



**Acta Botanica  
Mexicana**

# Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México

## Species richness, geographic distribution and conservation status of the genus *Dahlia* (Asteraceae) in Mexico

Marco Carrasco-Ortiz<sup>1</sup> , Guadalupe Munguía-Lino<sup>1,2,3</sup> , Arturo Castro-Castro<sup>4</sup> , Georgina Vargas-Amado<sup>1,3</sup> ,  
Mollie Harker<sup>1</sup> , Aarón Rodríguez<sup>1,3,5</sup>

### Resumen:

**Antecedentes y Objetivos:** El género *Dahlia* (Asteraceae) es nativo de América y México es su centro de diversificación. *Dahlia* es importante en la horticultura ornamental, su mejoramiento genético ha generado más de 15,000 variedades. México representa la principal fuente de germoplasma, por lo que un estudio sobre su riqueza y distribución geográfica es indispensable. Los objetivos de este trabajo fueron analizar la riqueza de especies de *Dahlia* en México, su distribución geográfica y evaluar su estado de conservación.

**Métodos:** Se elaboró una base de datos con 1980 registros georreferenciados, obtenidos de ejemplares de herbario, publicaciones y recolectas de campo. La información fue analizada utilizando Sistemas de Información Geográfica, se estimó la riqueza de especies por división política, tipos de vegetación, regiones, provincias biogeográficas, rangos elevacionales, latitudinales y longitudinales, una cuadrícula de 33 × 33 km y Áreas Naturales Protegidas.

**Resultados clave:** *Dahlia* agrupa 38 especies, todas crecen en México, 35 son endémicas. El género está presente en 26 estados. Hidalgo y Oaxaca tienen el mayor número de especies, seguidos por Guerrero. Jalisco muestra el mayor esfuerzo de colecta. Comúnmente, *Dahlia* habita en bosques de coníferas y encino. Su rango de distribución abarca desde 24 hasta 3810 m de elevación, pero el mayor número de especies crece entre 2000 y 2500 m. Se encontraron dos áreas de alta riqueza de especies de *Dahlia* en México; la primera está en el noreste de Querétaro, este de Guanajuato y sureste de San Luis Potosí, en la Sierra Madre Oriental, la otra en el noroeste de Oaxaca, en la Sierra Madre del Sur. Finalmente, 23 especies viven dentro de un Área Natural Protegida. La Sierra Gorda en el estado de Querétaro concentra el mayor número de especies.

**Conclusiones:** El análisis de la riqueza de especies y su distribución mostró que la mayor diversidad de *Dahlia* se encuentra en la Zona de Transición Mexicana en las provincias Sierra Madre del Sur y Sierra Madre Oriental.

**Palabras clave:** biogeografía, dalias, patrones de distribución, Sierra Gorda, SIG.

### Abstract:

**Background and Aims:** The genus *Dahlia* (Asteraceae) is native to the Americas and Mexico is its center of diversification. *Dahlia* is important in ornamental horticulture, and breeding programs have generated more than 15,000 varieties. Mexico represents the main source of germplasm; therefore, a study of its richness and geographical distribution is essential. The aims of this work were to analyze the species richness, geographical distribution and evaluate the conservation status of *Dahlia* in Mexico.

**Methods:** A database with 1980 georeferenced observations was elaborated from herbarium specimens, publications and field collections. The information was analyzed using Geographic Information Systems to reveal the estimated species richness by political division, vegetation types, regions, biogeographical provinces, elevational, latitudinal and longitudinal ranges, a grid cell of 33 × 33 km, and Protected Natural Areas.

**Key results:** *Dahlia* consists of 38 species, all growing in Mexico, 35 are endemic. The genus occurs in 26 states. Hidalgo and Oaxaca have the highest number of species, followed by Guerrero. Jalisco has the most records. Commonly, *Dahlia* grows in coniferous and oak forest. Its distribution ranges from 24 to 3810 m elevation; however, most species are found between 2000 and 2500 m. High species richness occurs in two areas; the first one is located in the Sierra Madre Oriental including northeastern Querétaro, eastern Guanajuato and southern San Luis Potosí; the second one is in the Sierra Madre del Sur in northwestern Oaxaca. Finally, 23 species grow within the boundaries of a Protected Natural Area, and the Sierra Gorda, state of Querétaro, concentrates the highest species number.

**Conclusions:** The analyses of species richness and distribution showed that the greatest diversity of *Dahlia* is found in the Mexican Transition Zone, in the Sierra Madre del Sur and the Sierra Madre Oriental provinces.

**Key words:** biogeography, dalias, distribution patterns, GIS, Sierra Gorda.

1 Universidad de Guadalajara, Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Herbario Luz María Villarreal de Puga (IBUG), Apdo. postal 1-139, 45101 Zapopan, Jalisco, México.

2 Cátedras CONACYT-Universidad de Guadalajara, Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Herbario Luz María Villarreal de Puga (IBUG), Apdo. postal 1-139, 45101 Zapopan, Jalisco, México.

3 Universidad de Guadalajara, Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal (LaniVeg), Herbario Luz María Villarreal de Puga (IBUG), Apdo. postal 1-139, 45101 Zapopan, Jalisco, México.

4 Cátedras CONACYT-Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango, Sigma 119, Fracc. 20 de noviembre II, 34220 Durango, Durango, México.

5 Autor para la correspondencia: aaron.rodriguez@cucba.udg.mx

Recibido: 7 de marzo de 2018.

Revisado: 6 de abril de 2018.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain: 27 de junio de 2018.

Publicado Primero en línea: 10 de octubre de 2018.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 126 (2019).



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Citar como:

Carrasco-Ortiz, M., G. Munguía-Lino, A. Castro-Castro, G. Vargas-Amado, M. Harker y A. Rodríguez. 2018(2019). Riqueza, distribución geográfica y estado de conservación del género *Dahlia* (Asteraceae) en México. Acta Botanica Mexicana 126: e1354. DOI: 10.21829/abm126.2019.1354

e-ISSN: 2448-7589

## Introducción

México es un país megadiverso, con una extensión territorial de 1,960,189 km<sup>2</sup>. Su compleja historia geológica ha resultado en el reconocimiento de 11 provincias morfotectónicas (Ferrusquía-Villafranca, 1998) y 60 variaciones de clima (García, 1998). En México se reconocen 15 provincias fisiográficas, 17 florísticas, diez tipos de vegetación (Rzedowski, 1986), seis zonas ecológicas (Toledo y Ordóñez, 1998), 45 eco-regiones terrestres (Olson et al., 2001) y 14 provincias biogeográficas (Morrone et al., 2017). Estos factores han permitido la presencia de una gran riqueza florística. Según Villaseñor (2016), en el país crecen 22,126 especies nativas de angiospermas, de las cuales 49.8% son endémicas.

Asteraceae es la familia con mayor diversidad de plantas nativas en México. Se han registrado 3057 especies y de éstas 65.9% son endémicas (Villaseñor, 2003; 2016). El género *Dahlia* Cav. tiene su mayor diversidad y endemismo en México, éste es considerado su centro de diversificación. *Dahlia* es un grupo monofilético nativo de América que se distribuye desde el sur de los Estados Unidos de América hasta Colombia (Saar et al., 2003a). Todas las especies crecen en México, pero *D. australis* (Sherff) P.D. Sørensen, *D. coccinea* Cav. y *D. imperialis* Roetzl ex Ortgies se extienden hasta América Central y Colombia (Sørensen, 1969). En México, son comúnmente llamadas “charahuescas”, “camilas”, “mirasoles”, “jícamas” o simplemente “dalias”.

*Dahlia* incluye plantas perennes, herbáceas o arborescentes, terrestres o epífitas, con raíces tuberosas, fasciculadas, desarrolladas a partir de un rizoma corto. Los tallos son huecos o sólidos, herbáceos o lignificados y erectos. Las hojas son opuestas o verticiladas, simples o compuestas, a menudo con estipelas presentes en la base de los folíolos. La inflorescencia es una cabezuela heterógama, formada por filarias, flores liguladas y discoides. Las filarias externas (4-)5(-7) son verdes, carnosas, lineares, ovadas u obovadas; extendidas, reflejas o erectas en la antesis. Las filarias internas (7-)8(-9) son membranáceas, ovadas, color rojo, amarillo o violeta. La cabezuela tiene ocho flores liguladas, fértiles o estériles, color blanco, violeta, amarillo, anaranjado, rojo o púrpura; además, produce 15-170 flores del disco, hermafroditas, tubulares, infundibuliformes e hipocrateriformes; con corolas amarillas, violeta, púrpuras o

rojas. El fruto es una cipsela acerosa, clavada, color gris o negra, con surcos longitudinales, glabra o puberulenta, en ocasiones tuberculada, con vilano rudimentario o ausente (Fig. 1; Castro-Castro et al., 2012).

Las dalias son muy conocidas en la horticultura ornamental. Han sido objeto de una intensa modificación genética que ha producido más de 15,000 variedades de cultivo (Mera y Bye, 2006). Éstas tienen como característica principal el aumento en el número de cabezuelas y flores liguladas, diversidad de colores, tamaño de los individuos y tiempo de floración. Los cultivares pertenecen a *Dahlia pinnata* Cav. y se han obtenido de cruces entre *D. coccinea*, *D. sorensenii* H.V. Hansen & Hjert., *D. merckii* Lehm. y *D. imperialis* (Hansen y Hjerting, 1996; Mera et al., 2008).

Sørensen (1969) realizó una revisión taxonómica de *Dahlia*, reconoció 27 especies (Cuadro 1) y cuatro secciones: *Dahlia* sección *Dahlia*, *Dahlia* sección *Entemophyllum* P.D. Sørensen, *Dahlia* sección *Epiphyllum* Sherff y *Dahlia* sección *Pseudodendron* P.D. Sørensen. Después de este trabajo, 14 especies han sido renombradas o descritas: *Dahlia campanulata* Saar, P.D. Sørensen & Hjert., *D. congestifolia* P.D. Sørensen, *D. cordifolia* (Sessé & Moc.) McVaugh, *D. cuspidata* Saar, P.D. Sørensen & Hjert., *D. hjertingii* H.V. Hansen & P.D. Sørensen, *D. neglecta* Saar, *D. parvibracteata* Saar & P.D. Sørensen, *D. pugana* Aarón Rodr. & Art. Castro, *D. spectabilis* Saar & P.D. Sørensen, *D. sorensenii*, *D. sublinguata* (P.D. Sørensen) Saar & P.D. Sørensen, *D. tamaulipana* J. Reyes, Islas & Art. Castro, *D. tubulata* P.D. Sørensen y *D. wixarika* Art. Castro, Carr.-Ortiz & Aarón Rodr. (Sørensen 1980, 1987; Hansen y Hjerting, 1996; McVaugh, 2000; Saar y Sørensen, 2000, 2005, 2006; Saar, 2002; Saar et al., 2002, 2003b; Hansen y Sørensen, 2003; Castro-Castro et al., 2012, 2015; Reyes-Santiago et al., 2018).

