

Biogeografía

Riqueza y endemismo de la flora vascular de Guanajuato, México

Richness and endemism of the vascular flora of Guanajuato, Mexico

José Luis Villaseñor ^{a,*}, Enrique Ortiz ^a, Rocío Ramírez-Barrios ^a
y Miguel Murguía-Romero ^b

^a Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Apartado postal 70-233, Ciudad de México, México

^b Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Unidad de Informática para la Biodiversidad, Apartado postal 70-233, Ciudad de México, México

*Autor para correspondencia: vrios@ib.unam.mx (J.L. Villaseñor)

Recibido: 17 mayo 2023; aceptado: 9 octubre 2023

Resumen

Las bases de datos florísticos constituyen herramientas clave para enriquecer el conocimiento sobre la diversidad vegetal de una región. Considerando la información que aportan, se llevó a cabo el registro de las plantas endémicas y características del estado de Guanajuato, dentro de una cuadrícula de $1^\circ \times 1^\circ$ de latitud y longitud, con el objetivo de evaluar sus patrones de riqueza y sus similitudes florísticas. Los registros de presencia de las especies reportadas en la literatura para Guanajuato, se analizaron junto con las bases de datos en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y la del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). A partir de 29,897 registros únicos, se registraron 3,065 especies de plantas vasculares, distribuidas en 997 géneros, 187 familias y 54 órdenes. De ellas 1,174 especies son endémicas de México y 356 se consideran características del estado. Se determinaron 2 grupos florísticos (fitocorías) para el estado. Se discute cómo el conocimiento sobre la riqueza y el endemismo de una región o estado es fundamental para proponer regionalizaciones y estrategias para la conservación de la flora.

Palabras clave: Bases de datos; Biogeografía; Inventarios florísticos; Similitud florística

Abstract

Floristic databases are key tools to enrich the knowledge about the plant diversity of a region. Considering the information they provide, a review of the endemic plants of the state of Guanajuato, as well as their state characteristics was carried out within grid cells of $1^\circ \times 1^\circ$ of latitude and longitude. The objective was to evaluate richness patterns

and floristic similarities among grid cells. The records of the species presence reported in the literature were analyzed together with the information from databases in the National Information System on Biodiversity (SNIB) of the National Commission for the Knowledge and Use of Biodiversity (CONABIO) and the scientific collections of the Institute of Biology, National Autonomous University of Mexico (UNAM). From 29,897 unique records, 3,065 species of vascular plants were recognized for the state, distributed in 997 genera, 187 families, and 54 orders. Of these, 1,174 species are endemic to Mexico and 356 are considered characteristic of the state. Two main floristic groups (phytochoria) were determined for the state. Evidence is shown to support the argument that knowledge about the richness and endemism of a region or state is essential to propose regionalizations and strategies for its flora conservation.

Keywords: Databases; Biogeography; Floristic inventories; Floristic similarity

Introducción

Guanajuato constituye uno de los 32 estados en que políticamente se divide México y se ubica en la porción central del país, circundado por Jalisco, Michoacán, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas. Su posición estratégica lo ubica como una entidad económicamente muy activa, pues constituye el paso de bienes y suministros del norte al centro y sur del país, además de que en su territorio existen corredores industriales y regiones agrícolas muy importantes. Por ejemplo, de acuerdo con INEGI (2023), su actividad económica aporta 4.3% del PIB nacional. Guanajuato ocupa los primeros lugares a nivel nacional en producción agrícola de brócoli, cebada, espárrago, fresa, lechuga, sorgo y trigo, así como el tercer lugar nacional en producción de leche caprina. Adicionalmente, desde el siglo XVI, el estado incluye una de las regiones mineras más importantes, ubicado entre las 10 principales entidades donde se extrae oro y plata. Desafortunadamente, este auge agrícola, económico e industrial repercute en un fuerte impacto sobre los ambientes naturales, registrando el estado una de las más altas tasas de transformación del uso del suelo. Estimaciones analizando el mapa de la serie VI sobre uso de suelo y de vegetación, indican que 47% del territorio del estado ha perdido su vegetación natural (INEGI, 2017a).

Carranza-González (2005) subrayaba que, no obstante la relevancia económica, histórica y cultural del estado, aunado a las facilidades de infraestructura y accesibilidad, aún persiste la carencia de un conocimiento preciso de su riqueza florística. Sin embargo, en 2011 se publica el primer inventario de la diversidad vegetal en el estado, el cual forma parte importante del proyecto Flora del Bajío y de regiones adyacentes, que incluye Guanajuato, Querétaro y la parte norte de Michoacán (Zamudio y Galván-Villanueva, 2011). Dicho proyecto inició en 1985, bajo los auspicios del Instituto de Ecología, A.C. y aunque se encuentra en un nivel de avance adecuado, está todavía en progreso. Actualmente, este proyecto cuenta con más

de 200 fascículos publicados, que incluyen alrededor de 3,000 especies estudiadas, de un total estimado de 5,700 (Sosa et al., 2023; Villaseñor y Meave, 2022). Con los estudios realizados hasta ahora, las cifras del número de especies en el estado son todavía imprecisas. Ejemplo de ello son las cifras más recientes, que reportan entre 2,547 especies y taxones subespecíficos (Carranza-González, 2005), 2,642 (Conabio, 2012), 2,774 (Zamudio y Galván-Villanueva, 2011) hasta 3,206 (Villaseñor, 2016). Tales números indican la adición de más especies conocidas en el estado conforme la información florística se va sintetizando y analizando mejor, así como el incremento de la exploración botánica. En la tabla 1 se presenta una lista selecta de trabajos florísticos realizados en el estado.

Como lo indican Villaseñor et al. (2022), desde hace unas 3 décadas se ha venido sistematizando la información taxonómico-geográfica de los especímenes botánicos recolectados en México. Cifras recientes sugieren que los herbarios, tanto nacionales como del extranjero, contienen poco más de 5 millones de especímenes de plantas vasculares (Sosa et al., 2023), de las cuales más de 3.5 millones ya se encuentran digitalizados y con posibilidad de ser consultados a través de las bases de datos en línea (Murguía-Romero et al., 2022).

Siguiendo la estrategia propuesta por Villaseñor et al. (2022) para Hidalgo, en el presente trabajo se aporta un análisis de la riqueza y endemismo de la flora de Guanajuato, tomando como fuente principal la información contenida en 2 importantes bases de datos que documentan la diversidad florística de México y cuya consulta es del dominio público. La primera es la página web de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio) y la otra es la del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Un primer análisis evalúa la contribución de las colecciones y colectores nacionales y extranjeros en el registro de la flora estatal. Posteriormente, los análisis de riqueza fueron realizados documentando la distribución de cada especie, en un conjunto de cuadros de 1° de latitud y longitud en

Tabla 1

Trabajos florísticos realizados en Guanajuato.

Área estudiada	Autor
Serranías de la cuenca alta del Río de la Laja	Quero (1984)
Flora del Bajío y de regiones adyacentes	Calderón de Rzedowski y Rzedowski (1991)
Cráter “Hoya Rincón de Parangueo”, municipio de Valle de Santiago	Aguilera-Gómez (1991)
Lago de Yuriria, municipio de Yuriria	Ramos-Ventura y Novelo-Retana (1993)
Jardín Botánico “El Charco del Ingenio”, municipio de San Miguel de Allende	Meagher (1994)
Malezas de la región de Salvatierra	Calderón de Rzedowski y Rzedowski (2004)
Sierra de Santa Rosa, municipio de Guanajuato	Martínez-Cruz y Téllez-Valdés (2004); Martínez-Cruz et al. (2009)
Flora arbórea del estado	Rzedowski y Calderón de Rzedowski (2009)
Flora del municipio de San José Iturbide	Gutiérrez y Solano (2014)

que se dividió al estado y regiones circundantes de otros estados vecinos. Finalmente, con toda esta información se evaluaron las similitudes florísticas entre los cuadros, con el objetivo de determinar unidades florísticas (fitocorías) que ayuden a proponer, posteriormente, hipótesis acerca de la estructura y regionalización de la flora estatal.

Materiales y métodos

El estado de Guanajuato se localiza en el centro de la República Mexicana, entre las coordenadas 21°52'09" y 19°55'08" N, 99°39'06" y 102°05'07" O. Colinda por el norte con Zacatecas y San Luis Potosí, al sur con Michoacán, al este con Querétaro y al oeste con Jalisco (SPP, 1980). Guanajuato ocupa una superficie de 30,607 km², lo que equivale a 1.6% del territorio nacional (Conabio, 2012), superficie que es más o menos equivalente a la de países europeos como Holanda o Suiza o al estado de Maryland, en EUA.

La orografía de Guanajuato está compuesta por cañones, lomeríos, mesetas, llanuras, valles y serranías. Dentro de estas últimas se incluye a la sierra Los Agustinos (3,110 m snm), el cerro Azul (2,980 m snm) y el cerro La Giganta (2,960 m snm) como las principales elevaciones (INEGI, 2017b). Igualmente, la sierra de Guanajuato y la sierra Gorda son zonas montañosas importantes (Carranza-González, 2005). Guanajuato presenta en su territorio 3 provincias fisiográficas, en el norte la Mesa Central y una pequeña parte de la Sierra Madre Oriental y desde la zona media y parte del sur del estado, el Eje Neovolcánico o Faja Volcánica Transmexicana (Conabio, 2012; INEGI, 2017b; SPP, 1980).

En la entidad se distinguen los climas semicálidos, templados, semisecos y secos (INEGI, 2017b; SPP,

1980). En la Sierra Madre Oriental predomina un clima semiseco semicálido, que se caracteriza por una lluvia media anual de 600 a 700 mm y una temperatura media anual de 18 a 20 °C. También se pueden encontrar zonas con estos climas en porciones pequeñas al oeste y sureste del estado. Por otro lado, el clima templado subhúmedo se encuentra repartido por parches en las 3 provincias y consta de lluvias en verano, mostrando una fluctuación en los rangos de precipitación media anual entre los 700 a más de 800 mm en los lugares más húmedos y se encuentra fraccionado por parches semicálidos subhúmedos. En la Mesa Central se encuentran climas semisecos muy cálidos y semisecos templados. Los climas secos templados tienen una temperatura media anual de 12 a 18 °C. El clima semiseco templado se caracteriza por precipitaciones medias anuales que oscilan entre 400 y 500 mm y una temperatura media anual entre 16 y 18 °C. En el Eje Neovolcánico predomina el clima semicálido subhúmedo y presenta temperaturas medias anuales entre 18 y 20 °C, con distintos grados de precipitación anual, que van desde 700 hasta 800 mm, dependiendo del subtipo (García, 1987; INEGI, 2017b; SPP, 1980).

La mayor parte de Guanajuato está dominada por suelos de tipo feozem y vertisol, que en conjunto cubren más de 80% del territorio estatal (Carranza-González, 2005). En menor medida se encuentran suelos de tipo litosol (6.8%), luvisol (3.6%), planosol (2.9%) y xerosol (2%) (INEGI, 2017b; Semarnat y Conafor, 2015).

Para el estado, se indica la presencia de 6 de 96 ecorregiones reconocidas en el país: 1) lomeríos y planicies del altiplano con matorral xerófilo y pastizal (64.4%), 2) planicie interior con mezquital (17.8%), 3) sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos (12.6%), 4) piedemontes y planicies con pastizal, matorral xerófilo

y bosques de encinos y coníferas (4.9%), 5) lomeríos y sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos (0.04%) y 6) planicies del altiplano Zacatecano-Potosino con matorral xerófilo micrófilo-crásicaule (0.01%) (Semarnat y Conafor, 2015).

En la clasificación de los principales biomas de México, 41.7% del territorio de Guanajuato lo conforman bosques tropicales estacionalmente secos (BTSE), 39.5% bosques templados (BTEM) y 18.8% matorrales xerófilos (MXE) (Villaseñor y Ortiz, 2014). Por otra parte, se incluyen en la entidad las provincias florísticas correspondientes a las Serranías Meridionales y Altiplanicie (Rzedowski, 1978).

El polígono que comprende el territorio del estado se dividió en cuadros de 1° de latitud y longitud (fig. 1). Se utilizó dicho tamaño de cuadro con el objetivo de hacer comparables los resultados con análisis previos realizados a nivel nacional (por ejemplo, Cruz-Cárdenas et al., 2013; Morrone y Escalante, 2002; Munguía-Lino et al., 2016; Villaseñor et al., 2020, 2023; Villaseñor y Ortiz, 2022). Además, esta escala permite un mejor control sobre los datos y evita bajos o nulos números de muestras al usar celdas más pequeñas (Villaseñor et al., 2023).

Fuentes de información. Dos fuentes principales de información fueron utilizadas. La primera deriva de la revisión de la literatura florístico-taxonómica que documenta la presencia de las especies en Guanajuato; destacan los fascículos publicados de la Flora del Bajío y de regiones adyacentes (<http://inecolbajio.inecol.mx/floradelbajio/index.php/fasciculos/publicados>) y los inventarios llevados a cabo en su territorio (tabla 1). La segunda consistió en la consulta de los registros que para el estado se tienen documentados en los 2 bancos de datos en línea más importantes que tratan la diversidad florística de México, el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio: <https://www.conabio.gob.mx>; Soberón, 2022) y la base de datos de las colecciones científicas del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (IBdata: <https://www.ibdata.ib.unam.mx/>). Solamente se tomaron en cuenta aquellas especies que registraran al menos un espécimen recolectado en el territorio del estado de Guanajuato. En consecuencia, especies que seguramente forman parte de su flora fueron excluidas, debido a que no fue posible documentar fehacientemente su presencia, siguiendo los criterios explicados más adelante. Los registros obtenidos para el estado de ambas bases de datos fueron reorganizados en una base de datos construida ex profeso para el estudio, en un sistema manejador de bases de datos relacionales (Microsoft Access®). Las inconsistencias en los datos analizados, como registros

mal asignados para el estado, errores de georreferenciación y su actualización en registros carentes de ella, sinonimias, nombres mal escritos o no aceptados para la flora del estado o del país, fueron corregidos o actualizados. La nomenclatura utilizada sigue los criterios de Villaseñor (2016), con algunas enmiendas y adiciones (Villaseñor y Meave, 2022; Villaseñor, datos no publicados). A partir de la base de datos depurada, se hizo un análisis de la contribución de los herbarios y recolectores al conocimiento de la flora de Guanajuato, para evaluar su relevancia. Dado que más de la mitad de la superficie estatal se encuentra antropizada (Pérez-Vega et al., 2020), se determinó el número de especies consideradas como malezas de acuerdo con Villaseñor y Espinosa (1998). Los registros incluidos en la nueva base de datos, actualizados en su nomenclatura y georreferenciados, documentan la presencia de las especies en Guanajuato y localidades vecinas, que fueron usados en el análisis para determinar las especies características.

