica de México* **14**: 3-21. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm14.1991.611>
- Rzedowski J. 1991b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. *Acta Botánica Mexicana* **15**: 47-64. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm15.1991.620>
- Rzedowski J. 2020. Catálogo preliminar de especies de plantas vasculares de distribución restringida al eje volcánico transversal. *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. Compl. **34**: 1-55 DOI: <https://doi.org/10.21829/fb.305.2020.XXXIV>
- Rzedowski J, Reyna-Trujillo T. 1990. Tópicos fitogeográficos (provincias, matorral xerófilo y cactáceas). In: Ortiz-Pérez MA, Vidal-Zepeda R, eds. *Atlas Nacional de México. Tomo II*. DF, México: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 968-36-1586-4
- Rzedowski J, Calderón de Rzedowski G, Torres-Colín L, Grether R. 2016. *Familia Leguminosae, Sumbamilia Papilionoideae (Aeschynomene-Diphysa)*. **192**: 1-326 *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*. DOI: <https://doi.org/10.21829/fb.53.2016.192>
- Salinas-Rodríguez MM, Estrada-Castillón E, Villarreal-Quintanilla JA. 2017. Endemic vascular plants of the Sierra Madre Oriental, México. *Phytotaxa* **328**: 1-52. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.328.1.1>
- Salinas-Rodríguez MM, Hernández-Sandoval L, Carrillo-Reyes P, Castillo-Gómez HA, Castro-Castro A, Estrada-Castillón E, Figueroa-Martínez DS, Gómez-Escamilla IN, González-Elizondo M, Gutiérrez-Ortega JS, Hernández-Rendón J, Munguía-Lino G, De-Nova JA, Ortiz-Brunel JP, Rubio-Méndez G, Ruíz-Sánchez E, Sánchez-Sánchez C, Sandoval-Mata TN, Soltero-Quintana R, Steinmann V, Valencia-A S, Zamudio-Ruiz S. 2022. Diversity of vascular plants of the physiographic province of the Sierra Madre Oriental, Mexico. *Botanical Sciences* **100**: 469-492. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2864>
- Scheinvar E, Gámez N, Castellanos-Morales G, Aguirre-Planter E, Eguiarte LE. 2017. Neogene and Pleistocene history of *Agave lechuguilla* in the Chihuahuan Desert. *Journal of Biogeography* **44**: 322-334. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.12851>
- Smith H. 1941. An analysis of the biotic provinces of Mexico, as indicated by the distribution of the lizards of the genus *Sceloporus*. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* **2**: 95-102.
- Sosa V, De-Nova JA. 2012. Endemic angiosperm lineages in Mexico, hotspots for conservation. *Acta Botánica Mexicana* **100**: 293-315. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.38>
- Sosa V, Vásquez MC, Villarreal-Quintanilla JA. 2020. Influence of climate stability on endemism of the vascular plants of the Chihuahuan Desert. *Journal of Arid Environments* **177**: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104139>
- Sousa M, Delgado-Salinas A. 1993. Mexican Leguminosae: phytogeography, endemism and origins. In: Ramamoorthy TP, Bye R, Lot A, Fa J, eds. *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. New York: Oxford University Press, pp. 459-511. ISBN: 978-019-506-674-6
- Suárez-Mota ME, Villaseñor JL. 2011. Las compuestas endémicas de Oaxaca, México: diversidad y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **88**: 55-66. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.308>

- Sutherland DM. 2023. *Dalea*. In: Flora of North America Editorial Committee, eds. *Flora of North America North of Mexico*. Vol. 11, Parts 1 and 2. United Kingdom: Oxford University Press. pp: 283-315. ISBN: 978-0197619803
- Tuomisto HA. 2010. Diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography* **33**: 2-22. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05880.x>
- Trejo I, Dirzo R. 2002. Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. *Biodiversity and Conservation*. **11**: 2063-2084. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1020876316013>
- Villarreal JA. 1994. Vegetación y flora de la Sierra de la Paila, Coahuila, México. *Sida* **16**: 109-138.
- Villarreal JA, Valdés J. 1993. Vegetación de Coahuila, México. *Manejo de Pastizales* **6**: 9-18.
- 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 Botánica Mexicana* **118**: 65-96. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm118.2017.1201>
- Villarreal-Quintanilla JA, Encina-Domínguez JA. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México. *Acta Botánica Mexicana* **70**: 1-46. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm70.2005.986>
- Villarreal-Quintanilla JA, Valdés-Reyna J, Villaseñor-R. JL. 1996. Corología de las asteráceas de Coahuila, México. *Acta Botánica Mexicana*. **36**: 29-42. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm36.1996.759>
- 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, Maeda P, Rosell JA, Ortiz E. 2007. Plant families as predictors of plant biodiversity in México. *Diversity and Distributions* **13**: 871-876. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00385.x>
- Villaseñor JL, Ortiz E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. **85**: S134-S142. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>
- Villaseñor JL, Ortiz E, Delgadillo-Moya C, Juárez D. 2020. The breadth of the Mexican Transition Zone as defined by its flowering plant generic flora. *Plos One* **15**: e0235267. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235267>
- Willis F, Moat J, Paton A. 2003. Defining a role for herbarium data in Red List assessments: a case study of *Plectranthus* from Eastern and Southern tropical Africa. *Biodiversity and Conservation* **12**: 1537-1552. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1023679329093>
- Zamudio S. 1984. *La vegetación de la cuenca del río Estórax y sus relaciones fitogeográficas*. BSc Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Zunino M, Zullini A. 2003. *Biogeografía: La dimensión espacial de la evolución*. México: Fondo de Cultura Económica. ISBN 9789681667214

---

**Editor de sección:** Ana Susana Estrada Márquez

**Contribución de los autores:** TNSM recopilación de la información, elaboración de matrices de datos, análisis fitogeográficos, mapas y redacción del manuscrito; LHS idea original, apoyo logístico, interpretación de análisis, discusión, conclusiones, estructura y revisión del artículo; GML análisis fitogeográficos, estructura y revisión del artículo; VS revisión y discusión de resultados sobre las regiones y provincias biogeográficas consideradas; ADS identidad y confirmación de especies de *Dalea* en el área de estudio y revisión del artículo.

**Entidades Financiadoras:** Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnología a través de la beca de maestría número 772028 para TNSM.

**Conflicto de intereses:** Los autores declaramos que no existe ningún conflicto de intereses financieros, personales ni en cuanto a la presentación de la información y resultados de este artículo.