Estudios taxonómicos (Sherff, 1947, 1951a, b; Sørensen, 1969), filogenéticos (Giannasi, 1975; Gatt et al., 2000; Saar et al., 2003a), cromosómicos (Hansen y Hjerting, 1996; Gatt et al., 1998) y palinológicos (Wodehouse, 1930) han sido desarrollados en *Dahlia*. Algunos de los trabajos taxonómicos incluyen información de su distribución por país y estado. Sin embargo, no existe un trabajo que analice su distribución geográfica utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG).





**Figura 1:** Diversidad de *Dahlia* Cav. en México. A. *D. australis* (Sherff) P.D. Sørensen, raíces tuberosas; B. *D. campanulata* Saar, P.D. Sørensen & Hjert., tallo lignificado; C. *D. pugana* Aarón Rodr. & Art. Castro, hojas pinnadas; D. *D. dissecta* S. Watson, hábito de crecimiento rupícola; E. *D. hintonii* Sherff, porte herbáceo; F. *D. tenuicaulis* P.D. Sørensen, hábito de crecimiento arbustivo; G. *D. australis* P.D. Sørensen, flores liguladas y tubulares; H. *D. australis* P.D. Sørensen, brácteas del involucre; I. *D. barkerae* Knowles & Westc.; J. *D. brevis* P.D. Sørensen; K. *D. campanulata* Saar, P.D. Sørensen & Hjert.; L-Ñ. *D. coccinea* Cav.; O. *D. congestifolia* P.D. Sørensen; P. *D. cordifolia* (Sessé & Moc.) McVaugh; Q. *D. cuspidata* Saar, P.D. Sørensen & Hjert.; R. *D. dissecta* S. Watson; S. *D. hintonii* Sherff; T. *D. imperialis* Roezl ex Ortgies; U. *D. linearis* Sherff; V. *D. merckii* Lehm.; W. *D. mollis* P.D. Sørensen; X. *D. neglecta* Saar; Y. *D. parvibracteata* Saar & P.D. Sørensen; Z. *D. pugana* Aarón Rodr. & Art. Castro; A'. *D. rudis* P.D. Sørensen; B'. *D. scapigera* Knowles & Westc.; C'. *D. scapigeroides* Sherff; D'. *D. sherffii* P.D. Sørensen; E'. *D. sorensenii* H.V. Hansen & Hjert.; F'. *D. spectabilis* Saar & P.D. Sørensen; G'. *D. tenuicaulis* P.D. Sørensen; H'. *D. tenuis* B.L. Rob. & Greenm. Fotografías: Aarón Rodríguez (A6509, B6495, D6412, F5981, G-H6506, I5838, J5869, K6495, L-M6435, N5293, Ñ5144, O6474, P5224, Q6400, R7186, T6929, U6817, V6017, W6402, X6466, Z6850, A'6378, C'6352, D'6029, E'5273, G'4680, H'5254), Arturo Castro (E3078, S3078, Y3266, B'3274, F'3972), Marco Carrasco (C13).

**Cuadro 1:** Distribución geográfica de *Dahlia* Cav. por división política, regiones, provincias biogeográficas y tipos de vegetación en México. El asterisco (\*) indica las especies endémicas de México y <sup>s</sup> las especies consideradas por Sørensen (1969). BE, bosque espinoso; BCE, bosque de coníferas y encino; BMM, bosque mesófilo de montaña; BTC, bosque tropical caducifolio; BTP, bosque tropical perennifolio; BTS, bosque tropical subcaducifolio; MX, matorral xerófilo; P, pastizal; VAS, vegetación acuática y subacuática; AC, Altos de Chiapas; CB, Cuenca del Balsas; DC, Desierto Chihuahuense, CP, Costa Pacífica; EVT, Eje Volcánico Transmexicano; SMOR, Sierra Madre Oriental; SMOC, Sierra Madre Occidental; SMS, Sierra Madre del Sur; T, Tamaulipas; V, Veracruz; ZTM, Zona de Transición Mexicana.

| Especie   | Estado  | Región: Provincias biogeográficas  | Tipos de Vegetación                     |
|---|---|--|---|
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia apiculata</i> (Sherff) P.D. Sørensen | Guerrero, Oaxaca, Puebla  | <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> SMS  | BCE, BTC, MX                            |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia atropurpurea</i> P.D. Sørensen       | Guerrero, Hidalgo, Estado de México   | <b>ZTM:</b> EVT, SMS, SMOR   | BCE                                     |
| <sup>s</sup> <i>Dahlia australis</i> (Sherff) P.D. Sørensen   | Chiapas, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Veracruz  | <b>Neotropical:</b> CB, CP; <b>ZTM:</b> AC, EVT, SMS                                     | BCE, BMM, BTC, MX                       |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia barkeriae</i> Knowles & Westc.       | Jalisco, Michoacán  | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> EVT   | BCE, BTC                                |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia brevis</i> P.D. Sørensen             | Estado de México, Michoacán   | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> EVT   | BCE                                     |
| * <i>Dahlia campanulata</i> Saar, P.D. Sørensen & Hjert.      | Oaxaca  | <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> SMS  | BTC, MX                                 |
| <sup>s</sup> <i>Dahlia coccinea</i> Cav.                      | Casi todo México excepto Baja California, Baja California Sur, Campeche, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán   | <b>Neártica:</b> DC; <b>Neotropical:</b> CB, CP, V; <b>ZTM:</b> AC, EVT, SMS, SMOC, SMOR | BCE, BE, BMM, BTC, BTP, BTS, MX, P, VAS |
| * <i>Dahlia congestifolia</i> P.D. Sørensen                   | Hidalgo   | <b>ZTM:</b> EVT  | MX                                      |
| * <i>Dahlia cordifolia</i> (Sessé & Moc.) McVaugh             | Guerrero  | <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> SMS  | BCE, BTC                                |
| * <i>Dahlia cuspidata</i> Saar, P.D. Sørensen & Hjert.        | Guanajuato, Hidalgo, Querétaro  | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> SMOR  | BCE, MX                                 |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia dissecta</i> S. Watson               | Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz   | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> SMS, SMOR   | BCE, BMM, MX                            |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia foeniculifolia</i> Sherff            | Nuevo León, Tamaulipas  | <b>Neártica:</b> T; <b>ZTM:</b> SMOR   | BCE, MX                                 |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia hintonii</i> Sherff                  | Guerrero  | <b>ZTM:</b> SMS  | BCE                                     |
| * <i>Dahlia hjertingii</i> H.V. Hansen & P.D. Sørensen        | Hidalgo   | <b>ZTM:</b> SMOR   | BCE                                     |
| <sup>s</sup> <i>Dahlia imperialis</i> Roetzl ex Ortgies       | Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí  | <b>Neártica:</b> DC; <b>Neotropical:</b> CB, CP, V; <b>ZTM:</b> AC, SMS                  | BCE, BMM, BTC, BTP, MX                  |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia linearis</i> Sherff                  | Guanajuato, Querétaro   | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> SMOR  | BCE, BE, MX                             |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia macdougalii</i> Sherff               | Oaxaca  | <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> SMS  | BCE, BTC                                |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia merckii</i> Lehm.                    | Ciudad de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala, Veracruz | <b>Neártica:</b> DC; <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> EVT, SMS, SMOR                  | BCE, BTC, MX, P, VAS                    |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia mollis</i> P.D. Sørensen             | Guanajuato, Hidalgo, Querétaro  | <b>ZTM:</b> SMOR   | BCE                                     |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia moorei</i> Sherff                    | Hidalgo, Querétaro  | <b>ZTM:</b> SMOR   | BCE                                     |
| * <i>Dahlia neglecta</i> Saar                                 | Ciudad de México, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Michoacán, Querétaro   | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> EVT, SMOR   | BCE, BTC, MX, P, VAS                    |
| * <i>Dahlia parvibracteata</i> Saar & P.D. Sørensen           | Guerrero  | <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> EVT  | BCE, BTC                                |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia pteropoda</i> Sherff                 | Oaxaca, Puebla  | <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> SMS  | BCE, BTC, MX                            |
| * <i>Dahlia pugana</i> Aarón Rodr. & Art. Castro              | Durango, Jalisco  | <b>Neotropical:</b> CP; <b>ZTM:</b> EVT, SMS, SMOC                                       | BCE, BTC                                |
| * <sup>s</sup> <i>Dahlia purpusii</i> Brandegees              | Chiapas   | <b>ZTM:</b> AC   | BTP                                     |



**Cuadro 1:** Continuación.

| Especie   | Estado   | Región: Provincias biogeográficas                                     | Tipos de Vegetación  |
|---|--|---|----------------------|
| * <i>Dahlia rudis</i> P.D. Sørensen                             | Ciudad de México, Guerrero, México, Michoacán, Morelos, Oaxaca   | <b>ZTM:</b> EVT, SMS  | BCE, BTC, P, VAS     |
| * <i>Dahlia rupicola</i> P.D. Sørensen                          | Durango  | <b>ZTM:</b> SMOC  | BCE                  |
| * <i>Dahlia scapigera</i> Knowles & Westc.                      | Ciudad de México, Guanajuato, México, Michoacán, Morelos, Veracruz   | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> EVT                                  | BCE, BTC, P          |
| * <i>Dahlia scapigeroides</i> Sherff                            | Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí  | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> SMOR                                 | BCE, BMM, BTC, MX    |
| * <i>Dahlia sherffii</i> P.D. Sørensen                          | Chihuahua, Durango, Jalisco, Nayarit, Zacatecas  | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> SMOC                                 | BCE, BTC, P          |
| * <i>Dahlia sorensenii</i> H.V. Hansen & Hjert.                 | Chiapas, Ciudad de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Zacatecas | <b>Neártica:</b> DC; <b>Neotropical:</b> CP; <b>ZTM:</b> EVT, AC, SMS | BCE, BTC, MX, P, VAS |
| * <i>Dahlia spectabilis</i> Saar & P.D. Sørensen                | San Luis Potosí  | <b>ZTM:</b> SMOR  | BCE                  |
| * <i>Dahlia sublignosa</i> (P.D. Sørensen) Saar & P.D. Sørensen | Tamaulipas   | <b>Neártica:</b> DC; <b>ZTM:</b> SMOR                                 | BCE, MX              |
| * <i>Dahlia tamaulipana</i> J. Reyes, Islas & Art. Castro       | Tamaulipas   | <b>ZTM:</b> SMOR  | BCE                  |
| * <i>Dahlia tenuicaulis</i> P.D. Sørensen                       | Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Veracruz   | <b>Neártica:</b> DC; <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> EVT, SMS     | BCE, BMM, BTC        |
| * <i>Dahlia tenuis</i> B.L. Rob. & Greenm.                      | Oaxaca   | <b>Neotropical:</b> CB; <b>ZTM:</b> SMS                               | BCE, BTC             |
| * <i>Dahlia tubulata</i> P.D. Sørensen                          | Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas   | <b>Neártica:</b> T; <b>ZTM:</b> SMOR                                  | BCE, MX              |
| * <i>Dahlia wixarika</i> Art. Castro, Carr.-Ortiz & Aarón Rodr. | Durango, Jalisco   | <b>ZTM:</b> SMOC  | BCE                  |