Endemismo y especies características. Una especie fue considerada endémica de Guanajuato si su distribución, documentada por la literatura y los especímenes consultados, se restringe al territorio político estatal. Por otra parte, una especie fue considerada como característica siguiendo la propuesta de Villaseñor y Ortiz (2022), aplicada en la Sierra Madre Oriental. Esta propuesta requiere determinar el número total de cuadros (escala de 1° de latitud y longitud) donde se registra cada especie documentada en México y el número de estos donde se registra en Guanajuato y regiones adyacentes (fig. 1; cuadros 161, 162, 175 y 176, con una mínima superficie abarcando parte de los cuadros 163, 174 y 192). Para la numeración de los cuadros en México, consultar a Cruz-Cárdenas et al. (2013). Las regiones de los estados vecinos, colindantes con Guanajuato, consideradas para evaluar la distribución de las especies, se incluyen en un total de 12 cuadros adicionales, haciendo un total de 16 cuadros utilizados para los análisis (fig. 1).

Una especie es característica de Guanajuato si la mitad o más del total de cuadros en los que se registra en México está incluida en los 16 cuadros mencionados previamente. Por ejemplo, *Yucca decipiens* Trel. (Asparagaceae) es una especie que se conoce en 19 cuadros del territorio nacional, pero solamente se registra en 7 de los 16 considerados en la figura 1, de manera que no califica como especie característica; el mismo caso sucede con *Pittocaulon praecox* (Cav.) H. Rob. et Brettell (Asteraceae), registrada en 15 de los 16 cuadros, pero que se ha registrado en un total de 36 a escala nacional. No es el caso de *Verbesina mollis* Kunth (Asteraceae; 11 de un total de 18 cuadros en México) o de *Opuntia spinulifera* Salm-Dyck (Cactaceae;

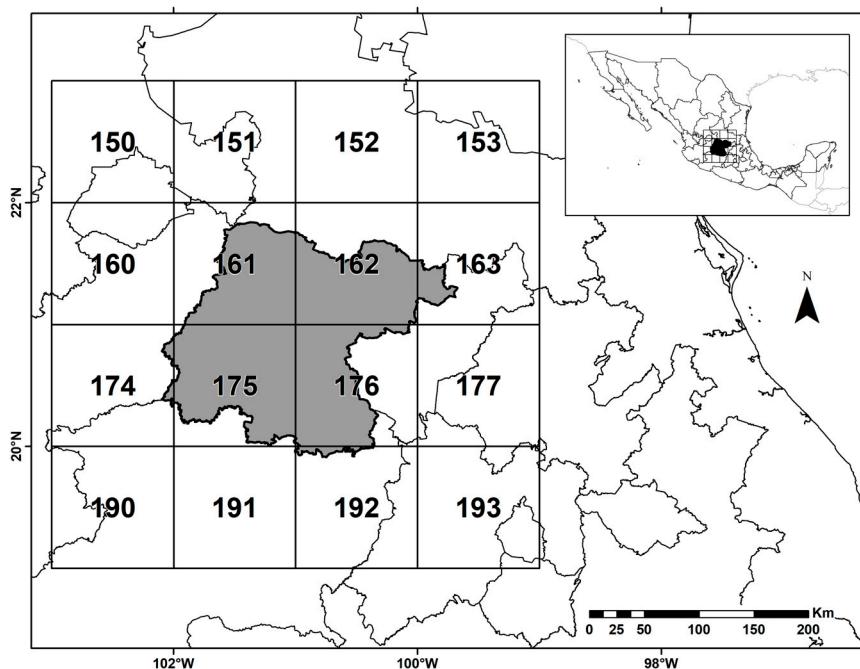


Figura 1. Ubicación de Guanajuato y cuadros que fueron utilizados para el análisis. La numeración de los cuadros sigue a Cruz-Cárdenas et al. (2013).

10 de 18 cuadros), que por distribuirse en más de la mitad de los cuadros destacados en la figura 1, cumplen con el requisito para clasificarse como especies características.

Con los valores de incidencia por cuadro de cada especie, se evaluó la riqueza potencial esperada en el estado utilizando métodos no paramétricos (Colwell y Coddington, 1994; Gotelli y Colwell, 2001). Para ello se generó una matriz de presencias/ausencias para las especies registradas en las 16 celdas que abarcan el estado de Guanajuato y áreas vecinas, la cual se empleó para producir una curva de acumulación de especies (Ugland et al., 2003), y que sigue el protocolo de Jiménez-Valverde y Hortal (2003). Usando el programa EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013), se aleatorizó 100 veces el orden de muestreo de las celdas; posteriormente, con el programa Statistica (StatSoft, 2011), se calculó la asíntota ajustando la curva de acumulación al modelo de Clench (Soberón y Llorente, 1993). El número de especies estimado por la asíntota fue usado para evaluar la completitud del inventario de la flora vascular de Guanajuato.

Riqueza, endemismo y similitudes florísticas. Con base en Villaseñor (2016), se asignó la condición de especie endémica a cada una de las especies registradas exclusivamente dentro de los límites políticos de Guanajuato, al igual para las otras categorías usadas para

el cálculo de la riqueza. De esta manera, los registros en la base de datos permitieron documentar la presencia de distintas categorías de especies (características, endémicas o no endémicas), en los 16 cuadros que incluyen a Guanajuato y zonas adyacentes de los estados vecinos (fig. 1). Por su parte, la base de datos estructurada consistió en 29,897 registros únicos (sin duplicados), con la cual se generó una matriz de incidencias, que evidencia, a su vez, la presencia de 3,065 especies fehacientemente documentadas en el estado y ubicadas por su presencia en al menos uno de los 16 cuadros de la figura 1. Esta matriz de incidencias (presencia o ausencia) de especies por cuadro se utilizó para determinar el número de ellas en cada cuadro (diversidad alfa), así como el número de especies endémicas de México y el de las especies características de Guanajuato.

La matriz de incidencias sirvió igualmente para evaluar las similitudes florísticas entre los 16 cuadros analizados. Para tal fin se calcularon los valores de similitud entre parejas de cuadros, utilizando el coeficiente de similitud de Sorenson-Dice ($2c/[a+b+c]$), donde c es el número de especies compartidas entre 2 cuadros, a el número de especies exclusivas a uno de ellos y b el número de exclusivas del otro. Este coeficiente de similitud es simple de calcular, proporciona una interpretación

directa que requiere menos supuestos, minimiza el sesgo en los tamaños de muestras y produce agrupamientos similares, a pesar de usarse diferentes métodos de clasificación (Murguía y Villaseñor, 2003). La matriz con los coeficientes de similitud fue utilizada, a su vez, para obtener un dendrograma que agrupa los cuadros con base en sus similitudes florísticas. El dendrograma se obtuvo aplicando el método de agrupamiento ponderado, utilizando las medias aritméticas (WPGMA por sus siglas en inglés). Para llevar a cabo estos análisis se utilizó el programa NTSYS-*pc*, versión 2.21 (Rohlf, 2007).

Finalmente, recurriendo a la estrategia de interpolación lineal (Cressie, 1990), se creó un mapa de valores continuos de riqueza de especies considerando las relaciones espaciales entre los cuadros (Dumitru et al., 2013; Villaseñor et al., 2022). Con ello se obtuvieron estimaciones de riqueza potencial a distintas escalas (por cuadro y por municipios), con la finalidad de obtener una idea más generalizada sobre la riqueza posible entre las unidades analizadas. Los análisis espaciales y los mapas elaborados específicamente para este estudio se realizaron utilizando el sistema de información geográfica ArcGIS (ESRI, 2019).

Resultados

Los ejemplares de herbario digitalizados en las bases de datos primarias consultadas, permitió sintetizar la información en 29,897 registros únicos, distribuidos (incluyendo sus duplicados) en alrededor de 100 diferentes colecciones científicas, tanto nacionales como del extranjero. La tabla 2 contiene los herbarios que documentaron la presencia de 250 o más de esos registros únicos en sus acervos. Destacan, en primer lugar, el Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), seguido del herbario del Centro Regional del Bajío, Instituto de Ecología, A.C. (IEB). Entre los herbarios extranjeros, sobresalen el herbario de la Universidad de Texas, en Austin, Texas (LL-TEX), el Herbario Nacional de los EUA en Washington, DC. (US) y el del Jardín Botánico de Missouri (MO). Otra colección importante, incluida en la tabla 2 y de gran relevancia agrícola, es la Unidad de Recursos Genéticos-Banco de Germoplasma de Maíz (INIFAP), que resguarda más de 500 registros de accesiones de maíz recolectadas en Guanajuato.

Los registros digitalizados permiten identificar el esfuerzo de recolecta y sus principales botánicos participantes. De esta manera, es posible subrayar que unos 840 botánicos, tanto nacionales como extranjeros, han visitado el estado y recolectado al menos un ejemplar en su territorio. La proporción de género es 19% mujeres y

Tabla 2

Herbarios que contienen más de 250 registros únicos de plantas vasculares recolectados en Guanajuato y resguardados en sus acervos. Fuentes: SNIB-REMB de la Conabio (Soberón, 2022) y MEXU-IBdata del Instituto de Biología, UNAM. Los acrónimos de los herbarios se citan de acuerdo con Thiers (2022). La columna de recolectores principales es el número referido por Murguía-Romero et al. (2022). INIFAP = Unidad de recursos genéticos-banco de germoplasma de maíz.

Herbario	Registros	Porcentaje	Recolectores principales
MEXU	12,682	42.4%	136
IEB	11,263	37.7%	70
XAL	3,415	11.4%	28
ENCB	1,176	3.9%	34
LL-TEX	1,155	3.9%	50
CHAP	804	2.7%	18
QMEX	799	2.7%	10
US	755	2.5%	30
INIFAP	503	1.7%	1
MO	434	1.5%	40
Guanajuato	29,897	100.0%	210

81% hombres. Los registros se asocian a 210 recolectores principales de los 610 para todo México (tabla 2). La tabla 3 incluye los principales recolectores por su trabajo de exploración y número de especímenes recolectados. Siete recolectores acumulan 38.9% de los registros, los cuales fueron recolectados, principalmente, desde el año 1963. Los registros más antiguos en el estado corresponden a ejemplares pertenecientes a Jean Luis Berlandier, en 1827 y por J. Méndez, en 1829.

En conjunto, la revisión de la literatura y la consulta a las bases de datos en línea resultó en el reconocimiento, en Guanajuato, de 3,065 especies de plantas vasculares, distribuidas en 997 géneros, 187 familias y 54 órdenes (tabla 4). En Guanajuato se identifican 1,174 especies como endémicas de México, que corresponden a 38.3% del total de su flora. Entre ellas, solamente se reconocen 7 endémicas estrictas del estado: *Ageratina crassimonticola* Rzed. (Asteraceae), *Ageratum grossedentatum* Rzed. (Asteraceae), *Castilleja madrigalii* C. Medina et E. Carranza (Orobanchaceae), *Indigofera uniseminalis* Rzed. et R. Grether (Fabaceae), *Pachyphytum confusum* Pérez-Calix, Guadián-Marín et I. García (Crassulaceae), *Penstemon dugesii* Pérez-Calix et Zacarías (Plantaginaceae) y *Sedum pacense* J. Meyrán (Crassulaceae). Entre las 3,065 especies reconocidas, se registran como malezas (arvenses

Tabla 3

Recolectores de la flora de Guanajuato con más de 400 registros en la base de datos. Entre paréntesis, después del nombre, se indica el herbario donde se resguarda el mayor número de especímenes recolectados.

Recolector	Registros	Años de recolecta
Jerzy Rzedowski Rotter (IEB)	3,475	42 (1963 - 2005)
Emma Ventura Ventura (IEB)	2,940	3 (1988 - 1991)
Rolando Tenoch Bárcenas Luna (MEXU)	1,295	4 (1993 - 1997)
Raquel Galván Villanueva (IEB)	1,137	9 (1986 - 1995)
Jean Kishler (MEXU)	686	8 (1977 - 1985)
Sergio Zamudio Ruiz (IEB)	570	33 (1977 - 2010)
Eleazar Carranza González (IEB)	554	15 (1990 - 2005)
Juan Martínez Cruz (MEXU)	503	1 (1997 - 1998)
Horalia Díaz-Barriga Vega (IEB)	477	7 (1986 - 1993)
Otros recolectores	18,260	189 (1827-2016)
Guanajuato	29,897	189 (1827-2016)

o ruderales) a 1,646, cifra que equivale a 53.7% del total de la flora. Solamente 23 especies características tienen algún reporte de comportamiento como malezas.

Un total de 356 especies características se reconocen del estado (apéndice). Tales especies, como se indicó

previamente, concentran su distribución geográfica principalmente en la sierra Gorda correspondiente al estado y regiones vecinas (fig. 2). Pocas especies muestran una amplia distribución en el territorio nacional, indicado por el tono amarillo en la figura 2, mostrando una menor concentración de las especies alrededor del suroeste del estado y sus estados vecinos.

La curva de acumulación obtenida a partir del número de incidencias de especies por cuadro predice que, en Guanajuato, la asíntota se alcanza a las 3,510 especies. Este valor, comparado con las 3,065 especies registradas en el estado indica que la completitud de la flora es de 84.1%. Es decir, a la escala utilizada, faltarían alrededor de 445 especies (12.8%) para que el inventario fuera completo.