Los SIG aplicados al análisis de la distribución geográfica de las plantas son importantes. Con ellos es posible identificar áreas con alta diversidad de especies y su fácil manejo permite reconocer patrones de riqueza y distribución rápidamente. Se puede manipular, generar y analizar nueva información que, en combinación con la ya existente, es útil para la toma de decisiones en la conservación (Hijmans y Spooner, 2001; Parthasarathy et al., 2006; Scheldeman et al., 2007). También son útiles para analizar características morfológicas en un contexto geográfico (Sunil et al., 2009; Abraham et al., 2010). En México se han analizado los patrones de riqueza utilizando SIG en plantas vasculares (Cruz-Cárdenas et al., 2013), monocotiledóneas geófitas (Sosa y Loera, 2017), Iridaceae tribu Tigridieae (Munguía-Lino et al., 2015), *Cosmos* Cav. (Vargas-Amado et al., 2013), *Solanum* L. sección *Petota* Dumort. (Rodríguez, 2015) y *Lycianthes* (Dunal) Hassl. serie *Meizonodontae* (Anguiano-Constante et al., 2018). Los resultados muestran

que la riqueza de especies se concentra en la Zona de Transición Mexicana, principalmente en el Eje Volcánico Transmexicano. En *Dahlia* es necesario conocer las áreas donde se encuentra su mayor diversidad, con el propósito de diseñar estrategias de conservación, manejo y uso sustentable. Los objetivos de este estudio fueron identificar los sitios de riqueza del género *Dahlia* en México, encontrar patrones de distribución, mostrar sus preferencias por algún tipo de vegetación, elevación, rango latitudinal o longitudinal, mostrar las omisiones en su conservación dentro de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y conocer el estado de conservación de sus especies.

## Materiales y Métodos

### Base de datos

Se elaboró una base de datos con dos tipos de información: 1) referencias bibliográficas y 2) ejemplares de herbario depositados en colecciones biológicas. Las referen-

cias bibliográficas incluyeron: Sherff (1947, 1951a, b), Sørensen (1969, 1980, 1987), McVaugh (1984), Hansen y Hjerting (1996), Saar y Sørensen (2000), Saar (2002), Saar et al. (2002, 2003b), Hansen y Sørensen (2003), Rzedowski y Calderón de Rzedowski (2008), Castro-Castro et al. (2012, 2015) y Reyes-Santiago et al. (2018). Al mismo tiempo, se consultaron y determinaron los ejemplares depositados en colecciones de herbarios nacionales (ANSM, BCMEX, CH, CHAP, CHAPA, CIIDIR, COCA, EBUM, ENCB, FCME, FEZA, HCIB, HEM, HUAA, HUAP, HUAZ, HUMO, IBUG, IEB, INEGI, IZTA, JES, MEXU, OAX, QMEX, SERO, SLPM, UAT, UCAM, USON, XAL y ZEA) y ejemplares digitalizados de herbarios extranjeros (ARIZ, ASU, BH, BM, C, CAS, CLEMS, CM, DBG, DEK, DES, F, GH, GMUF, HCHM, HNT, IA, ISC, K, LSU, MICH, MO, MSC, NCSC, NCU, NMC, NY, OBI, OS, RENO, RSA, TEX, UC, UCR, US, USCH, WIS y WTU) (acrónimos de acuerdo con Thiers, 2018). Además, se consultó la base de datos electrónica del Jardín Botánico de Missouri (TROPICOS, 2017). Finalmente, se realizaron recolectas de campo en los veranos de 2011 a 2017.

La información recabada se capturó en una hoja de cálculo de Excel, agrupándola en cuatro categorías: taxonómica, geográfica, ecológica y curatorial. La sección taxonómica contiene familia, nombre del género, epíteto específico, categorías subespecíficas y autores. La sección geográfica agrupa país, estado, municipio, localidad, elevación, latitud y longitud. La sección ecológica incluye tipo de vegetación, especies asociadas, observaciones y fecha de recolecta. Por último, la información curatorial circunscribe al nombre del herbario, colector, colectores asociados, número de recolecta y nombre del determinador.

## Georreferenciación

La aplicación de los SIG a los análisis biogeográficos requiere como mínimo los valores de latitud y longitud. En caso de ausencia en la etiqueta que acompaña al ejemplar de herbario, los valores fueron inferidos utilizando la descripción de la localidad. La latitud y longitud se estimaron empleando el programa de cómputo Google Earth Software 4.2 (Google, 2007). Posteriormente, los valores inferidos fueron integrados a la base de datos en grados sexagesimales y luego se transformaron a grados decimales.

## Procesamiento de datos

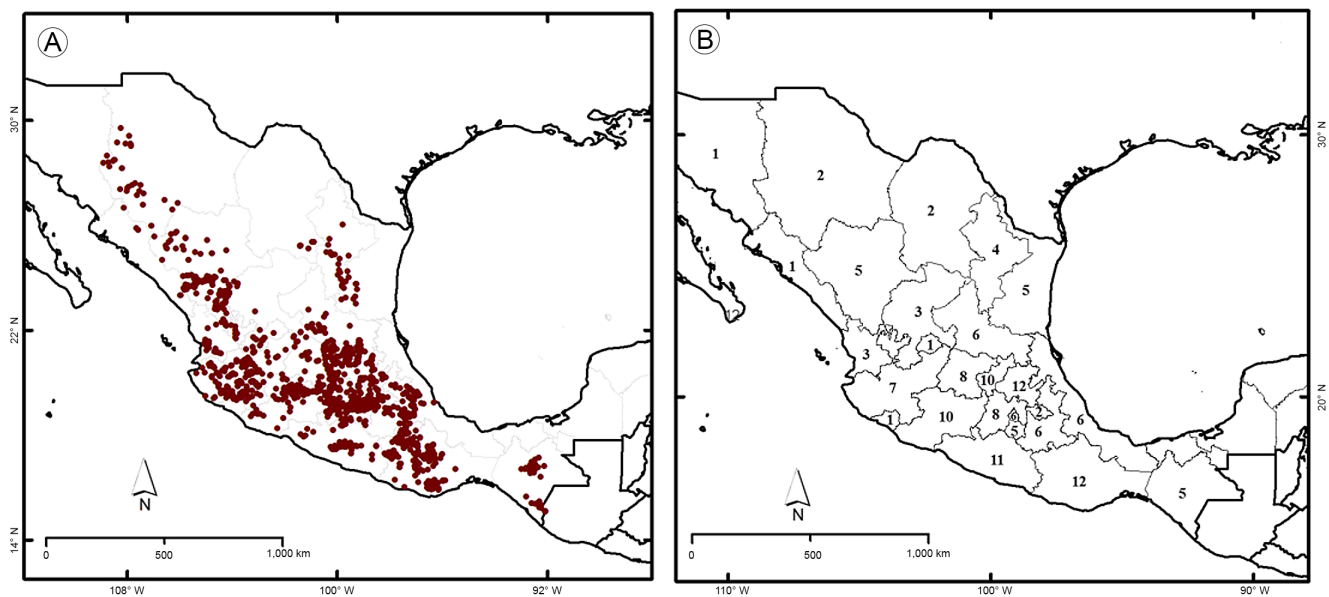
Los datos geográficos se procesaron en los SIG ArcView 3.3 (ESRI, 1992-1998) y DivaGis 4 (Hijmans et al., 2004). Para utilizar la información, la base de datos se transformó a un formato compatible con un SIG (Hijmans et al., 1999) mediante el programa de cómputo ArcView 3.3 (ESRI, 1992-1998). El procedimiento consistió en emplear las coordenadas de latitud y longitud de cada registro para generar un punto dentro del SIG, asociándolo con el resto de la información contenida en la base. El resultado final fue un archivo con puntos de todos los registros, o capa temática con la siguiente información: género, epíteto específico, estado, latitud, longitud y elevación correspondiente a cada punto.

## Análisis de riqueza por división política, regiones, provincias biogeográficas, tipos de vegetación y criterios geográficos

Se analizaron 1980 registros que representan 38 especies de *Dahlia* (Fig. 2A). Para calcular la riqueza por división política se contabilizó el número de especies y registros en cada estado (Fig. 2B).

La riqueza por provincia biogeográfica se estimó empleando un cuadro de presencia-ausencia de las especies y el esquema de regionalización propuesto por Morrone et al. (2017). Éste propone la región Neártica, Neotropical, la Zona de Transición Mexicana y 14 provincias biogeográficas. La Zona de Transición Mexicana incluye las provincias biogeográficas de Altos de Chiapas, Eje Volcánico Transmexicano, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre Oriental y Sierra Madre del Sur. A la región Neártica pertenecen Baja California, California, Sonora, Desierto Chihuahuense y Tamaulipas. La región Neotropical está compuesta por la Cuenca del Balsas, la Costa Pacífica, la Península de Yucatán y Veracruz.

La riqueza por tipos de vegetación se estimó utilizando la cartografía de vegetación potencial de Rzedowski (1990). Este mapa está basado en la propuesta de Rzedowski (1986) que incluye 10 tipos de vegetación: bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo, pastizal, bosque de *Quercus*, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña, y vegetación acuática y subacuática.



**Figura 2:** Mapas de distribución y riqueza de especies de *Dahlia* Cav. en México. A. puntos de ocurrencia; B. riqueza por división política.

Por último, se cuantificó la riqueza de especies por criterios geográficos: elevación, latitud y longitud. Para ello, se creó un nuevo cuadro de presencia-ausencia por curvas de nivel (CONABIO, 1998), el número de especies por intervalo de elevación, latitud y longitud fue contabilizado y graficado (Hijmans y Spooner, 2001; Vargas-Amado et al., 2013).

### Análisis de riqueza por cuadrícula

Para este análisis se utilizó el programa de cómputo DivaGis 4 (Hijmans et al., 2004). El tamaño de celda fue estimado con base en la propuesta de Willis et al. (2003) modificada por Suárez-Mota y Villaseñor (2011). El método calcula las distancias entre los dos puntos más alejados para cada especie, calculadas las distancias máximas (MaxD), toma 10% de cada valor y promedia todos los valores; el promedio equivale al tamaño de celda, en este caso fue de 33 × 33 km. México se dividió en 4026 celdas agrupadas en 66 columnas y 61 filas. Asignando a esta cuadrícula la información contenida en el archivo de puntos se estimó la riqueza. Siguiendo el mismo método, se utilizó una vecindad circular de 33 km de radio, la cual asigna a una celda datos de presencia que se encuentran próximos a ésta (Vargas-Amado et al., 2013).

### Análisis de riqueza por ANP

Se elaboró un cuadro de presencia-ausencia empleando el mapa de ANP federales de México de la Comisión Nacional

de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2012). De acuerdo con la CONANP (2012), hay 176 de estas áreas agrupadas en seis categorías: Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna y Santuarios.

### Análisis del área de distribución

El área de distribución de cada especie se estimó utilizando DivaGis 4 (Hijmans et al., 2004) y GeoCat (Bachman et al., 2011). Primero, se describieron los patrones generales de distribución, posteriormente se evaluaron los siguientes parámetros: 1) MaxD, 2) la extensión del área de ocurrencia (EOO), es decir, la superficie que incluye todos los registros calculada con un polígono convexo mínimo y 3) el área de ocupación (AOO), que es la zona que ocupa un taxon dentro del EOO. En otras palabras, es el área ideal donde un taxon puede prosperar, se calcula con cuadrículas de 2 × 2 km (4 km<sup>2</sup>) generadas a partir de los puntos de ocurrencia (Willis et al., 2003; IUCN, 2012).

### Estado de conservación

La categoría de riesgo de las especies de *Dahlia* se estimó con base en el criterio de distribución geográfica, según la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2012). Para ello se utilizaron los valores de MaxD, EOO y AOO.

## Resultados

### Base de datos y georreferenciación

La base de datos tuvo 2249 registros de *Dahlia*, de los cuales se excluyeron 269 por ser localidades repetidas, colectas realizadas fuera de México, especies cultivadas, o por contener información confusa e incompleta. En el análisis se incluyeron 1980 registros (38 spp.) de los cuales 61% (1304) fueron georreferenciados. Los datos georreferenciados fueron recolectas realizadas principalmente entre los años 1900 y 2000. *Dahlia pinnata* y *D. excelsa* Benth. no se incluyeron en el análisis. La primera es una especie cultivada, la segunda es sinónimo de *D. imperialis* (Sørensen, 1969; Hansen, 2007).

### Riqueza por división política

En México crecen 38 especies de *Dahlia*, registradas en 26 estados. Su distribución geográfica fue irregular; Oaxaca, Hidalgo, Guerrero, Michoacán y Querétaro concentraron la mayor diversidad (Cuadro 1, Fig. 2B). En Aguascalientes, Colima, Sinaloa y Sonora solo crece *D. coccinea*. La intensidad de colecta también fue variable; Jalisco, Oaxaca y Michoacán presentaron el mayor número de registros, con 58% de

las observaciones. *Dahlia coccinea* y *D. merckii* tuvieron la distribución más amplia, están presentes en 27 y 14 estados, respectivamente. Por el contrario, *D. campanulata*, *D. congestifolia*, *D. cordifolia*, *D. hintonii* Sherff, *D. hjertingii*, *D. macdougallii* Sherff, *D. parvibracteata*, *D. purpusii* Brandegee, *D. rupicola* P.D. Sørensen, *D. spectabilis*, *D. subalignosa*, *D. tamaulipana* y *D. tenuis* B.L. Rob. & Greenm. se conocen solamente de un estado (Figs. 3A, B).

### Riqueza por regiones y provincias biogeográficas

La Zona de Transición Mexicana albergó todas las especies de *Dahlia*. En contraste, en la región Neártica se registraron 17 y en la Neotropical 14. El número de observaciones sigue un patrón similar; la Zona de Transición Mexicana fue la más recolectada con 1636 registros (83% observaciones); en la Neártica se obtuvieron 188 y en la Neotropical 156 (Cuadro 2).

*Dahlia* se encontró en 10 provincias biogeográficas (Cuadro 2). La Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre Oriental tuvieron el mayor número de especies (17 y 16 respectivamente), seguidas por el Desierto Chihuahuense (15), el Eje Volcánico Transmexicano (14) y la Cuenca del Balsas (12). Las provincias menos diversas fueron los Altos

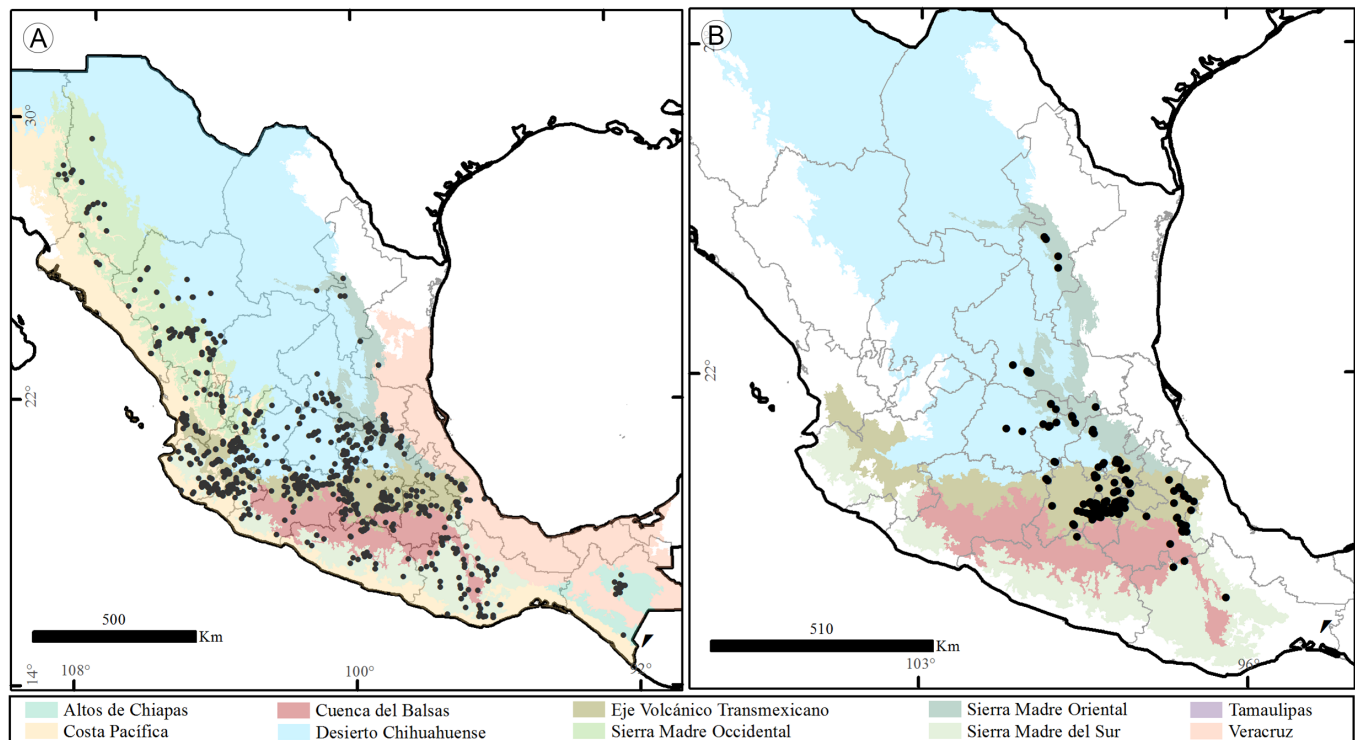


Figura 3: Mapas de distribución para las especies con la distribución más amplia. A. *Dahlia coccinea* Cav.; B. *Dahlia merckii* Lehm.



**Cuadro 2:** Riqueza de especies de *Dahlia* Cav. por región y provincias biogeográficas.

| Región                      | Especies | Registros | Provincias                  | Especies | Registros |
|-----------------------------|----------|-----------|-----------------------------|----------|-----------|
| Zona de Transición Mexicana | 38       | 1636      | Altos de Chiapas            | 5        | 72        |
|                             |          |           | Sierra Madre Occidental     | 5        | 184       |
|                             |          |           | Sierra Madre Oriental       | 16       | 254       |
|                             |          |           | Sierra Madre del Sur        | 17       | 381       |
|                             |          |           | Eje Volcánico Transmexicano | 14       | 745       |
| Neártica                    | 17       | 188       | Desierto Chihuahuense       | 15       | 186       |
|                             |          |           | Tamaulipas                  | 2        | 2         |
| Neotropical                 | 14       | 156       | Cuenca del Balsas           | 12       | 93        |
|                             |          |           | Costa Pacífica              | 5        | 57        |
|                             |          |           | Veracruz                    | 2        | 6         |

de Chiapas, la Sierra Madre Occidental y la Costa Pacífica con cinco especies cada una, Veracruz y Tamaulipas con dos (Cuadro 2). El análisis de la intensidad de recolecta por provincia mostró que 745 recolectas se realizaron en el Eje Volcánico Transmexicano, lo que representa 38% de los registros. Por otro lado, en Veracruz se registraron seis recolectas y en Tamaulipas dos.

### Riqueza por tipos de vegetación

*Dahlia* habita en nueve tipos de vegetación. En el bosque de coníferas y encino se contabilizaron 35 especies, en el bosque tropical caducifolio 20 y en el matorral xerófilo 17. Contrariamente, en el bosque tropical subcaducifolio sólo crece *Dahlia coccinea*; siete especies de *Dahlia* están en pastizal, seis en bosque mesófilo de montaña, cinco en vegetación acuática y subacuática, tres en bosque tropical perennifolio y dos en bosque espinoso (Cuadro 1).

*Dahlia coccinea* tuvo la mayor amplitud ecológica, fue registrada en nueve tipos de vegetación (Cuadro 1). Le siguen *D. imperialis*, *D. sorensenii*, *D. neglecta* y *D. merckii* en cinco. *Dahlia australis*, *D. scapigeroides* Sherff y *D. rudis* P.D. Sørensen prosperan en cuatro. En el otro extremo, *D. atropurpurea* P.D. Sørensen, *D. brevis* P.D. Sørensen, *D. hintonii*, *D. hjertingii*, *D. mollis* P.D. Sørensen, *D. moorei* Sherff, *D. rupicola*, *D. spectabilis*, *D. tamaulipana* y *D. wixarika* crecen únicamente en el bosque de coníferas y encino. Por su parte, *D. congestifolia* se encontró en el matorral xerófilo y *D. purpusii* en el bosque tropical perennifolio (Cuadro 1).