Guanajuato se divide políticamente en 46 municipios (fig. 3). Para cada uno se determinó su riqueza de especies, a partir de los registros georreferenciados (tabla 5, fig. 3). Los 5 municipios que destacan por su número de especies son San Luis de la Paz, Guanajuato, Xichú, San Miguel de Allende y Victoria (tabla 5, fig. 3). Sin embargo, el orden de importancia cambia ligeramente cuando se toma en cuenta la concentración de especies características, destacando nuevamente San Luis de la Paz, pero ocupando un segundo sitio Victoria y San Felipe. Cuando estos valores de riqueza son sujetos a una interpolación, los valores de riqueza se suavizan, identificando el extremo noreste del estado como el centro de mayor riqueza en el estado. Además, se observa un gradiente de diversidad de noreste a suroeste en el estado.

Los valores de riqueza (diversidad alfa) entre los 16 cuadros analizados osciló entre 501 (cuadro 151) hasta 1,920 (cuadro 176), con una mediana de 1,332.5 (tabla 6). En contraste, el número de especies características por

Tabla 4

Distribución taxonómica de la flora de Guanajuato (nativa e introducida) entre los principales clados actualmente reconocidos. El número de especies características se indica entre paréntesis.

Clado o grupo taxonómico principal	Ordenes	Familias	Géneros	Especies
Helechos y afines	8	20	42	123 (5)
Gimnospermas	4	5	8	26 (3)
Angiospermas tempranamente divergentes (incluye Nymphaeales)	1	1	1	1 (0)
Magnólidas	3	6	9	16 (3)
Monocotiledóneas	8	29	180	577 (42)
Eudicotiledóneas	2	5	14	34 (2)
Rósidas (incluyendo Saxifragaceae)	15	55	288	823 (73)
Astéridas (incluyendo Caryophyllaceae)	13	66	455	1,465 (228)
Guanajuato	54	187	997	3,065 (356)

Tabla 5

Número de especies de plantas vasculares y de especies características de Guanajuato por municipio. El número de “especies características” se indica entre paréntesis.

Municipio	Municipio	Registros	Especies
1	Abasolo	140	71 (3)
2	Acámbaro	1,376	652 (11)
3	Apaseo el Alto	125	98 (2)
4	Apaseo el Grande	359	188 (3)
5	Atarjea	1,295	437 (34)
6	Celaya	213	134 (1)
7	Comonfort	488	236 (7)
8	Coroneo	141	57 (2)
9	Cortázar	363	235 (5)
10	Cuerámaro	203	104 (4)
11	Doctor Mora	173	96 (5)
12	Dolores Hidalgo	1,264	533 (25)
13	Guanajuato	2,776	800 (30)
14	Huanímaro	33	20 (1)
15	Irapuato	520	293 (10)
16	Jaral del Progreso	111	77 (1)
17	Jerécuaro	648	370 (9)
18	León	762	345 (15)
19	Manuel Doblado	206	82 (1)
20	Moroleón	35	24 (0)
21	Ocampo	464	208 (18)
22	Pénjamo	646	284 (5)
23	Pueblo Nuevo	1	1 (0)

cuadro fluctuó entre 28 (cuadro 192) hasta 227 (cuadro 162), con una mediana de 51.5. Entre los cuadros con territorio político de Guanajuato, el de mayor riqueza de especies fue el 176 (1,920), localizado hacia el sureste del estado mientras que el cuadro que destacó para las especies características fue el 162 (227), abarcando la porción estatal noreste.

En Guanajuato se identifican 3 de los 5 biomas más importantes de México (bosques templados, bosques tropicales estacionalmente secos y matorrales xerófilos). La figura 4A muestra su distribución a lo largo del estado y la tabla 6 señala el número de especies presentes por bioma en cada uno de los cuadros analizados. Igualmente, se señala el número de especies conocidas preferentemente del bioma y cuando mucho compartidas con 2 biomas vecinos (especies ecológicamente restringidas), pero no

Tabla 5. Continúa

Municipio	Municipio	Registros	Especies
24	Purísima del Rincón	158	94 (0)
25	Romita	35	22 (0)
26	Salamanca	216	164 (6)
27	Salvatierra	1,014	459 (7)
28	San Diego de la Unión	308	140 (16)
29	San Felipe	1,387	506 (36)
30	San Francisco del Rincón	49	28 (0)
31	San José Iturbide	919	444 (23)
32	San Luis de la Paz	3,547	875 (79)
33	San Miguel de Allende	1,805	664 (38)
34	Santa Catarina	116	72 (7)
35	Santa Cruz de Juventino Rosas	470	227 (11)
36	Santiago Maravatío	181	107 (0)
37	Silao de la Victoria	437	252 (6)
38	Tarandacua	18	12 (0)
39	Tarimoro	353	223 (6)
40	Tierra Blanca	494	252 (22)
41	Uriangato	143	73 (2)
42	Valle de Santiago	629	178 (8)
43	Victoria	1,956	655 (68)
44	Villagrán	40	34 (0)
45	Xichú	2,317	716 (63)
46	Yuriria	1,183	336 (6)

identificados en más de esos 3 biomas en Guanajuato o en otra parte del país, las cuales se consideran como especies de amplia distribución ecológica.

El análisis de las similitudes florísticas entre los cuadros analizados permitió identificar, con un valor de similitud de 0.20, 2 grupos florísticos principales (fig. 5). La primera fitocorona (grupo florístico 1) comprende 10 de los 16 cuadros analizados (150, 160, 161, 174, 175, 176, 190, 191, 192, 193), ubicados en la porción oeste y sur del estado. Ahí se registra más de 98% de la flora de Guanajuato (2,910 especies), de las cuales 247 son especies características (64.9% del total de tales especies). Por su parte, la segunda fitocorona (grupo florístico 2) está constituido por 6 cuadros (151, 152, 153, 162, 163, 177) y registra 2,578 especies (87.3% del total), 290 de ellas consideradas características (81.5% del total).

Tabla 6

Riqueza de especies de plantas vasculares en Guanajuato y localidades vecinas utilizando cuadros de 1° de latitud y longitud (fig. 1). Se indica igualmente el número total de especies (las características se citan entre paréntesis) y las endémicas de México, así como el número de especies por bioma, y entre paréntesis, la cifra registrada en 1 o 2 biomas contiguos (Villaseñor y Ortiz, 2014). BTEM, Bosque templado; BTES, bosque tropical estacionalmente seco; MXE, matorral xerófilo. Las celdas sin datos en los biomas indican su ausencia.

Cuadro	Especies	BTEM	BTES	MXE
		Total	Endémicas	
150	1,069 (48)	336	995 (508)	716 (233)
151	501 (45)	178	454 (236)	—
152	1,025 (92)	381	929 (474)	603 (156)
153	1,043 (25)	333	951 (469)	656 (180)
160	1,199 (55)	393	1,104 (506)	878 (286)
161	1,426 (131)	555	1,278 (712)	873 (318)
162	1,465 (227)	689	1,189 (696)	764 (277)
163	1,525 (133)	535	1,342 (607)	996 (258)
174	1,239 (27)	411	1,120 (448)	980 (312)
175	1,047 (67)	400	849 (421)	749 (321)
176	1,920 (142)	763	1,655 (878)	1,205 (428)
177	1,810 (158)	674	1,590 (775)	1,145 (331)
190	1,136 (10)	330	1,068 (410)	858 (200)
191	1,513 (31)	491	1,389 (636)	1,060 (317)
192	1,668 (28)	540	1,534 (720)	1,138 (334)
193	1,665 (46)	552	1,534 (771)	—
Total	—	—	2,412 (1,414)	1,669 (671)
				2,200 (1,232)

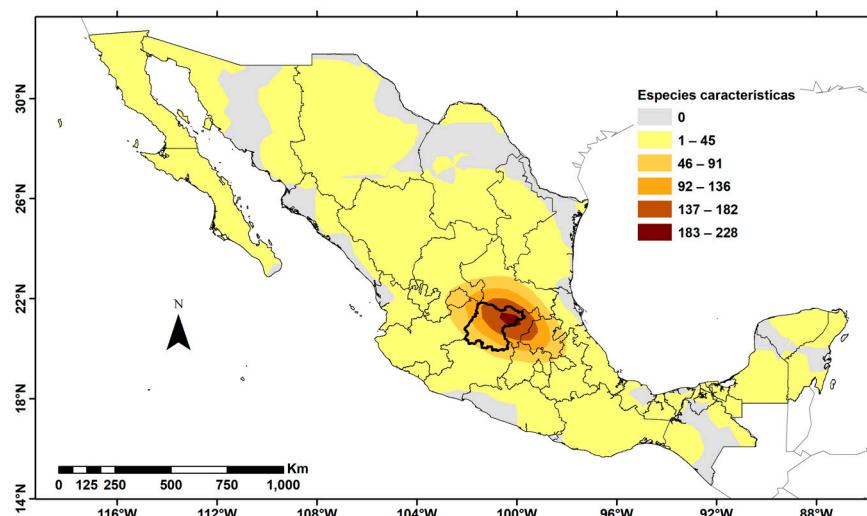


Figura 2. Distribución de las especies características de Guanajuato ($n = 356$) a lo largo del territorio nacional. El mapa fue generado con los datos de distribución de las especies usando una rejilla de 1° de latitud y longitud y suavizados mediante el método de interpolación lineal. La línea de color negro engrosada resalta los límites geográficos de Guanajuato.

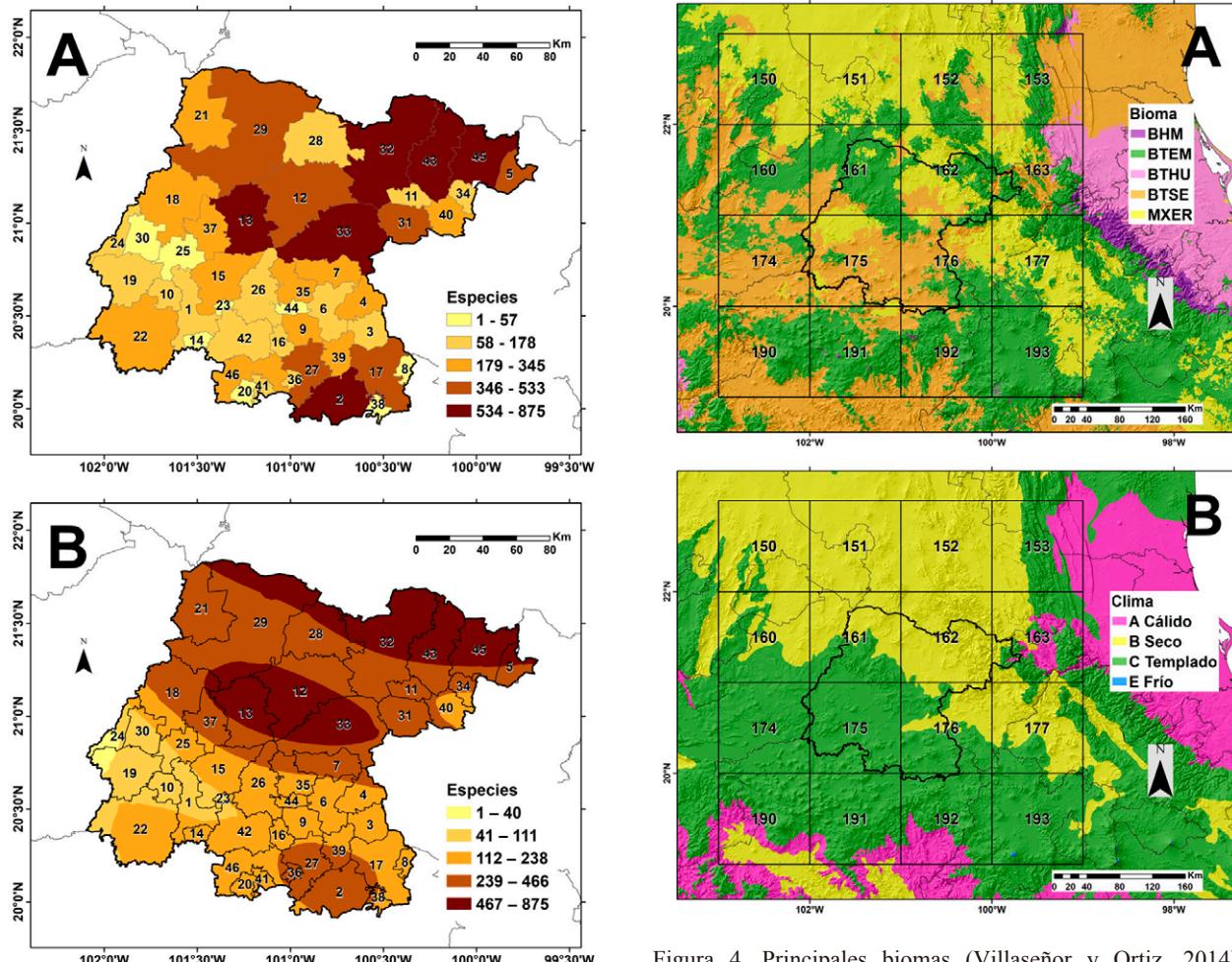


Figura 3. A, Riqueza de especies por municipio en el estado de Guanajuato; B, riqueza potencial estimada mediante un análisis de interpolación de los valores de riqueza reportados en la figura A. La correspondencia entre el identificador numérico de los municipios y su nombre se indica en la tabla 5.

Discusión

Las bases de datos consultadas evidencian la importancia de los herbarios para documentar los patrones de riqueza y endemismo a niveles como los aquí estudiados (estados). El Herbario Nacional de México (MEXU) es sin duda el referente obligado para cualquier región del país que se quiera analizar; sin embargo, dependiendo del estado es notoria la significancia de algunos herbarios regionales involucrados, en mayor medida, en inventarios puntuales en el estado o en la flora estatal misma. En el presente estudio destacan por esta razón los herbarios del Instituto de Ecología, A.C., tanto de su sede en Pátzcuaro, Michoacán

Figura 4. Principales biomas (Villaseñor y Ortiz, 2014) y climas (García, 1987) en Guanajuato. BHM, Bosque húmedo de montaña; BTEM, bosque templado; BTHU, bosque tropical húmedo; BTSE, bosque tropical estacionalmente seco; MXER, matorral xerófilo. La numeración de los cuadros sigue a Cruz-Cárdenas et al. (2013).

(IEB), como la de Xalapa, Veracruz (XAL). Es patente el compromiso de este instituto con el proyecto Flora del Bajío y de regiones adyacentes, del cual Guanajuato ocupa una posición central, participando de igual manera ENCB, ya que inclusive, uno de sus miembros (Dra. Raquel Galván Villanueva), colaboró en el inventario más actualizado de la flora del estado (Zamudio y Galván-Villanueva, 2011). Es interesante también observar cómo algunos herbarios en el extranjero contribuyen de manera importante a este conocimiento; 3 herbarios de los EUA (LL-TEX, US, MO) contienen un número de registros importantes no presentes en herbarios mexicanos, que sin duda ayudan a precisar la riqueza estatal y sus patrones

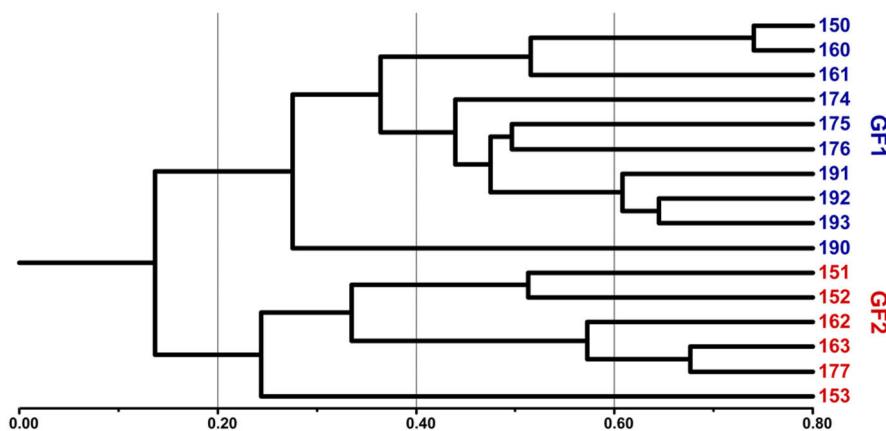


Figura 5. Similitudes florísticas entre los cuadros en que se dividió Guanajuato y regiones vecinas. Coeficiente de similitud utilizado: Sorensen-Dice, método de agrupamiento: WPGMA. GF, Grupo florístico.

de distribución. Guanajuato registra solo un herbario, el cual forma parte del Jardín Botánico “El Charco del Ingenio” (WLM), que documenta la diversidad florística de manera local; desafortunadamente, su acervo no se encuentra digitalizado, razón por la cual la información no fue recuperada ni analizada en este trabajo.

Es interesante enfatizar la participación de los botánicos exploradores en el conocimiento florístico estatal. Con excepción de la notable participación del Dr. Jerzy Rzedowski, quien fue un botánico que destacó como explorador en muchos otros estados del país (por ejemplo, Hidalgo; Villaseñor et al., 2022), cada estado tiene un conjunto particular de botánicos que han contribuido de manera notoria en el acopio de información botánica. Como ejemplos para Guanajuato puede citarse al Dr. Rolando Bárcenas (QMEX), un destacado estudioso de las cactáceas de la región, la Dra. Raquel Galván (ENCB) quien publicó un inventario reciente para el estado o Emma Ventura (IEB), una recolectora muy comprometida con el proyecto de la Flora del Bajío. Es patente la similitud en la proporción de sexos de los recolectores de Guanajuato (19% mujeres y 81% hombres) cuando se compara con los datos a nivel nacional (18% y 82%; Murguía-Romero et al., 2022).

Riqueza de especies, endemismo y especies características. El número de especies aceptadas en este trabajo corresponde a 16.9% más de lo reportado por Carranza-González (2005), 13.8% más de lo considerado por la Conabio (2012), 9.5% más de lo reportado por Zamudio y Galván-Villanueva (2011), pero 4.4% menos de lo considerado por Villaseñor (2016). A las cifras mencionadas en el presente estudio, seguramente se

deberán añadir algunas más, pues si se toman en cuenta las especies registradas en los territorios que no corresponden al estado, pero que están ubicados en los cuadros donde se distribuye su territorio político (cuadros 161, 162, 163, 174, 175, 176 y 192), la cifra se incrementaría a 3,174 especies. En otras palabras, existe la posibilidad de que al menos 221 especies que no se registran fehacientemente de Guanajuato con un ejemplar de respaldo, pero que se ubican en localidades muy cercanas a su territorio político, eventualmente se adicionen a la flora reconocida en esta contribución. Su probable adición elevaría la cifra a más de 3,100 especies, aproximándose a los valores reportados por Villaseñor (2016) y a los estimados por la curva de acumulación de especies. Para una consulta de toda la riqueza florística en el estado (sensu Villaseñor, 2016), se remite a la página en internet Abamap (www.abamap2.abaco2.org), donde se puede consultar la lista de especies (o cualquier otra categoría taxonómica), o descargarla en distintos formatos (Serrano-Estrada et al., 2022).

Muchas de las 1,646 especies registradas como malezas no se conocen claramente como tales en el estado, pero su comportamiento al respecto en otros lugares del país sugiere que, eventualmente, también se reconozcan de esta manera en la entidad, ya sea como arvenses o como ruderales. Es relevante destacar que solo 23 especies características están reportadas como malezas, lo que sugiere que, en su mayoría, son especies igualmente características de los biomas donde se les registra, probablemente con potencial como indicadoras de su salud ambiental. Del total de especies documentadas, 210 son exóticas (introducidas), ya sea naturalizadas o algunas de ellas conocidas probablemente solo como cultivadas,

por ejemplo, *Asparagus aethiopicus* L. (Asparagaceae), *Passiflora edulis* Sims (Passifloraceae) o *Rosa banksiae* W.T. Aiton (Rosaceae).

Es interesante observar que entre la flora estatal existen representantes de todos los grupos importantes en que se clasifican las plantas vasculares (tabla 4). Con excepción de las angiospermas tempranamente divergentes, todos los otros grupos registran al menos 2 especies características en la flora estatal. Destacan por su número las rósidas o las astéridas, un patrón observado a escala nacional (Villaseñor y Meave, 2022). Sin embargo, la presencia de especies de clados tan diversos sugiere que el territorio estatal ha participado en la evolución y diversificación de linajes particulares que ameritan ser estudiados con mayor detalle, por ejemplo, sus 7 especies endémicas o algunos taxones interesantes, como sus cícadas (*Ceratozamia sabatoi* Vovides, Vázq. Torres, Schutzman et Iglesias o *C. zaragozae* Medellín-Leal) o algunos géneros endémicos de México, como *Eutetras* (*E. palmeri* A. Gray o *E. pringlei* Greenm.) o *Gonzalezia* (*G. rosei* (Greenm.) E.E. Schill. et Panero).

Es importante subrayar el buen nivel de conocimiento de la flora estatal. El modelo teórico utilizado predice que falta alrededor de 13% de especies para considerar satisfactorio el inventario. Esta condición del buen conocimiento florístico del estado es, sin duda, un reflejo de la actividad de exploración llevada a cabo como parte del proyecto florístico de la región del Bajío y de regiones adyacentes, y que tiene a Guanajuato como parte de su núcleo central de investigación, junto al occidente de Michoacán y Querétaro. De la misma forma, el haber conjuntado toda la información digital disponible sobre las recolectas en el estado, puede haber contribuido a tan alta estimación.

El estado no destaca por una riqueza inusual de especies y grado de endemismo. Una explicación pausible es que no presenta una orografía tan accidentada como otros estados del país, donde este factor puede promover la diversificación o el endemismo de taxones (Amaral et al., 2022; Sosa y Loera, 2017), lo que tampoco favorece la presencia de todos los biomas relevantes observados en territorio nacional (Villaseñor y Ortiz, 2014). Lo anterior, aunado a la larga historia de deforestación e impacto sobre los recursos naturales (Pérez-Vega et al., 2020), sin duda ha repercutido en la pérdida de información de muchas especies que probablemente medraban en los ambientes naturales del estado. Sin embargo, su posición geográfica, como el extremo meridional del Altiplano Mexicano y sitio de intersección de varias provincias biogeográficas o florísticas, destacan que lo que se sabe de su flora, hasta la fecha, se revela como interesante y relevante desde aspectos biogeográficos o de conservación. Sus especies

características (fig. 2), por ejemplo, constituyen un conjunto de especies con una distribución principalmente centrada en el estado y regiones adyacentes, lo que debería ser motivo para un estudio más detallado de su distribución local y demografía, para ser consideradas en futuras inclusiones de los listados que norman su estado de amenaza y conservación. La información recopilada por municipio, con seguridad, podrá servir igualmente como un punto de partida para la toma de decisiones políticas futuras en materia de conservación de la biodiversidad local o para la evaluación de las áreas naturales protegidas existentes en el estado.

Es posible que la posición geográfica de Guanajuato en el centro del país ayude a entender por qué el reducido número de especies endémicas restringidas a su territorio (7). Los climas predominantes allí son secos o templados, los cuales propician la existencia de bosques templados, matorrales xerófilos o bosques tropicales estacionalmente secos, los cuales están ampliamente distribuidos en regiones fisiográficas contiguas, lo que sin duda favorece una más amplia distribución de las especies. Un caso similar a lo anteriormente expuesto ocurre en Hidalgo, con solo 21 especies endémicas (Villaseñor et al., 2022). Sin embargo, al tomar en cuenta las especies características de Guanajuato (356), todas ellas endémicas de México, el nivel de endemismo regional (Guanajuato y localidades vecinas) se eleva a 13.7%. El reto ahora es evaluar con mayor detalle la distribución de este conjunto de especies en el estado, para determinar el grado de amenaza en que se encuentran, dada la alta tasa de perturbación de los ambientes naturales, la cual ha estado incrementándose cada vez más y que comenzó desde hace más de 5 siglos, cuando iniciaron las actividades mineras en el estado (Pérez-Vega et al., 2020). Entre las especies características, se encuentran algunas con una amplia distribución en México, pero que cuentan con muy pocos registros para documentar su distribución a nivel nacional. Ejemplos de ellas son *Eutetras palmeri* A. Gray (Asteraceae, reportada para 19 estados, pero solamente con registros en 7 cuadros de México), *Lopezia trichota* Schltdl. (Onagraceae), *Nierembergia angustifolia* Kunth (Solanaceae), *Opuntia spinulifera* Salm-Dyck (Cactaceae) o *Salvia hirsuta* Jacq. (Lamiaceae), todas ellas registradas en más de 15 estados, pero documentadas en menos de 20 cuadros. Seguramente, el trabajo de campo futuro documente que varias de esas especies tienen una distribución más amplia que la aquí registrada, pero probablemente su número no afectará substancialmente los resultados obtenidos, pues la mayoría de ellas ligeramente excede en su distribución más allá de otros estados vecinos no tomados en cuenta (por ejemplo, Aguascalientes, Estado de México o Zacatecas).

El grupo florístico 1 caracteriza a la porción del Altiplano (ALT) en ambas clasificaciones biogeográficas (fig. 5); sin embargo, la presencia de numerosas especies adaptadas a los ambientes templados secos o a matorrales xerófilos, más característicos del Altiplano Sur (ALTS) o del Eje Volcánico (EVT), sin duda ubican a esta fitocoria como una zona de transición entre ambas provincias, que amerita futuros estudios biogeográficos para determinar con mayor precisión esta hipótesis. Entre los ejemplos de especies que comparten las 2 provincias biogeográficas (ALTS y EVT) se pueden citar a *Coreopsis crawfordii* Mesfin (Asteraceae), *Grindelia tricuspid* (Sch. Bip.) A. Bartoli et Tortosa (Asteraceae), *Nolina orbicularis* L. Hern. (Asparagaceae), o *Verbesina suberosa* P. Carrillo (Asteraceae). Esta fitocoria registra 35 especies exclusivas y 3 especies endémicas de Guanajuato (tabla 7).

El grupo florístico 2, en contraste, registra una marcada influencia de especies con afinidades climáticas más templadas y húmedas, que relacionan su composición florística con comunidades del ALTS y la Sierra Madre Oriental, la mayoría de ellas compartidas entre ambas provincias. Ejemplos de dichas especies son *Ageratina brandegeana* (B.L. Rob.) R.M. King et H. Rob. (Asteraceae), *Calanticaria bicolor* (S.F. Blake) E.E. Schill. et Panero (Asteraceae), *Cephalocereus polylophus* (DC.) Britton et Rose (Cactaceae), *Cigarrilla mexicana* (Zucc. et Mart. ex DC.) Aiello (Rubiaceae), *Cosmos atrosanguineus* (Hook. f.) Voss (Asteraceae), *Dasylirion longistylum* J. Macbr o *Yucca potosina* Rzed. (Asparagaceae). Probablemente, el área disyunta de la Sierra Madre Oriental, identificada por Rzedowski (1978) (fig. 6A), contiene muchas de estas especies que la distinguen como una fitocoria independiente, ya que contiene un número característico de especies exclusivas (59) y 4 especies endémicas del estado (tabla 7).