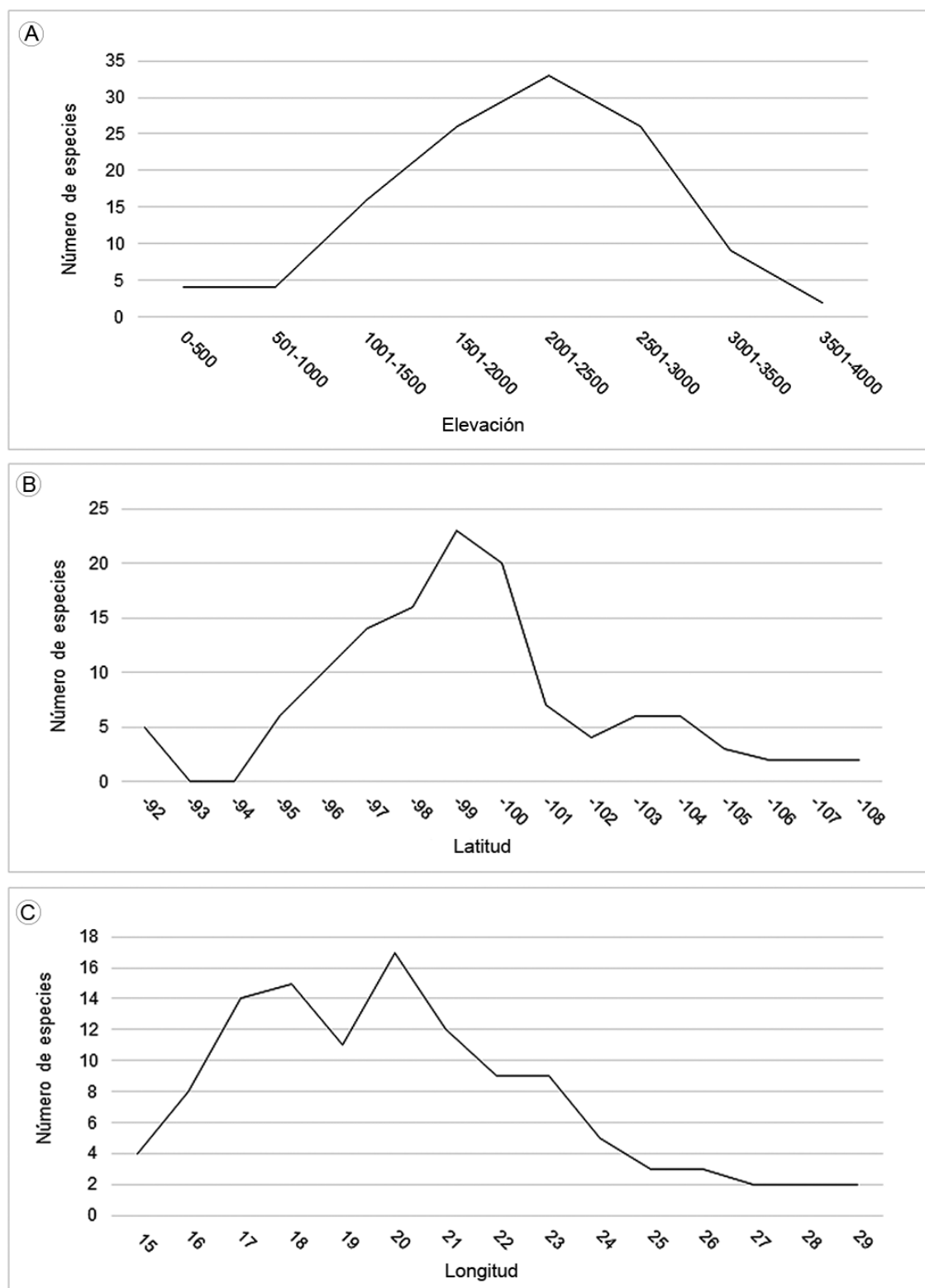
### Riqueza por elevación, latitud y longitud

*Dahlia* crece de 24 a 4000 m de elevación (Fig. 4A), al igual que el mayor número de observaciones (837). Prospera en un gradiente de 15 a 29° de latitud norte (Fig. 4B) y longitudinalmente, en un rango que va de 92 a 108° W (Fig. 4C). Del total de especies, 33 se encontraron de 2001 a 2500 m (Fig. 4A), al igual que el mayor número de observaciones (837). *Dahlia coccinea* tiene el rango de elevación más amplio (24-3033 m). Caso contrario, *D. congestifolia* (2660-2769 m), *D. hjertingii* (2165-2252 m) y *D. spectabilis* (2213-2237 m) presentan la amplitud elevacional más restringida, mientras que *D. scapigera* Knowles & Westc. y *D. merckii* se encontraron por arriba de 3500 m (Fig. 5).

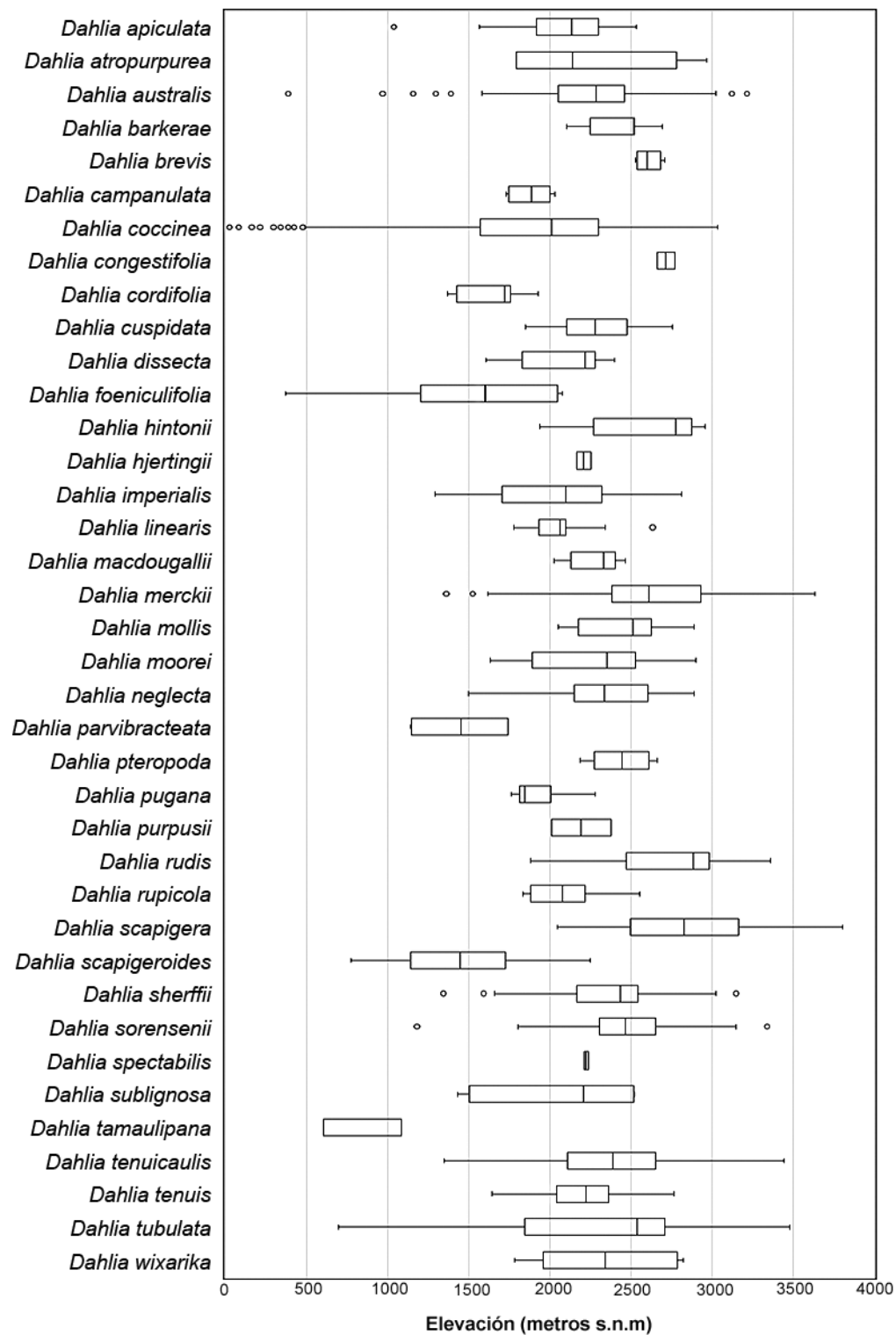
*Dahlia* prospera en un gradiente de 15 a 29° de latitud norte. La diversidad más alta se encontró a 20°N, donde se desarrollan 17 especies (Fig. 4B). En contraste, entre 27 y 29°N sólo hubo dos. El mayor número de observaciones se registró a 19°N. Longitudinalmente, *Dahlia* registró un rango que va de 92 a 108°W (Fig. 4C), pero su riqueza máxima se localizó en 99°W con 23 especies, mientras que en 106°, 107° y 108°W se ubicaron dos (Fig. 4B). El número más alto de registros fue a 99°W.

### Riqueza por celdas

México se dividió en 4026 celdas, de las cuales 534 tuvieron al menos un registro, es decir, 13.26% de la superficie analizada (Figs. 6A-C). El número de especies por celda varió de una a nueve. Se encontraron tres celdas con nueve espe-