Tomando en cuenta las provincias florísticas (Rzedowski, 1978), la mayor parte del estado se ubica en la provincia florística de la Altiplanicie (ALT), con una pequeña isla aislada que correspondería a la Sierra Madre Oriental (SMOR) (fig. 6A). En contraste, considerando las provincias biogeográficas (Conabio, 1997), el territorio del estado se ubica en 2 provincias, la porción norte en la provincia del Altiplano Sur (ALTS) y la porción sur en el Eje Volcánico (EVT) (fig. 6B). Las fitocorías encontradas en el presente trabajo no coinciden plenamente con ninguna de las divisiones florísticas de la figura 6. De acuerdo con la propuesta de Rzedowski (1978), las 2 fitocorías se incluyen dentro de la provincia florística del Altiplano, pero es notoria la segregación de su extremo nororiental como una unidad florística diferenciada, probablemente sugiriendo la pequeña sección que correspondería a la Sierra Madre Oriental, pero en el presente trabajo

Tabla 7

Especies características de Guanajuato y regiones adyacentes que distinguen florísticamente las fitocorías (unidades florísticas) identificadas en el estado (fig. 5). Con asterisco (*) se indican las especies endémicas de Guanajuato.

Grupo florístico 1 (35 especies)

Amaranthaceae
<i>Atriplex linifolia</i>
Apocynaceae
<i>Asclepias nummularioides</i>
<i>Dictyanthus macvauhianus</i>
<i>Matelea pedunculata</i>
Asparagaceae
<i>Echeandia falcata</i>
Asteraceae
<i>Baccharis zamoranensis</i>
<i>Coreopsis mcvaughii</i>
<i>Gonzalezia rosei</i>
<i>Hydropectis stevensii</i>
<i>Steviopsis rapunculoides</i>
<i>Verbesina suberosa</i>
Cactaceae
<i>Mammillaria fittkaui</i>
<i>Opuntia crassa</i>
<i>Stenocactus wippermannii</i>
Cistaceae
<i>Helianthemum pugae</i>
Commelinaceae
<i>Commelina ramosissima</i>
Convolvulaceae
<i>Ipomoea lenis</i>
Crassulaceae
<i>Echeveria calderoniae</i>
<i>Echeveria hialina</i>
<i>Pachyphytum confusum</i> *
Cupressaceae
<i>Juniperus martinezii</i>
Fabaceae
<i>Indigofera uniseminalis</i> *
Grossulariaceae
<i>Ribes dumosii</i>
Hypericaceae

Tabla 7. Continúa

Grupo florístico 1 (35 especies)

Hypericum paniculatum

Lentibulariaceae

Utricularia perversa

Orobanchaceae

Buchnera retrorsa

Poaceae

Muhlenbergia eriophylla

Zea perennis

Polygalaceae

Polygala caeruleascens

Polypodiaceae

Pleopeltis microrammoides

Plantaginaceae

*Penstemon dugesii**

Rosaceae

Rubus macvaughianus

Santalaceae

Phoradendron rhipsalinum

Verbenaceae

Citharexylum racemosum

Violaceae

Viola cochranei.

Grupo florístico 2 (59 especies)

Acanthaceae

Carlowrightia venturiae

Anacardiaceae

Pseudosmodingium virletii

Apocynaceae

Asclepias coulteri

Asparagaceae

Beaucarnea compacta

Beaucarnea glassiana

Yucca potosina

Asteraceae

*Ageratina crassimonticola**

*Ageratum grossedentatum**

Brickellia atarjea

Cosmos atrosanguineus

Chrysactinia luzmariae

Tabla 7. Continúa

Grupo florístico 2 (59 especies)

Dahlia mollis

Dyscritothamnus mirandae

Kyrsteniopsis cymulifera

Piqueria serrata

Senecio alvarezensis

Boraginaceae

Heliotropium queretaroanum

Bromeliaceae

Hechtia pretiosa

Tillandsia albida

Cactaceae

Astrophytum ornatum

Cephalocereus polylophus

Ferocactus glaucescens

Mammillaria compressa

Mammillaria duwei

Mammillaria elongata

Mammillaria geminispina

Mammillaria klissingiana

Mammillaria schiedeana

Stenocactus lamellosus

Strombocactus disciformis

Turbinicarpus alonsoi

Caprifoliaceae

Valeriana otomiana

Convolvulaceae

Ipomoea rzedowskii

Crassulaceae

Echeveria trianthina

Echeveria xichuensis

Pachyphytum viride

Sedum corynephylllum

Sedum humifusum

*Sedum pacense**

Villadia acuta

Ericaceae

Comarostaphylis mucronata

Euphorbiaceae

Cnidoscolus albidus

Tabla 7. Continúa

Grupo florístico 2 (59 especies)

Fabaceae

Bromniartia hirsuta

Mimosa similis

Gentianaceae

Centaurium petrocaule

Iteaceae

Pterostemon mexicanus

Lamiaceae

Poliomintha marifolia

Stachys turneri

Lentibulariaceae

Pinguicula agnata

Malvaceae

Allowissadula racemosa

Ayenia rotundifolia

Cienfuegoscia intermedia

Orobanchaceae

*Castilleja madrigalii**

Papaveraceae

Argemone superba

Phrymaceae

Hemichaena coulteri

Rubiaceae

Bouvardia rosea

Cigarrilla mexicana

Syringantha coulteri

Sapotaceae

Sideroxylon altamiranoi

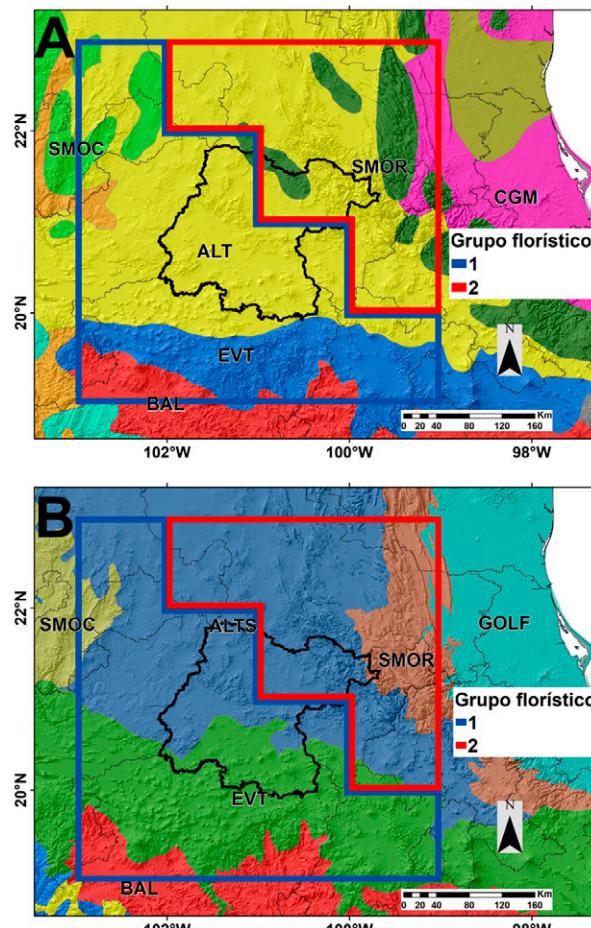


Figura 6. A, Provincias florísticas de Rzedowski (1978): ALT, Altiplanicie; BAL, Depresión del Balsas; CGM, Costa del Golfo de México; EVT, Eje Volcánico Transversal; SMOC, Sierra Madre Occidental; SMOR, Sierra Madre Oriental. B, Provincias biogeográficas de la Conabio (1997): ALTS, Altiplano Sur (Zacatecano-Potosino); BAL, Depresión del Balsas; EVT, Eje Volcánico; GOLF, Golfo de México; SMOC, Sierra Madre Occidental; SMOR, Sierra Madre Oriental. Los grupos florísticos corresponden a los de la figura 5. El polígono con borde de color azul corresponde al grupo florístico 1 y el de borde color rojo al grupo florístico 2. La línea negra indica el contorno de los límites políticos de Guanajuato.

incluyendo una sección del estado mucho más amplia. En contraste, considerando la regionalización propuesta por Conabio (1997), la fitocorona 1 abarca parte del Eje Volcánico Transversal y del Altiplano Sur, en tanto que la fitocorona 2, divide a la porción noreste del estado en una entidad con peculiaridades florísticas distintas a la de su porción occidental, pero ambas formando parte de la provincia del Altiplano Sur. Análisis futuros permitirán corroborar si, efectivamente, esta disyunción observada por Rzedowski (1978) es real o simplemente es un artificio derivado del esfuerzo de recolecta, correspondiendo

igualmente esta fracción del estado a la provincia biogeográfica del Altiplano Sur. Los datos aquí analizados así lo sugieren, ya que la isla de la Sierra Madre Oriental, en el norte del estado, presenta una mayor afinidad hacia la zona de convergencia entre tales provincias florísticas o biogeográficas.

Es interesante subrayar que en el cuadro 162, el cual registró el mayor número de especies características (227), predominan los climas secos, donde es más característico observar matorrales xerófilos (fig. 4). En contraste, el cuadro 176 comparte parte de su territorio entre climas secos y templados, heterogeneidad ambiental que ayuda a entender la mayor concentración de riqueza, pero la cual incluye una pobre representación de especies características (142).

Es indudable que en las últimas décadas, con la digitalización de la información botánica contenida en los especímenes de herbario, se ha facilitado interpretar la riqueza florística con estrategias más cuantitativas. Lo anterior, aunado a un uso más accesible de las computadoras y de softwares especializados (programas de estadística, sistemas de información geográfica, herramientas para almacenamiento y manejo de grandes cantidades de información, entre otros), ha sido posible realizar análisis más cuantitativos de la riqueza florística, que permiten interpretaciones más sólidas y menos intuitivas.

Análisis como el aquí presentado pretenden que los interesados en el conocimiento de la flora estatal o regional de Guanajuato conozcan mejor su diversidad, su distribución taxonómica a la luz de las nuevas propuestas de clasificación y reconozcan mejor las similitudes y diferencias en la composición florística entre las fitocoracias

identificadas. De esta manera, un componente importante de la biodiversidad (riqueza florística) podrá ser mejor entendido e interpretado para su uso en futuras estrategias de conservación. Esto es particularmente relevante en Guanajuato, donde la evidencia muestra que casi la mitad de sus ambientes naturales se han perdido o transformado, especialmente por las actividades antropogénicas. Este análisis constituye parte de una estrategia para documentar la riqueza y distribución de la flora mexicana a una escala nacional; pero dado lo ambicioso del proyecto, se ha pretendido presentar parte de los resultados tomando como sistema de estudio el estado de Guanajuato.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Conabio y al MEXU por hacer accesible la información sobre los especímenes que documentan la flora de México en sus bases de datos digitalizadas y de acceso libre. Se agradece a las autoridades del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, el apoyo con recursos institucionales asignados al autor para correspondencia. Se reconocen los comentarios de dos revisores anónimos y los del Editor Asociado, Guillermo Ibarra Manríquez, los cuales permitieron mejorar el contenido de la presente contribución.

Apéndice. Especies consideradas características del estado de Guanajuato (n = 356), indicando para cada una los biomas donde se les reporta, el grupo florístico al que pertenecen y, entre paréntesis, los cuadros donde se presentan dentro del área seleccionada (fig. 1). Con un asterisco (*) se indican las especies endémicas de Guanajuato. BHM, Bosque húmedo de montaña; BTEM, bosque templado; BTSE, bosque tropical estacionalmente seco; MXE, matorral xerófilo.

Helechos y afines

Dryopteridaceae

Elaphoglossum potosianum C. Chr., BHM, BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 162, 177, 193)

Polypodiaceae

Pleopeltis microgrammoides (Mickel et A.R. Sm.) A.R. Sm. et Tejero, BTEM, MXE, GF1 (161)

Pteridaceae

Argyrochosma palmeri (Baker) Windham, BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 162, 163, 176)

Gaga purpusii (T. Reeves) F.W. Li et Windham, BHM, BTEM, MXE, GF2 (152, 163, 177)

Selaginellaceae

Selaginella arsenei Weath., BHM, BTEM, MXE, GF1, GF2 (176, 177)

Gimnospermas

Cupressaceae

Juniperus martinezii Pérez de la Rosa, BTEM, GF1 (150, 160, 161)

Zamiaceae

Ceratozamia sabatieri Vovides, Vázq. Torres, Schutzman et Iglesias, BHM, BTEM, GF1, GF2 (163, 176, 177)

Ceratozamia zaragozae Medellín-Leal, BTEM, GF2 (162, 163)

Apéndice. Continúa

Angiospermas

Monocotiledóneas

Amaryllidaceae

Zephyranthes concolor (Lindl.) Benth. et Hook. f., BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 153, 160, 161, 162, 176, 177, 193)

Zephyranthes immaculata (Traub et Clint) Nic. García et Meerow, BTSE, MXE, GF1 (176)

Zephyranthes latissimifolia L.B. Spencer, BTSE, MXE, GF1 (161, 174, 175)

Asparagaceae

Agave filifera Salm-Dyck, BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 152, 160, 161, 162, 163, 174, 175, 176, 177, 191, 193)

Beaucarnea compacta L. Hern. et Zamudio, MXE, GF2 (162, 163)

Beaucarnea glassiana (L. Hern. et Zamudio) V. Rojas, BTSE, GF2 (162, 163)

Beaucarnea hookeri (Lem.) Baker, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 176, 177, 192)

Dasyliion longistylum J. Macbr., MXE, GF2 (152, 162)

Dasyliion parryanum Trel., BTEM, GF1, GF2 (150, 151, 152, 162, 176)

Dasyliion treleasei (Bogler) Hochstätter, MXE, GF1, GF2 (152, 162, 163, 176, 177)

Echeandia falcata Cruden, MXE, GF1 (176)

Echeandia sanmiguelensis Cruden, MXE, GF1 (176)

Hemiphylacus alatostylus L. Hern., BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 177)

Manfreda guttata (Jacobi et C.D. Bouché) Rose, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 152, 153, 160, 163, 174, 176, 177, 191)

Nolina orbicularis L. Hern., BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 162, 176)

Polianthes montana Rose, BTEM, BTSE, GF1 (160, 161, 174, 190)

Polianthes multicolor E. Solano et Dávila, BTEM, GF1, GF2 (161, 162, 176)

Yucca pinicola Zamudio, BTEM, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Yucca potosina Rzed., BTEM, MXE, GF2 (152, 153, 162)

Yucca queretaroensis Piña, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 177, 193)

Bromeliaceae

Hechtia pretiosa Espejo et López-Ferrari, MXE, GF2 (162, 163)

Tillandsia albida Mez et Purpus, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Viridantha curvifolia (Ehlers et Rauh) López-Ferrari et Espejo, BTEM, GF1, GF2 (161, 162, 176)

Viridantha lepidosepala (L.B. Sm.) Espejo, BTSE, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 176, 177, 191, 192, 193)

Viridantha tortilis (Klotzsch ex Baker) Espejo, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 152, 153, 160, 161, 162, 163, 175, 176, 177, 191, 193)

Commelinaceae

Commelina congestispatha López-Ferrari, Espejo et Ceja, BTEM, BTSE, GF1, GF2 (160, 163, 175, 176, 192)

Commelina ramosissima López-Ferrari, Espejo et Ceja, BTEM, BTSE, GF1 (175, 176, 190)

Cyperaceae

Cyperus calderoniae S. González, BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 176, 193)

Eleocharis ignota S. González et Reznicek, BTEM, GF1 (160, 176)

Rhynchospora angosturensis W.W. Thomas, MXE, GF2 (162)

Iridaceae

Sisyrinchium guanajuatense Ceja, Espejo et López-Ferrari, BTEM, GF1, GF2 (161, 162)

Melanthiaceae

Apéndice. Continúa

Anticlea neglecta (Espejo, López-Ferrari et Ceja) Zomlefer et Judd, BTEM, GF2 (162)

Schoenocaulon caricifolium (Schltdl.) A. Gray, BTEM, MXE, GF1 (150, 176)

Orchidaceae

Prosthechea mariae (Ames) W.E. Higgins, BHM, MXE, GF1, GF2 (152, 163, 175, 177)

Poaceae

Achnatherum hirticulme (S.L. Hatch, Valdés-Reyna et Morden) Valdés-Reyna et Barkworth, BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Aristida scribnieriana Hitchc., BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 163, 174, 175, 176, 177, 191)

Bouteloua purpurea Gould et Kapadia, BTSE, MXE, GF1 (161, 174, 175, 176, 190, 193)

Chasmanthium curvifolium (Valdés-Reyna, Morden et S.L. Hatch) Wipff et S.D. Jones, BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Echinochloa jaliscana McVaugh, BTEM, BTSE, GF1 (160, 161, 174, 192)

Festuca roblensis M. González-Ledezma, BTEM, GF1 (161)

Muhlenbergia eriophylla Swallen, BTEM, GF1 (150, 160, 174, 175, 192, 193)

Zea perennis (Hitchc.) Reeves et Mangelsd., BTEM, GF1 (174, 175, 191, 192)

Eudicotiledóneas

Acanthaceae

Anisacanthus pumilus (F. Dietr.) Nees, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 175, 176, 192)

Beloperone fragilis B.L. Rob., BHM, GF2 (152, 162, 163, 177)

Carlowrightia venturae T.F. Daniel, MXE, GF2 (162, 163)

Justicia hyssopus Lindau, MXE, GF1, GF2 (176, 177)

Mirandea grisea Rzed., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 153, 161, 162)

Tetramerium carranzae T.F. Daniel, BTSE, GF2 (163)

Amaranthaceae

Atriplex linifolia Humb. et Bonpl. ex Willd., BTSE, GF1 (161, 175, 176, 191, 193)

Atriplex pringlei Standl., MXE, GF2 (162)

Suaeda edulis Flores Olv. et Noguez, BTSE, MXE, GF1 (175, 191, 192, 193)

Anacardiaceae

Pseudosmodingium virletii (Baill.) Engl., MXE, GF2 (162, 163, 177)

Apiaceae

Arracacia macvaughii Mathias et Constance, BTEM, GF1 (176, 190, 192)

Eryngium cervantesii F. Delaroche, BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 177, 192, 193)

Eryngium pringlei Hemsl. et Rose, MXE, GF2 (152, 162)

Prionosciadium linearifolium (S. Watson) J.M. Coulter. et Rose, BTSE, GF1, GF2 (161, 162, 176)

Rhodosciadium montanum (J.M. Coulter. et Rose) Mathias et Constance, BTEM, GF1, GF2 (152, 161, 162, 163, 177, 191)

Rhodosciadium rzedowskii Mathias et Constance, BHM, BTEM, GF2 (163)

Tauschia alpina (J.M. Coulter. et Rose) Mathias, BTEM, GF1 (176, 192, 193)

Tauschia humilis J.M. Coulter. et Rose, BTEM, GF1, GF2 (176, 177)

Apocynaceae

Asclepias coulteri A. Gray, BTEM, MXE, GF2 (152, 153, 162, 163, 177)

Asclepias nummularioides W.D. Stevens, MXE, GF1 (161, 175, 176, 193)

Apéndice. Continúa

- Asclepias schaffneri* A. Gray, BTEM, GF1, GF2 (150, 152, 175)
- Dictyanthus macvaughianus* (W.D. Stevens) W.D. Stevens, BTSE, MXE, GF1 (160, 174, 175, 191)
- Matelea pedunculata* (Decne.) Woodson, BTEM, BTSE, GF1 (175, 176, 191, 192, 193)
- Aristolochiaceae
- Aristolochia versabilifolia* Pfeifer, MXE, GF1, GF2 (150, 161, 162, 174, 175, 176, 177, 193)
- Asteraceae
- Acourtia hidalgoana* B.L. Turner, BHM, BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 176, 177)
- Acourtia oxylepis* (A. Gray) Reveal et R.M. King, BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (152, 161, 162, 176, 177)
- Acourtia queretarana* B.L. Turner, BHM, BTEM, BTHU, MXE, GF2 (162, 163, 177)
- Acourtia venturae* L. Cabrera, BTEM, GF2 (162)
- Achyropappus anthemoides* Kunth, BTEM, GF1, GF2 (162, 176, 177)
- Achyropappus queretarensis* B.L. Turner, MXE, GF1, GF2 (152, 162, 176, 177)
- Ageratina brandegeana* (B.L. Rob.) R.M. King et H. Rob., BTEM, GF2 (152, 162, 177)
- **Ageratina crassimonticola* Rzed., BTEM, GF2 (162)
- Ageratina hidalgensis* (B.L. Rob.) R.M. King et H. Rob., BHM, BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 163, 176, 177)
- Ageratina robinsoniana* (Greene) B.L. Turner, BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 174)
- **Ageratum grossedentatum* Rzed., BTEM, GF2 (163)
- Aldama cornifolia* (Kunth) E.E. Schill. et Panero, BTEM, GF1 (161, 191)
- Baccharis ramiciflora* A. Gray, BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 162, 176, 177)
- Baccharis zamoranensis* Rzed., BTEM, GF1 (176)
- Bahia pringlei* Greenm., BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 177, 193)
- Bidens schaffneri* (A. Gray) Sherff, BHM, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 162, 174, 175, 176, 177)
- Brickellia atarjea* B.L. Turner, BTEM, MXE, GF2 (163, 177)
- Calanticaria bicolor* (S.F. Blake) E.E. Schill. et Panero, MXE, GF2 (163, 177)
- Cirsium zamoranense* Rzed., BTEM, GF1 (176)
- Coreopsis crawfordii* Mesfin, MXE, GF1 (176)
- Coreopsis guanajuatensis* B.L. Turner, BTEM, GF1, GF2 (162, 175, 176)
- Coreopsis mcvaughii* D.J. Crawford, BTEM, MXE, GF1 (150, 160, 161)
- Coreopsis pringlei* B.L. Rob., MXE, GF1, GF2 (175, 176, 177)
- Cosmos atrosanguineus* (Hook. f.) Voss, BTEM, MXE, GF2 (162, 163, 177)
- Chrysactinia luzmariae* Rzed. et Calderón, BTEM, MXE, GF2 (162, 163)
- Dahlia brevis* P.D. Sorensen, BTEM, GF1 (176, 193)
- Dahlia cuspidata* Saar, P.D. Sorensen et Hjert., BTEM, GF1, GF2 (162, 163, 176, 177)
- Dahlia linearis* Sherff, MXE, GF1, GF2 (162, 176)
- Dahlia mollis* P.D. Sorensen, BTEM, GF2 (163, 177)
- Dahlia moorei* Sherff, BHM, BTEM, GF1, GF2 (163, 176, 177)
- Dahlia neglecta* Saar, BHM, BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 176, 177, 191, 193)
- Dahlia scapigeroides* Sherff, BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 176, 177)
- Dahlia spectabilis* Saar et P.D. Sorensen, MXE, GF2 (162)
- Dendroviguiera pringlei* (Fernald) E.E. Schill. et Panero, MXE, GF1, GF2 (152, 176, 177, 193)

Apéndice. Continúa

- Dyscritothamnus filifolius* B.L. Rob., MXE, GF2 (162, 163, 177)
Dyscritothamnus mirandae Paray , MXE, GF2 (162, 163, 177)
Eupatoriastrum pubiflorum Rzed., BHM, BTEM, BTHU, BTSE, MXE, GF2 (163, 177)
Eutetras palmeri A. Gray, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162)
Eutetras pringlei Greenm., BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 176, 177, 193)
Flaveria pubescens Rydb., BTEM, MXE, GF2 (152, 162, 163, 177)
Geissolepis suaedifolia B.L. Rob., MXE, GF2 (152, 153, 162, 163)
Gonzalezia rosei (Greenm.) E.E. Schill. et Panero, BTEM, GF1 (150, 160, 161)
Grindelia tricuspidata (Sch. Bip.) A. Bartoli et Tortosa, BTEM, GF1, GF2 (151, 160, 161, 174, 175, 190, 191, 193)
Heliopsis longipes (A. Gray) S.F. Blake, BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162, 163, 177)
Heterotheca leptoglossa DC., BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162, 175, 176, 192)
Hybridella globosa Cass., BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162, 176, 177, 193)
Hydropectis stevensii McVaugh, BTEM, MXE, GF1 (150, 160, 161)
Isocoma hartwegii (A. Gray) Greene, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162)
Kyrsteniopsis cymulifera (B.L. Rob.) R.M. King et H. Rob., MXE, GF2 (152, 163)
Medranoa johnstonii (G.L. Nesom) G.L. Nesom, BTEM, GF1, GF2 (152, 161, 162, 177)
Parthenium rollinsianum Rzed., BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)
Pinaropappus multicaulis Brandegee, MXE, GF2 (153, 162)
Piqueria serrata A. Gray, BTEM, GF2 (152, 153, 162)
Pluchea mexicana (Godfrey) G.L. Nesom, MXE, GF2 (152, 162)
Psacalium platylepis (B.L. Rob. et Seaton) H. Rob. et Brettell, BTEM, BTSE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 174, 175, 176, 177, 190, 192)
Psacalium tussilaginoides (Kunth) H. Rob. et Brettell, BHM, BTEM, GF1, GF2 (162, 175, 193)
Senecio alvarezensis Greenm., BHM, BTEM, MXE, GF2 (152, 162)
Stephanodoria tomentella (B.L. Rob.) Greene, MXE, GF2 (152, 153, 162)
Steviopsis rapunculoides (DC.) R.M. King et H. Rob., BTSE, MXE, GF1 (174, 175, 176, 191)
Tagetes moorei H. Rob., BTEM, MXE, GF1, GF2 (163, 176, 177)
Tridax petrophila B.L. Rob. et Greenm., MXE, GF1 (159, 160, 161, 173)
Tridax rosea Sch. Bip. ex B.L. Rob. et Greenm., BTEM, MXE, GF1, GF2 (153, 162, 176, 177, 193)
Verbesina mollis Kunth, BHM, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162, 163, 174, 175, 176, 177)
Verbesina steinmannii P. Carrillo, BHM, BTEM, GF1, GF2 (163, 176)
Verbesina suberosa P. Carrillo, BTEM, GF1 (161)
Xanthocephalum centauroides Willd., BTEM, GF1, GF2 (175, 176, 177, 191, 192, 193)
Zinnia guanajuatensis (Calderón et Rzed.) B.L. Turner, BTEM, GF1, GF2 (162, 176)
Berberidaceae
Berberis alpina Zamudio, BTEM, MXE, GF1, GF2 (163, 176, 177, 192, 193)
Boraginaceae
Heliotropium queretaroanum I.M. Johnst., BTEM, GF2 (153, 162, 163)
Nama sericea Willd. ex Roem. et Schult., BHM, MXE, GF2 (152, 163, 177)
Brassicaceae
Chaunanthus petiolatus (Hemsl.) O.E. Schulz, BTSE, GF1, GF2 (162, 176, 177, 193)

Apéndice. Continúa

Exhalimolobos berlandieri (E. Fourn.) Al-Shehbaz et C.D. Bailey, BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 160, 175, 176, 177, 190, 191, 192, 193)

Halimolobos multiracemosus (S. Watson) Rollins, BTEM, BTSE, GF1, GF2 (163, 175)

Mancoa mexicana Gilg et Muschl., MXE, GF1, GF2 (152, 161)

Mostacillastrum gracielae M. Martínez et L. Hernández, BTSE, GF1 (176)

Physaria schaffneri (S. Watson) O'Kane et al-Shehbaz, MXE, GF1, GF2 (152, 161, 162, 163, 177)

Planodes mexicanum (S. Watson) Al-Shehbaz, BTEM, MXE, GF1 (161)

Cactaceae

Astrophytum ornatum (DC.) F.A.C. Weber ex Britton et Rose, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Cephalocereus polylophus (DC.) Britton et Rose, BTEM, MXE, GF2 (163, 177)

Cephalocereus senilis (Haw.) Pfeiff., BHM, BTEM, MXE, GF2 (163, 177)

Coryphantha clavata (Scheidw.) Backeb., BTSE, MXE, GF1, GF2 (151, 160, 161, 162, 163, 174, 175, 177)

Coryphantha erecta (Lem.) Lem., BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 176, 177)