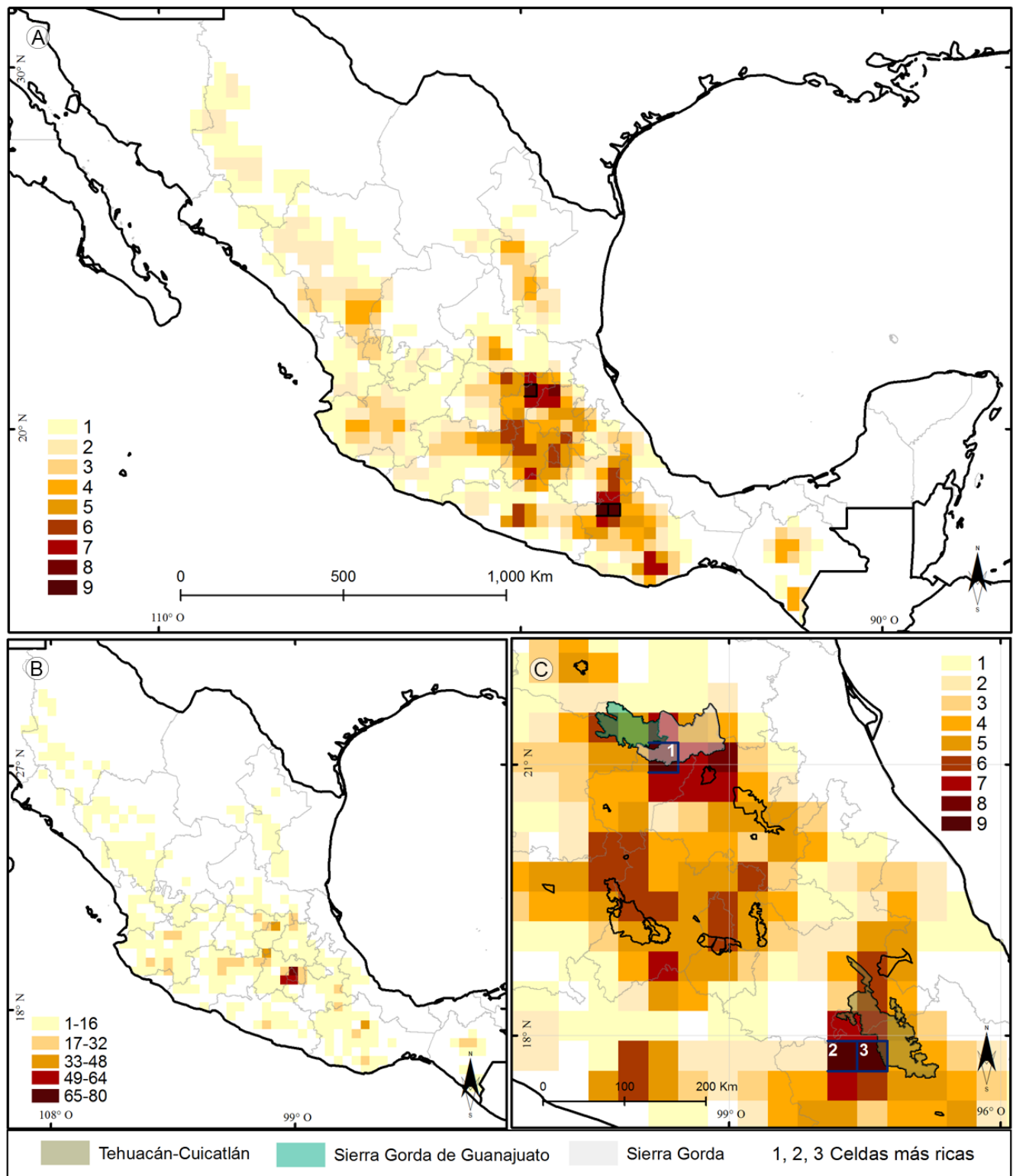


**Figura 4:** Riqueza de especies de *Dahlia* Cav. por criterios geográficos. A. elevación; B. latitud; C. longitud.



**Figura 5:** Rangos de elevación de las especies de *Dahlia* Cav.





**Figura 6:** Mapas de riqueza y observaciones de *Dahlia* Cav. por celdas de 33 x 33 km. A. riqueza de especies; B. riqueza de observaciones; C. riqueza de especies y ANP.

cies, una con ocho, 12 con siete, 15 con seis, 38 con cinco, 49 con cuatro, 69 con tres, 115 con dos y 232 con una. Al analizar las observaciones, 80 registros fueron asignados a una celda, otras dos tuvieron 50 y 58 cada una (Fig. 6A). El área mejor recolectada se localizó en el centro del país, entre el Estado de México y la Ciudad de México (Fig. 6B).

El análisis de riqueza mostró dos zonas de alta diversidad. La primera está formada por una celda que contiene nueve especies en una superficie aproximada de 1089 km<sup>2</sup>. Se encuentra en el noreste de Querétaro, en los límites con Guanajuato, entre la Sierra Madre Oriental y el Desierto Chihuahuense (Cuadro 3, Fig. 6C), ahí están presentes *Dahlia coccinea*, *D. cuspidata*, *D. dissecta* S. Watson, *D. linearis* Sherff, *D. merckii*, *D. mollis*, *D. moorei*, *D. neglecta* y *D. scapigeroides* (Cuadro 3). La segunda zona de diversidad comprende dos cuadros con nueve especies cada uno, en un área de 2178 km<sup>2</sup>. Se encuentra en el noroeste de Oaxaca, en los límites de Puebla, entre la Cuenca del Balsas y la Sierra Madre del Sur. Las nueve especies localizadas en el primer cuadro son *D. apiculata* (Sherff) P.D. Sørensen,

*D. australis*, *D. campanulata*, *D. coccinea*, *D. imperialis*, *D. macdougallii*, *D. merckii*, *D. pteropoda* Sherff y *D. sorensenii*. El segundo cuadro incluyó *D. apiculata*, *D. australis*, *D. campanulata*, *D. coccinea*, *D. imperialis*, *D. merckii*, *D. pteropoda*, *D. sorensenii* y *D. tenuicaulis* P.D. Sørensen (Cuadro 3, Fig. 6C).

*Dahlia coccinea* ocupó 256 celdas, seguida de *D. merckii* con 44 (Cuadro 4). Estos datos sugieren su amplia distribución en el país. *Dahlia congestifolia*, *D. spectabilis* y *D. tamaulipana* sólo se localizaron en un cuadro (Cuadro 4).

### Riqueza por ANP

*Dahlia* se encontró en 36 ANP (Cuadro 5). De 1980 registros analizados, 435 están dentro de una Reserva de la Biosfera, Parque Nacional, Área de Protección de Recursos Naturales o Área de Protección de Flora y Fauna. No se encontraron registros en Monumentos Naturales ni Santuarios. La Reserva de la Biosfera Sierra Gorda en Querétaro fue la más rica con nueve especies (*D. coccinea*, *D. cuspidata*, *D. dissecta*, *D. linearis*, *D. merckii*, *D. mollis*, *D. moorei*, *D. ne-*

**Cuadro 3:** Riqueza de especies de las tres celdas más diversas. Las celdas corresponden a las numeradas en la figura 6C.

Es correcta esta tabla?

| Área de riqueza | Celdas | Número de especies | Especies  | Estado/municipio  | Provincia biogeográfica                       |
|-----------------|--------|--------------------|---|---|---|
| 1               | 1      | 9                  | <i>D. coccinea</i> , <i>D. cuspidata</i> , <i>D. dissecta</i> , <i>D. linearis</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. mollis</i> , <i>D. moorei</i> , <i>D. neglecta</i> , <i>D. scapigeroides</i>             | Querétaro (Cadereyta, Peñamiller, Pinal de Amoles, San Joaquín y Tolimán) y Guanajuato (Atarjea)  | Sierra Madre Oriental y Desierto Chihuahuense |
|                 | 2      | 9                  | <i>D. apiculata</i> , <i>D. australis</i> , <i>D. campanulata</i> , <i>D. coccinea</i> , <i>D. imperialis</i> , <i>D. macdougallii</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. pteropoda</i> , <i>D. sorensenii</i> | Oaxaca (Asunción Cuyotepeji, Concepción Buenavista, Huajuapán de León, La Trinidad Vista Hermosa, San Andrés Dinicuiti, San Andrés Lagunas, San Antonio Acutla, San Bartolo Soyaltepec, San Cristóbal Suchixtlahuaca, San Francisco Teopan, San Jerónimo Silacayoapilla, San Juan Bautista Coixtlahuaca, San Juan Teposcolula, San Marcos Arteaga, San Mateo Tlapiltepec, San Miguel Tequixtepec, San Miguel Tulancingo, San Pedro Nopala, San Pedro Yucunama, Santa Magdalena Jicotlán, Santa María Camotlán, Santa María Chachoápam, Santa María Nativitas, Santiago Ayuquillilla, Santiago Cacaloxtpec, Santiago Huajolotitlán, Santiago Ihuatlán Plumas, Santiago Tepetlapa, Santo Domingo Tonalá, Santo Domingo Tonaltepec, Santo Domingo Yodohino, Teotongo, Tepelmeme, Tlacotepec Plumas, Villa de Chilapa de Díaz, Villa de Tamazulápam, Villa Tejúpam, Villa Tezoatlán y Zapotitlán Palmas) y Puebla (Chila) | Cuenca del Balsas y Sierra Madre del Sur      |
| 2               | 3      | 9                  | <i>D. apiculata</i> , <i>D. australis</i> , <i>D. campanulata</i> , <i>D. coccinea</i> , <i>D. imperialis</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. pteropoda</i> , <i>D. sorensenii</i> , <i>D. tenuicaulis</i>  |   |   |

**Cuadro 4:** Resumen de la distribución geográfica de *Dahlia* Cav. en México. El tamaño de cuadrícula es de 33 × 33 km. MaxD (km), máxima distancia entre dos puntos más distantes; EOO (km<sup>2</sup>), extensión del área de ocurrencia de un taxon; AOO (km<sup>2</sup>), área de ocupación de un taxon; CaR, categoría de riesgo; CR, En Peligro Crítico de Extinción; EN, En Peligro; NT, Casi Amenazada; VU, Vulnerable; \* Especies presentes en un ANP.