Coryphantha glassii Dicht. et A. Luthy, MXE, GF2 (162, 163)

Coryphantha jalpanensis Buchenau, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Coryphantha maiz-tablasensis Backeb., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 153, 161, 162)

Coryphantha octacantha (DC.) Britton et Rose, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 161, 162, 163, 177)

Coryphantha ottonis (Pfeiff.) Lem., MXE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 175, 176, 177, 193)

Coryphantha vogherriana Werderm. et Boed., BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Cumarinia odorata (Boed.) Buxb., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Echinocactus grusonii Hildm., BTEM, MXE, GF2 (163, 177)

Ferocactus glaucescens (DC.) Britton et Rose, BTEM, MXE, GF2 (152, 153, 163, 177)

Ferocactus macrodiscus (Mart.) Britton et Rose, MXE, GF1, GF2 (162, 176)

Glandulicactus crassihamatus (F.A.C. Weber) Backeb., MXE, GF1, GF2 (162, 176)

Mammillaria albiflora (Werderm.) Backeb., MXE, GF1, GF2 (162, 176)

Mammillaria aureilanata Backeb., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Mammillaria bocasana Poselg., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Mammillaria compressa DC., BTEM, MXE, GF2 (152, 153, 162, 163, 177)

Mammillaria crinita DC., BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162, 163, 174, 175, 176, 177, 192)

Mammillaria decipiens Scheidw., MXE, GF1, GF2 (151, 161, 162)

Mammillaria densispina (J.M. Coul.) Vaupel, BTEM, MXE, GF1, GF2 (53, 161, 162, 175, 176)

Mammillaria duwei Rogoz. et P.J. Braun, MXE, GF2 (162)

Mammillaria elongata DC., BTEM, MXE, GF2 (163, 177)

Mammillaria erythrosperma Boed., BTEM, MXE, GF2 (152, 153, 162)

Mammillaria fittkaui Glass et R.A. Foster, BTSE, MXE, GF1 (175, 176)

Mammillaria geminispina Haw., BTEM, MXE, GF2 (152, 153, 162, 163, 177)

Mammillaria gigantea Hildm. ex K. Schum., MXE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 176)

Mammillaria hahniana Werderm., BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 177)

Mammillaria herrerae Werderm., MXE, GF1, GF2 (162, 176, 177)

Mammillaria klissingiana Boed., MXE, GF2 (152, 162)

Mammillaria lloydii (Britton et Rose) Orcutt, MXE, GF2 (151, 162)

Apéndice. Continúa

- Mammillaria mathildae* Kraehenb. et Krainz, MXE, GF1 (176, 191)
Mammillaria microhelia Werdermann, MXE, GF1, GF2 (162, 176, 177)
Mammillaria muehlenpfordtii C.F. Först., MXE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 176, 177)
Mammillaria multihamata Boed., MXE, GF2 (163)
Mammillaria nana Backeb., MXE, GF1, GF2 (162, 176)
Mammillaria orcuttii Boed., BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 153, 162, 163, 176)
Mammillaria parkinsonii Ehrenb., MXE, GF2 (163, 177)
Mammillaria perbella Hildm., MXE, GF1, GF2 (153, 162, 176, 177)
Mammillaria perezdelarosae Bravo et Scheinvar, BTEM, BTSE, MXE, GF1 (150, 160, 161)
Mammillaria petterssonii Hildm., BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 162)
Mammillaria polythele Mart. BTSE, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 175, 176, 177)
Mammillaria rettigiana Boed., MXE, GF1, GF2 (160, 161, 175, 176, 177, 192)
Mammillaria schiedeana C. Ehrenb., BTEM, MXE, GF2 (152, 162, 163, 177)
Mammillaria schwarzii Shurly, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 175)
Mammillaria sempervivi DC., MXE, GF1, GF2 (151, 163, 176, 177)
Mammillaria sinistrohamata Boed., BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 162, 163)
Mammillaria vetula Mart., MXE, GF2 (163, 177)
Mammillaria zeilmanniana Boed., MXE, GF1, GF2 (162, 176)
Neolloydia matehualensis Backeb., BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 153, 161, 162)
Opuntia amarilla Griffiths, MXE, GF1, GF2 (163, 175, 176, 177)
Opuntia cochinera Griffiths, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162, 174, 176, 177)
Opuntia crassa Haworth, BTSE, MXE, GF1 (175, 193)
Opuntia elizondoana E. Sánchez et Villaseñor, BTSE, MXE, GF1, GF2 (162, 176)
Opuntia joconostle F.A.C. Weber, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162, 174, 175, 176, 177, 193)
Opuntia scheeri F.A.C. Weber, MXE GF1, GF2 (160, 161, 162, 176, 177)
Opuntia spinulifera Salm-Dyck, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162, 175, 176, 177, 193)
Opuntia zamudioi Scheinvar, MXE, GF1, GF2 (161, 163)
Pelecyphora aselliformis Ehrenb., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)
Stenocactus coptonogonus (Lem.) Berger ex Backeb. et Knuth, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)
Stenocactus dichroacanthus (C. Mart. ex Pfeiff.) Berger ex Backeb. et Knuth, BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 176, 177, 192)
Stenocactus lamellosus (A. Dietr.) Berger ex Backeb. et Knuth, BHM, MXE, GF2 (162, 163, 177)
Stenocactus obvallatus (DC.) Berger ex Backeb. et Knuth, BTEM, MXE, GF1, GF2 (160, 161, 162, 177, 193)
Stenocactus ochoterenianus Tiegel, BTEM, BTSE, MXE, GF1 (150, 160, 161, 176)
Stenocactus pentacanthus (Lem.) Berger ex Backeb. et Knuth, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 176, 177)
Stenocactus phyllacanthus (C. Mart. ex A. Dietr. et Otto) Berger ex Backeb. et Knuth, MXE, GF1, GF2 (150, 162, 176, 177)
Stenocactus wippermannii (Muehlenpf.) Berger ex Backeb. et Knuth, MXE, GF1 (161)
Strombocactus disciformis (DC.) Britton et Rose, MXE, GF2 (162, 163, 177)
Thelocactus leucacanthus (Zucc.) Britton et Rose, MXE, GF1, GF2 (163, 177, 193)
Thelocactus tulensis (Poselg.) Britton et Rose, BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 153, 161, 162)
Turbinicarpus alonsoi Glass et S. Arias, MXE, GF2 (162)

Apéndice. Continúa

- Turbinicarpus gielsdorffianus* (Werderm.) Vác. John et Riha, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)
- Turbinicarpus laui* Glass et R.C. Foster, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)
- Turbinicarpus lophophoroides* (Werderm.) F. Buxb. et Backeb., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)
- Turbinicarpus schmiedickeanus* (Boed.) Buxb. et Backeb., BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)
- Caprifoliaceae
- Valeriana otomiana* Barrie, BHM, BTEM, GF2 (162, 163)
- Valeriana zamoranensis* Rzed. et Calderón, BTEM, GF1 (176)
- Caryophyllaceae
- Arenaria mexicana* Bartl., MXE, GF1, GF2 (176, 177)
- Cerdia virescens* Moc. et Sessé ex DC., BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 160, 161, 162, 177, 192, 193)
- Drymaria xerophylla* A. Gray, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 161, 162, 176, 191)
- Scopolophila parryi* (Hemsl.) I.M. Johnst., BTEM, GF1, GF2 (152, 162, 177, 192)
- Celastraceae
- Rzedowskia tolantongensis* Medrano, MXE, GF2 (162, 177)
- Cistaceae
- Crocanthemum argenteum* (Hemsl.) Janch., BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 161, 162, 176, 177)
- Helianthemum pugae* Calderón, BTEM, MXE, GF1 (161, 176)
- Convolvulaceae
- Ipomoea ciervensis* Painter, MXE, GF1, GF2 (161, 163, 175, 176, 177)
- Ipomoea lenis* House, BTEM, MXE, GF1 (150, 160, 161)
- Ipomoea lozanii* Painter, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 176, 177)
- Ipomoea rzedowskii* E. Carranza, Zamudio et G. Murguía, MXE, GF2 (162, 163, 177)
- Crassulaceae
- Echeveria agavoides* Lem., BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (160, 161, 177, 191, 192)
- Echeveria bifida* (Hemsl.) Schltdl., BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 176, 177)
- Echeveria calderoniae* Pérez-Calix, BTEM, GF1 (161, 175)
- Echeveria hyalina* E. Walther, BTEM, GF1 (161, 176)
- Echeveria trianthina* Rose, BTSE, MXE, GF2 (162, 177)
- Echeveria xichuensis* López-Chávez et J. Reyes, BTSE, GF2 (162)
- Graptopetalum pachyphyllum* Rose, MXE, GF1, GF2 (162, 175)
- Pachyphytum brevifolium* Rose, BTEM, GF1 (161)
- Pachyphytum compactum* Rose, MXE, GF1, GF2 (162, 176, 177)
- **Pachyphytum confusum* Pérez-Calix, Guadian-Marin et I. García, BTEM, BTSE, GF1 (175)
- Pachyphytum fittkaui* Moran, MXE, GF1, GF2 (160, 162)
- Pachyphytum hookeri* (Salm-Dyck) Berger, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 161, 163, 177)
- Pachyphytum kimmachii* Moran, BTEM, GF2 (162)
- Pachyphytum viride* E. Walther, MXE, GF2 (162, 163, 177)
- Sedum clausenii* Pérez-Calix, BTEM, GF1, GF2 (162, 176)
- Sedum corynephylleum* (Rose) Frod., MXE, GF2 (162, 163, 177)
- Sedum glassii* Pérez-Calix, BTEM, GF2 (162)

Apéndice. Continúa

Sedum humifusum Rose, MXE, GF2 (162, 177)

Sedum mocinianum Pérez-Calix, BTEM, BTSE, GF1 (176)

**Sedum pacense* J. Meyrán, MXE, GF2 (162)

Villadia acuta Moran et C.H. Uhl, BTEM, GF2 (162, 163)

Villadia patula Moran et C.H. Uhl, BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 162, 176)

Cucurbitaceae

Sicyos dieterleae Rodr.-Arévalo et Lira, BTSE, MXE, GF1 (175, 191)

Ericaceae

Comarostaphylis mucronata Klotzsch, BTEM, GF2 (163, 177)

Euphorbiaceae

Cnidoscolus albidus Lundell, BHM, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Croton atrostellatus V.W. Steinm., BTSE, GF1 (175)

Croton ehrenbergii Schleidl., BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 175, 177, 193)

Euphorbia feddeiae McVaugh, BTEM, GF1, GF2 (150, 160, 161, 162, 174, 175, 190)

Euphorbia maysillesii McVaugh, BTEM, GF1, GF2 (161, 162, 174, 175)

Euphorbia spellenbergiana Mayfield et V.W. Steinm., BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 162, 176, 191)

Fabaceae

Astragalus guanajuatensis Rzed. et Calderón, BTEM, GF2 (162)

Brongniartia argentea Rydb., BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 177)

Brongniartia hirsuta Rydb., MXE, GF2 (162, 163, 177)

Brongniartia parryi Hemsl., BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 162, 163, 176, 177)

Dalea emmae Rzed. et Calderón, BTEM, MXE, GF2

Dalea rupertiana Rzed. et Calderón, MXE, GF2 (162)

**Indigofera uniseminalis* Rzed. et R. Grether, BTEM, GF1 (161)

Mimosa minutifolia B.L. Rob. et Greenm., BTEM, BTSE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 162)

Mimosa setulifera Villarreal, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Mimosa similis Britton et Rose, MXE, GF2 (152, 162, 163, 177)

Pomaria glandulosa Cav., BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 176)

Senegalia painteri Britton et Rose, MXE, GF1, GF2 (176, 177)

Senegalia reniformis (Benth.) Britton et Rose, MXE, GF1, GF2 (163, 176, 177)

Stylosanthes mexicana Taub., BTEM, MXE, GF1, GF2 (160, 161, 162, 175, 176)

Fagaceae

Quercus tinkhamii C.H. Müll., BTEM, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 153, 161, 162)

Gentianaceae

Centaurium petrocaule C.R. Broome, BHM, BTEM, GF2 (162, 163)

Geniostemon coulteri Engelm. et A. Gray, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 176, 177)

Gyrandra pterocaulis (C.R. Broome) G. Mans., BHM, BTEM, GF2 (163, 177)

Geraniaceae

Geranium bellum Rose, BTEM, GF1, GF2 (161, 162, 176, 193)

Grossulariaceae

Apéndice. Continúa

Ribes dugesii Greenm., BTEM, GF1 (161)

Hypericaceae

Hypericum galinum S.F. Blake, BTEM, GF1, GF2 (152, 161, 162, 175, 176)

Hypericum paniculatum Lam., BHM, BTEM, GF1 (176, 190, 191)

Iteaceae

Pterostemon mexicanus S. Schauer, BTEM, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Lamiaceae

Agastache palmeri (B.L. Rob.) Standl., BHM, BTEM, GF1, GF2 (152, 161, 162, 163)

Poliomintha marifolia (Schauer) A. Gray, BTEM, MXE, GF2 (152, 162, 163, 177)

Salvia calderoniae Bedolla et Zamudio, BHM, BTEM, GF2 (163)

Salvia connivens Epling, BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 162, 163, 175, 177)

Salvia hirsuta Jacq., BHM, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 162, 174, 175, 176, 177, 192, 193)

Salvia zamoranensis Zamudio et Bedolla, BTEM, GF2 (163)

Stachys albotomentosa Ramamoorthy, BHM, BTEM, GF1, GF2 (153, 163, 175)

Stachys turneri Rzed. et Calderón, BTEM, GF2 (162)

Trichostema mexicanum Epling, MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Lauraceae

Cinnamomum salicifolium (Nees) Kosterm., BHM, BTEM, GF2 (162, 163, 177)

Persea purpusii L.E. Kopp, BHM, BTEM, GF2 (152, 162, 163, 177)

Lentibulariaceae

Pinguicula agnata Casper, BTEM, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Utricularia perversa P. Taylor, BTEM, GF1 (161, 175, 176)