| Especie  | Número de registros | Número de celdas | MaxD   | EOO         | AOO  | CaR |
|--|---------------------|------------------|--------|-------------|------|-----|
| <i>Dahlia apiculata</i> (Sherff) P.D. Sørensen*                | 27                  | 10               | 180.3  | 13,446.9    | 108  | EN  |
| <i>Dahlia atropurpurea</i> P.D. Sørensen                       | 5                   | 4                | 407    | 24,039.8    | 20   | EN  |
| <i>Dahlia australis</i> (Sherff) P.D. Sørensen*                | 101                 | 32               | 1026   | 184,200.8   | 356  | EN  |
| <i>Dahlia barkerae</i> Knowles & Westc.*                       | 8                   | 2                | 274    | 1871.3      | 28   | EN  |
| <i>Dahlia brevis</i> P.D. Sørensen                             | 10                  | 5                | 89.6   | 1306        | 32   | EN  |
| <i>Dahlia campanulata</i> Saar, P.D. Sørensen & Hjert.         | 5                   | 4                | 86.4   | 2046.8      | 20   | EN  |
| <i>Dahlia coccinea</i> Cav.*                                   | 929                 | 256              | 2235.9 | 1,142,724.5 | 3188 | NT  |
| <i>Dahlia congestifolia</i> P.D. Sørensen                      | 2                   | 1                | 0.3    | 0           | 8    | CR  |
| <i>Dahlia cordifolia</i> (Sessé & Moc.) McVaugh                | 8                   | 2                | 31.3   | 233.7       | 24   | EN  |
| <i>Dahlia cuspidata</i> Saar, P.D. Sørensen & Hjert.*          | 12                  | 5                | 136.3  | 2318.1      | 44   | EN  |
| <i>Dahlia dissecta</i> S. Watson*                              | 15                  | 9                | 543.4  | 31,560      | 56   | EN  |
| <i>Dahlia foeniculifolia</i> Sherff*                           | 6                   | 6                | 171.7  | 5449.8      | 24   | EN  |
| <i>Dahlia hintonii</i> Sherff                                  | 7                   | 3                | 123.6  | 727.2       | 24   | EN  |
| <i>Dahlia hjertingii</i> H.V. Hansen & P.D. Sørensen           | 2                   | 2                | 53.6   | 0           | 8    | CR  |
| <i>Dahlia imperialis</i> Roez. ex Ortigies*                    | 46                  | 17               | 1227.6 | 316,577     | 156  | EN  |
| <i>Dahlia linearis</i> Sherff*                                 | 23                  | 7                | 140.9  | 5687.9      | 76   | EN  |
| <i>Dahlia macdougalii</i> Sherff                               | 5                   | 3                | 265.3  | 4832.3      | 20   | EN  |
| <i>Dahlia merckii</i> Lehm.*                                   | 190                 | 44               | 937.3  | 182,532.1   | 624  | VU  |
| <i>Dahlia mollis</i> P.D. Sørensen*                            | 9                   | 5                | 70     | 633.7       | 28   | EN  |
| <i>Dahlia moorei</i> Sherff*                                   | 16                  | 5                | 105.9  | 1386.6      | 52   | EN  |
| <i>Dahlia neglecta</i> Saar*                                   | 37                  | 13               | 371.7  | 64,482.8    | 139  | EN  |
| <i>Dahlia parvibracteata</i> Saar & P.D. Sørensen              | 4                   | 2                | 7.5    | 0.3         | 12   | EN  |
| <i>Dahlia pteropoda</i> Sherff*                                | 5                   | 4                | 312.2  | 6424.6      | 20   | EN  |
| <i>Dahlia pugana</i> Aarón Rodr. & Art. Castro*                | 16                  | 6                | 366.3  | 25,666.9    | 48   | EN  |
| <i>Dahlia purpusii</i> Brandegees                              | 2                   | 2                | 1.4    | 0           | 4    | CR  |
| <i>Dahlia rudis</i> P.D. Sørensen*                             | 43                  | 13               | 376.7  | 29,374.5    | 140  | EN  |
| <i>Dahlia rupicola</i> P.D. Sørensen                           | 7                   | 2                | 12.2   | 12.1        | 24   | EN  |
| <i>Dahlia scapigera</i> Knowles & Westc.*                      | 54                  | 21               | 546.1  | 69,820.9    | 184  | EN  |
| <i>Dahlia scapigeroides</i> Sherff*                            | 26                  | 15               | 261.6  | 13,657.6    | 92   | EN  |
| <i>Dahlia sherffii</i> P.D. Sørensen*                          | 84                  | 39               | 930.9  | 130,548.8   | 336  | EN  |
| <i>Dahlia sorensenii</i> H.V. Hansen & Hjert.*                 | 91                  | 31               | 1361.6 | 335,708.7   | 308  | EN  |
| <i>Dahlia spectabilis</i> Saar & P.D. Sørensen                 | 2                   | 1                | 1      | 0           | 4    | CR  |
| <i>Dahlia subligiosa</i> (P.D. Sørensen) Saar & P.D. Sørensen  | 5                   | 3                | 64.2   | 602.2       | 20   | EN  |
| <i>Dahlia tamaulipana</i> J. Reyes, Islas & Art. Castro        | 3                   | 1                | 3.2    | 0           | 8    | CR  |
| <i>Dahlia tenuicaulis</i> P.D. Sørensen*                       | 141                 | 32               | 993    | 229,358.3   | 452  | EN  |
| <i>Dahlia tenuis</i> B.L. Rob. & Greenm.                       | 12                  | 5                | 89.5   | 2567.8      | 44   | EN  |
| <i>Dahlia tubulata</i> P.D. Sørensen*                          | 17                  | 12               | 319    | 29,095.4    | 60   | EN  |
| <i>Dahlia wixarika</i> Art. Castro, Carr.-Ortiz & Aarón Rodr.* | 5                   | 5                | 125.2  | 2464.5      | 20   | EN  |



*glecta* y *D. scapigeroides*), le siguieron Los Mármoles (Hidalgo), Sierra Gorda de Guanajuato y Tehuacán-Cuicatlán (Puebla-Oaxaca), con seis especies cada una. Los cuadros más diversos coincidieron con Sierra Gorda, Sierra Gorda de Guanajuato y Tehuacán-Cuicatlán (Fig. 6C). *Dahlia coccinea* crece en 25 ANP y *D. merckii* en 13. Así, 23 especies de *Dahlia* están resguardadas en ANP (Cuadro 5).

## Área de distribución

En México, *Dahlia* tiene una distribución amplia, se distribuye en casi todos los estados con excepción de Baja California, Baja California Sur, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán (Fig. 2). Todas las especies viven en México, 35 de ellas son endémicas. *Dahlia* crece a lo largo de la Zona de Transición Mexicana, se extiende hacia la Cuenca del

**Cuadro 5:** Distribución de *Dahlia* Cav. en las Áreas Naturales Protegidas Federales de México. APFF: Áreas de Protección de Flora y Fauna; APRN: Áreas de Protección de Recursos Naturales; PN: Parque Nacional; RB: Reserva de la Biosfera.

| Categoría | ANP/Número de especies/Número de registros | Especies  |
|-----------|--|---|
| RB        | Barranca de Meztitlán/1/3                  | <i>D. scapigeroides</i>   |
| PN        | Benito Juárez/2/4                          | <i>D. australis</i> , <i>D. tenuicaulis</i>   |
| PN        | Cañón de Río Blanco/3/19                   | <i>D. australis</i> , <i>D. coccinea</i> , <i>D. merckii</i>  |
| APRN      | CADNR026/4/4                               | <i>D. coccinea</i> , <i>D. foeniculifolia</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. tubulata</i>                                  |
| APRN      | CADNR043/4/43                              | <i>D. coccinea</i> , <i>D. pugana</i> , <i>D. sherffii</i> , <i>D. wixarika</i>   |
| PN        | Cascada de Basaseachi/1/2                  | <i>D. coccinea</i>  |
| APFF      | Corredor Biológico Chichinautzin/3/14      | <i>D. coccinea</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. rudis</i>  |
| PN        | Cumbres de Monterrey/1/1                   | <i>D. coccinea</i>  |
| PN        | El Chico/1/3                               | <i>D. merckii</i>   |
| PN        | El Cimatario/1/1                           | <i>D. coccinea</i>  |
| APFF      | El Jabalí/1/8                              | <i>D. coccinea</i>  |
| PN        | El Tepozteco/5/18                          | <i>D. coccinea</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. rudis</i> , <i>D. scapigera</i> , <i>D. sorensenii</i>                   |
| RB        | El Triunfo/1/1                             | <i>D. imperialis</i>  |
| PN        | Insurg. Miguel Hidalgo y Costilla/1/1      | <i>D. sorensenii</i>  |
| PN        | Insurg. José María Morelos/2/9             | <i>D. barkerae</i> , <i>D. coccinea</i>   |
| PN        | Iztaccihuatl-Popocatepetl/2/6              | <i>D. merckii</i> , <i>D. sorensenii</i>  |
| RB        | La Michilía/2/3                            | <i>D. coccinea</i> , <i>D. sherffii</i>   |
| APFF      | La Primavera/2/8                           | <i>D. coccinea</i> , <i>D. pugana</i>   |
| PN        | Lagunas de Zempoala/3/22                   | <i>D. coccinea</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. rudis</i>  |
| PN        | Los Mármoles/6/20                          | <i>D. coccinea</i> , <i>D. cuspidata</i> , <i>D. dissecta</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. mollis</i> , <i>D. moorei</i> |
| RB        | Mariposa Monarca/4/25                      | <i>D. coccinea</i> , <i>D. rudis</i> , <i>D. scapigera</i> , <i>D. sorensenii</i>                                       |
| APFF      | Nevado de Toluca/2/6                       | <i>D. rudis</i> , <i>D. scapigera</i>   |
| APFF      | Pico de Tancítaro/1/1                      | <i>D. scapigera</i>   |
| APFF      | Sierra de Álvarez/2/10                     | <i>D. coccinea</i> , <i>D. merckii</i>  |
| RB        | Sierra de Huautla/1/2                      | <i>D. coccinea</i>  |
| RB        | Sierra de Manantlán/2/48                   | <i>D. coccinea</i> , <i>D. tenuicaulis</i>  |
| PN        | Sierra de Órganos/1/1                      | <i>D. sherffii</i>  |
| APFF      | Sierra de Quila/1/4                        | <i>D. coccinea</i>  |

**Cuadro 5:** Continuación

| Categoría | ANP/Número de especies/Número de registros   | Especies  |
|-----------|--|---|
| RB        | Sierra Gorda/9/73  | <i>D. coccinea</i> , <i>D. cuspidata</i> , <i>D. dissecta</i> , <i>D. linearis</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. mollis</i> , <i>D. moorei</i> , <i>D. neglecta</i> , <i>D. scapigeroides</i> |
| RB        | Sierra Gorda de Guanajuato/6/16  | <i>D. coccinea</i> , <i>D. cuspidata</i> , <i>D. linearis</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. mollis</i> , <i>D. scapigeroides</i>  |
| RB        | Tehuacán-Cuicatlán/6/32  | <i>D. apiculata</i> , <i>D. australis</i> , <i>D. coccinea</i> , <i>D. imperialis</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. pteropoda</i>   |
| APFF      | Tutuaca/2/3  | <i>D. coccinea</i> , <i>D. sherffii</i>   |
| PN        | Volcán Nevado de Colima/1/2  | <i>D. tenuicaulis</i>   |
| RB        | Volcán Tacaná/1/2  | <i>D. imperialis</i>  |
| RB        | Zicuirán-Infiernillo/1/2   | <i>D. coccinea</i>  |
| APRN      | ZPFTC Cuencas de los Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec/4/18 | <i>D. coccinea</i> , <i>D. merckii</i> , <i>D. rudis</i> , <i>D. scapigera</i>  |

Balsas, la Costa Pacífica, el Desierto Chihuahuense, Tamaulipas y Veracruz. *Dahlia coccinea* y *D. sherffii* P.D. Sørensen tienen la distribución más septentrional a lo largo de la Sierra Madre Occidental, *D. tubulata* es su análoga en la Sierra Madre Oriental. Las especies meridionales son *D. australis*, *D. imperialis* y *D. purpusii* (Fig. 7). *Dahlia australis*, *D. imperialis* y *D. coccinea* se extienden hacia América Central y Colombia.

La intensidad de colecta por especie fue variable (Cuadro 4, Figs. 3, 7). *Dahlia coccinea* estuvo representada por 929 registros, seguida por *D. merckii* con 190 y *D. tenuicaulis* con 141. En el extremo opuesto se ubican *D. congestifolia*, *D. hjertingii*, *D. purpusii* y *D. spectabilis* con dos registros cada una. *Dahlia coccinea* y *D. sorensonii* tuvieron la mayor distancia entre dos puntos, mientras que *D. congestifolia* y *D. spectabilis* mostraron la menor (Cuadro 4).