Loganiaceae

Spigelia longiflora M. Martens et Galeotti, BHM, BTEM, GF1, GF2 (161, 162, 163, 177)

Malvaceae

Allowissadula chiangii M.C. Johnst., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Allowissadula racemosa (Schltdl.) Fryxell, MXE, GF2 (162, 177)

Anoda albiflora Fryxell, BTSE, GF1, GF2 (162, 174, 191)

Anoda henricksonii M.C. Johnst., BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 175, 176, 177)

Ayenia grisea Machuca-Machuca, BTSE, MXE, GF2 (152, 162, 163, 177)

Ayenia rotundifolia Hemsl., MXE, GF2 (162, 163, 177)

Cienfuegosia intermedia Fryxell, BTEM, MXE, GF2 (162)

Montiaceae

Phemeranthus napiformis (DC.) G. Ocampo, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 162, 176, 177, 192, 193)

Nyctaginaceae

Acleisanthes nana I.M. Johnst., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Oleaceae

Fraxinus rufescens Lingelsh., BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 176, 177)

Menodora potosiensis Henr. ex B.L. Turner, MXE, GF2 (162)

Onagraceae

Apéndice. Continúa

Lopezia trichota Schltdl., BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 160, 161, 176, 177, 190, 193)

Orobanchaceae

Buchnera retrorsa Philcox, BTSE, MXE, GF1 (175, 176, 191)

**Castilleja madrigalii* C. Medina et E. Carranza, BTSE, GF2 (163)

Castilleja nitricola Eastw., MXE, GF2 (162)

Papaveraceae

Argemone superba G.B. Ownbey, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Phrymaceae

Hemichaena coulteri (A. Gray) Thieret, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Plantaginaceae

Penstemon coriaceus W. Schaffn. ex A. Gray, BTEM, GF1, GF2 (150, 151, 160, 161, 162)

**Penstemon dugesii* Pérez-Calix et Zacarías, BTEM, GF1 (161)

Penstemon potosinus Straw, MXE, GF1, GF2 (152, 162, 176)

Penstemon schaffneri (Hemsl.) Straw, BTEM, MXE, GF1 (150, 160, 161)

Polygalaceae

Polygala caeruleascens S.F. Blake, BTEM, BTSE, MXE, GF1 (161, 175, 176)

Portulacaceae

Portulaca guanajuatensis G. Ocampo, MXE, GF1, GF2 (162, 176)

Portulaca juliomartinezii G. Ocampo, BTSE, MXE, GF1, GF2 (176, 177)

Rosaceae

Potentilla butandae Rzed. et Calderón, BTEM, GF1, GF2 (162, 176)

Rubus macvaughianus Rzed. et Calderón, BTEM, GF1 (176)

Rubiaceae

Bouvardia rosea Schltdl., BTEM, GF2 (162, 163, 177)

Bouvardia scabrida M. Martens et Galeotti, BTEM, MXE, GF1, GF2 (150, 152, 153, 160, 161, 162, 163, 177)

Cigarrilla mexicana (Zucc. et Mart. ex DC.) Aiello, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Machaonia coulteri (Hook. f.) Standl., BHM, BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 177)

Randia hidalgensis Lorence, BTEM, BTSE, MXE, GF2 (163, 177)

Richardia gandarae Rzed., BTEM, MXE, GF1, GF2 (161, 162)

Syringantha coulteri (Hook. f.) T. McDowell, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Salicaceae

Salix aeruginosa E. Carranza, BHM, BTEM, GF1 (176, 191, 192)

Santalaceae

Phoradendron rhipsalinum Rzed., BTSE, MXE, GF1 (174, 176, 192)

Sapotaceae

Sideroxylon altamiranoi (Rose et Standl.) T.D. Penn., BTEM, MXE, GF2 (162, 163, 177)

Solanaceae

Bouchetia arniatera B.L. Rob., BTEM, BTSE, GF1, GF2 (152, 160, 161, 175, 191)

Lycium schaffneri Hemsl., MXE, GF1, GF2 (151, 152, 161, 162)

Nierembergia angustifolia Kunth, BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 160, 161, 162, 191, 193)

Apéndice. Continúa

- Physalis hastatula* Waterf., BTSE, MXE, GF1 (150, 160, 161)
- Solanum ehrenbergii* (Bitter) Rydb., BTEM, BTSE, MXE, GF1, GF2 (150, 151, 152, 160, 161, 162, 163, 175, 176, 177, 191, 193)
- Solanum michoacanum* (Bitter) Rydb., BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 191)
- Solanum sambucinum* Rydb., BTSE, GF1, GF2 (161, 162, 163, 175, 176, 177)
- Verbenaceae
- Citharexylum lycioides* D. Don, BHM, BTEM, MXE, GF1, GF2 (162, 163, 175, 176, 177)
- Citharexylum racemosum* Sessé et Moc., BTSE, MXE, GF1 (176, 177)
- Citharexylum rosei* Greenm., BTEM, MXE, GF1, GF2 (152, 160, 162, 163, 175, 176, 177)
- Priva ibugana* Rzed. et Calderón, MXE, GF1, GF2 (150, 162, 176)
- Violaceae
- Viola cochranei* Ballard, BTEM, GF1 (161)

Referencias

- Aguilera-Gómez, L. I. (1991). *Estudio florístico y sinecológico de la vegetación en el cráter “Hoya Rincón de Parangueo”, Valle de Santiago, Guanajuato (Tesis de maestría)*. Colegio de Postgrados. Montecillo, Estado de México.
- Amaral, D. T., Bonatelli, I. A., Romeiro-Brito, M., Moraes, E. M. y Franco, F. F. (2022). Spatial patterns of evolutionary diversity in Cactaceae show low ecological representation within protected areas. *Biological Conservation*, 273, 109677. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109677>
- Calderón-de Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (1991). Presentación. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario I*. Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. <https://doi.org/10.21829/fb.143.1991.I>
- Calderón-de Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2004). Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario XX*. Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. <https://doi.org/10.21829/fb.162.2004.XX>
- Carranza-González, E. (2005). Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo Complementario XXI*. Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. <https://doi.org/10.21829/fb.163.2005.XXI>
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. User's guide and application. Recuperado el 28 febrero, 2023 de: <https://spaces-cdn.owlstown.com/blobs/f7fc31w8r1p8ruymhvfp4mcdb9w>
- Colwell, R. K. y Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 345, 101–118. <https://doi.org/10.1098/rstb.1994.0091>
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (1997). Provincias biogeográficas de México. Escala 1: 4 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2012). *La biodiversidad en Guanajuato: estudio de estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/ Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). México. México D.F.
- Cressie, N. (1990). The origins of kriging. *Mathematical Geology*, 22, 239–252. <https://doi.org/10.1007/BF00889887>
- Cruz-Cárdenas, G., Villaseñor, J. L., López-Mata, L. y Ortiz E. (2013). Distribución espacial de la riqueza de especies de plantas vasculares en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 1189–1199. <https://doi.org/10.7550/rmb.31811>
- Dumitru, P. D., Plooreanu, M. y Badea, D. (2013). Comparative study regarding the methods of interpolation. *Recent Advances in Geodesy and Geomatics Engineering*, 1, 45–52.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). (2019). ArcGIS Desktop: release 10.5. Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, USA.
- García, E. (1987). *Modificaciones al Sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. México D.F.: Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gotelli, N. J. y Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecological Letters*, 4, 379–391. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x>
- Gutiérrez, J. y Solano, E. (2014). Afinidades florísticas y fitogeográficas de la vegetación del municipio de San José Iturbide, Guanajuato, México. *Acta Botanica Mexicana*, 107, 27–65. <https://doi.org/10.21829/abm107.2014.203>

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2017a). Conjunto de datos vectoriales de la carta de Uso de suelo y vegetación. Escala 1:250 000. Serie VI. México D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). (2017b). *Anuario estadístico y geográfico de Guanajuato 2017*. México D.F.: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2023). *Actividades económicas del estado de Guanajuato*. Recuperado el 13 de febrero, 2023 de: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Gto/Economia/default.aspx?tema=MEete=11#sp>
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151–161.
- Martínez-Cruz, J. y Téllez-Valdés, O. (2004). Listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 74, 31–49. <https://doi.org/10.17129/botsci.1685>
- Martínez-Cruz, J., Téllez-Valdés, O. e Ibarra-Manríquez, G. (2009). Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 145–156. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2009.001.592>
- Meagher, W. L. (1994). Lista de la flora espontánea del Jardín Botánico “El Charco del Ingenio”, San Miguel de Allende, Guanajuato (México). *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo Complementario V*. Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. <https://doi.org/10.21829/fb.147.1994.V>
- Morrone, J. J. y Escalante, T. (2002). Parsimony analysis of endemicity (PAE) of Mexican terrestrial mammals at different area units: when size matters. *Journal of Biogeography*, 29, 1095–1104. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00753.x>
- Munguía-Lino, G., Escalante, T., Morrone, J. J. y Rodríguez, A. (2016). Areas of endemism of the North American species of Tigridiaeae (Iridaceae). *Australian Systematic Botany*, 29, 142–156. <https://doi.org/10.1071/SB16002>
- Murguía-Romero, M., Ortiz, E., Serrano-Estrada, B. y Villaseñor, J. L. (2022). Main collectors of Mexico’s vascular plants: a catalogue built from online database. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93, 1–25. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.4044>
- Murguía-Romero, M. y Villaseñor, J. L. (2003). Estimating the effect of the similarity coefficient and the cluster algorithm on biogeographic classifications. *Annales Botanici Fennici*, 40, 415–421.
- Pérez-Vega, A., Regil-García, H. H. y Mas, J. F. (2020). Degradación ambiental por procesos de cambios de uso y cubierta del suelo desde una perspectiva espacial en el estado de Guanajuato, México. *Investigaciones Geográficas*, 103, e60150. <https://doi.org/10.14350/rig.60150>
- Quero, H. J. (1984). La vegetación de las serranías de la cuenca alta del río de la Laja, Guanajuato. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 47, 73–99.
- Ramos-Ventura, L. y Novelo-Retana, A. (1993). Vegetación y floras acuáticas de la laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botanica Mexicana*, 25, 61–79. <https://doi.org/10.21829/abm25.1993.683>
- Rohlf, R. (2007). *NTSYS pc version 2.21. Numerical taxonomy analysis system for windows*. New York: Exeter Softwares.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México D.F.: Limusa.
- Rzedowski, J., y Calderón-de Rzedowski, G. (2009). Lista preliminar de árboles silvestres del estado de Guanajuato. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario XXIV*. Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. <https://doi.org/10.21829/fb.166.2009.XXIV>
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y Conafor (Comisión Nacional Forestal). (2015). *Inventario estatal forestal y de suelos-Guanajuato 2014*. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Comisión Nacional Forestal.
- Serrano-Estrada, B., Ortiz, E., Murguía-Romero, M. y Villaseñor, J. L. (2022). Abamap: un tour electrónico para conocer la distribución de las especies de la flora de México. *Macpalxóchitl*, 1, 59–64.
- Soberón, J. (2022). Biodiversity informatics for public policy. The case of CONABIO in Mexico. *Biodiversity Informatics*, 17, 96–107.
- Soberón, M. J. y Llorente B. J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7, 480–488. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1993.07030480.x>
- Sosa, V., Alvarado-Cárdenas, L. O., de Stefano, R. D., González-Gallegos, J. G., Hernández-Sandoval, L., Jiménez-Rosenberg, R. et al. (2023). The online Flora of Mexico: eFloraMEX. *Botanical Sciences*, 101, 324–340. <https://doi.org/10.17129/botsci.3123>
- Sosa, V. y Loera, I. (2017). Influence of current climate, historical climate stability and topography on species richness and endemism in Mesoamerican geophyte plants. *PeerJ*, 5, e3932. <https://doi.org/10.7717/peerj.3932>
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). (1980). *Síntesis geográfica de Guanajuato, México*. México D.F.: Secretaría de Programación y Presupuesto, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática.
- StatSoft, Inc. (2011). STATISTICA, version 10. Data analysis software system. www.statsoft.com
- Thiers, B. (2022). *Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff*. Recuperado el 11 de diciembre, 2022 de: <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- Ugland, K. I., Gray, J. S. y Ellingsen, K. E. (2003). The species-accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology*, 72, 888–897. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2003.00748.x>

- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559–902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor, J. L. y Espinosa-García, F. J. (1998). *Catálogo de malezas de México*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México/ Fondo de Cultura Económica.
- Villaseñor, J. L. y Meave, J. A. (2022). Floristics in Mexico today: insights into a better understanding of biodiversity in a megadiverse country. *Botanical Sciences*, 100, S14–S33. <https://doi.org/10.17129/botsci.3050>
- Villaseñor, J. L. y Ortiz, E. (2014). Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85 (Suplem.), S134–S142. <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>
- Villaseñor, J. L. y Ortiz, E. (2022). A phytogeographic assessment of the Sierra Madre Oriental physiographic province, Mexico. *Botanical Sciences*, 100, 1102–1123. <https://doi.org/10.17129/botsci.3086>
- Villaseñor, J. L., Ortiz, E., Delgadillo-Moya, C. y Juárez, D. (2020). The breadth of the Mexican Transition Zone as defined by its flowering plant generic flora. *Plos One*, 15, e0235267. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235267>
- Villaseñor, J. L., Ortiz, E. y Hernández-Flores, M. M. (2023). The vascular plant species endemic or nearly endemic to Puebla, Mexico. *Botanical Sciences*, 101, 1207–1221. <https://doi.org/10.17129/botsci.3299>
- Villaseñor, J. L., Ortiz, E. y Sánchez-González, A. (2022). Riqueza y distribución de la flora vascular del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93, e933920. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2022.93.3920>
- Zamudio, S. y Galván-Villanueva, R. (2011). La diversidad vegetal del estado de Guanajuato. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo Complementario XXVII*. Pátzcuaro, Michoacán: Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío. <https://doi.org/10.21829/fb.142.2011.XXVII>