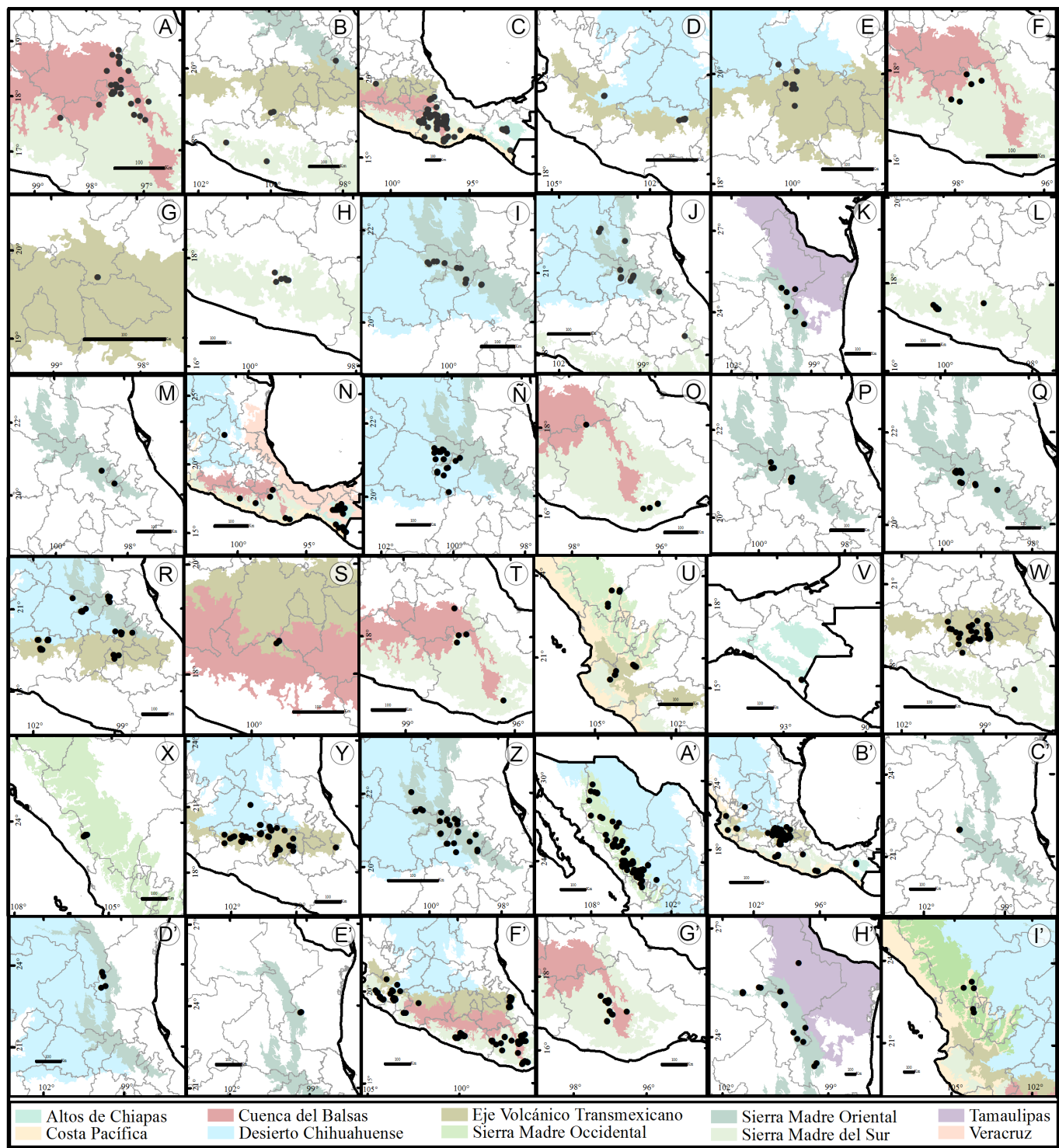
Las estimaciones de EOO y AOO revelaron que la distribución de las especies de *Dahlia* no es uniforme. El valor más alto de EOO fue 1,142,724.5 km<sup>2</sup> para *D. coccinea*, mientras que el más bajo lo presentó *D. parvibracteata* (0.3 km<sup>2</sup>). El valor de AOO más alto fue 3188 km<sup>2</sup> para *D. coccinea* y el más bajo de 4 km<sup>2</sup> para *D. purpusii* y *D. spectabilis*. En general, los valores de EOO se mantuvieron por arriba de 20,000 km<sup>2</sup> en *D. atropurpurea*, *D. australis*, *D. coccinea*, *D. dissecta*, *D. imperialis*, *D. merckii*, *D. neglecta*, *D. pugana*, *D. rudis*, *D. scapigera*, *D. sherffii*, *D. sorensonii*, *D. tenuicaulis* y *D. tubulata*. Valores de 5000 a 20,000 km<sup>2</sup> se observaron en *D. apiculata*, *D. foeniculifolia* Sherff, *D. linearis*, *D. pteropoda* y *D. scapigeroides*. *Dahlia barkeriae*

Knowles & Westc., *D. brevis*, *D. campanulata*, *D. cordifolia*, *D. cuspidata*, *D. hintonii*, *D. macdougallii*, *D. mollis*, *D. moorei*, *D. subligiosa*, *D. tenuis* y *D. wixarika* tuvieron EOO de 100 a 5000 km<sup>2</sup>. EOO menores a 100 km<sup>2</sup> se observaron en *D. parvibracteata* y *D. rupicola*. No se estimó EOO de *D. congestifolia*, *D. hjertingii*, *D. purpusii*, *D. spectabilis* y *D. tamaulipana*, por tener únicamente dos registros de cada especie. Con excepción de *D. coccinea*, casi todas las especies obtuvieron valores de AOO por debajo de 2000 km<sup>2</sup>. *Dahlia merckii* tuvo AOO de 624 km<sup>2</sup>, 31 especies mostraron áreas de 10 a 500 km<sup>2</sup>. *Dahlia congestifolia*, *D. hjertingii*, *D. purpusii*, *D. spectabilis* y *D. tamaulipana* resultaron con valores menores a 10 km<sup>2</sup> (Cuadro 4).

*Dahlia coccinea* mostró la distribución geográfica más amplia (Cuadro 1, Fig. 3A), al encontrarse en 26 estados, dos regiones, la Zona de Transición Mexicana y nueve provincias biogeográficas. Se encontraron 929 registros que representan 47% de los datos. Su intervalo de elevación fue el más amplio entre 24 y 3033 m, prospera en el bosque de coníferas y encinos (527 registros), bosque tropical caducifolio (190), matorral xerófilo (76), pastizal (75), bosque mesófilo de montaña (27), bosque tropical subcaducifolio (13), bosque espinoso (8), vegetación acuática y subacuática (8) y bosque tropical perennifolio (5).

### Estado de conservación

De acuerdo con la distribución geográfica (criterio B) representada por el área de ocupación (AOO, B2(a)), todas las especies de *Dahlia* se encuentran en riesgo. *Dahlia*



**Figura 7:** Mapas de distribución para 36 especies de *Dahlia* Cav. A. *D. apiculata* (Sherff) P.D. Sørensen; B. *D. atropurpurea* P.D. Sørensen; C. *D. australis* (Sherff) P.D. Sørensen; D. *D. barkerae* Knowles & Westc.; E. *D. brevis* P.D. Sørensen; F. *D. campanulata* Saar, P.D. Sørensen & Hjert.; G. *D. congestifolia* P.D. Sørensen; H. *D. cordifolia* (Sessé & Moc.) McVaugh; I. *D. cuspidata* Saar, P.D. Sørensen & Hjert.; J. *D. dissecta* S. Watson; K. *D. foeniculifolia* Sherff; L. *D. hintonii* Sherff; M. *D. hjertingii* H.V. Hansen & P.D. Sørensen; N. *D. imperialis* Roezli ex Ortgies; Ñ. *D. linearis* Sherff; O. *D. macdougallii* Sherff; P. *D. mollis* P.D. Sørensen; Q. *D. moorei* Sherff; R. *D. neglecta* Saar; S. *D. parvibracteata* Saar & P.D. Sørensen; T. *D. pteropoda* Sherff; U. *D. pugana* Aarón Rodr. & Art. Castro; V. *D. purpusii* Brandegees; W. *D. rudis* P.D. Sørensen; X. *D. rupicola* P.D. Sørensen; Y. *D. scapigera* Knowles & Westc.; Z. *D. scapigeroides* Sherff; A'. *D. sherffii* P.D. Sørensen; B'. *D. sorensenii* H.V. Hansen & Hjert.; C'. *D. spectabilis* Saar & P.D. Sørensen; D'. *D. sublignosa* (P.D. Sørensen) Saar & P.D. Sørensen; E'. *D. tamaulipana* J. Reyes, Islas & Art. Castro; F'. *D. tenuicaulis* P.D. Sørensen; G'. *D. tenuis* B.L. Rob. & Greenm.; H'. *D. tubulata* P.D. Sørensen; I'. *D. wixarika* Art. Castro, Carr.-Ortiz & Aarón Rodr.



*congestifolia*, *D. hjertingii*, *D. purpusii*, *D. spectabilis* y *D. tamaulipana* se categorizan En Peligro Crítico (CR, Cuadro 4). Treinta y un especies son consideradas En Peligro (EN), *Dahlia merckii* es Vulnerable (VU) y *D. coccinea* Casi Amenazada (NT). Oaxaca y Guerrero, la Sierra Madre Oriental, el bosque de coníferas y encino tienen el mayor número de especies en CR y EN. Por último, ninguna de las especies en CR está dentro de un ANP, mientras que 21 especies en EN sí lo están.

## Discusión

### Base de datos y georreferenciación

Sørensen (1969) y Turner (2010) elaboraron mapas de distribución de las especies de *Dahlia*. Sin embargo, ningún trabajo había analizado su distribución geográfica y riqueza utilizando SIG. Este trabajo concentra la información de los ejemplares de *Dahlia* depositados en 32 colecciones biológicas de México y 38 extranjeras. La información contenida en estas colecciones es importante, pues representa la base para estudios de distribución de la biodiversidad (Powney e Isaac, 2015). De los 1980 registros utilizados en los análisis, 1304 (61%) contienen valores de latitud y longitud estimados. Esto refleja que el uso de GPS (Global Positioning System) es reciente; además, el proceso de georreferenciación demanda tiempo y esfuerzo. Para aumentar la precisión es necesario evaluar toda la evidencia posible como localidad, elevación, tipo de suelo y vegetación donde la especie crece, en algunos casos las rutas de colector son necesarias y muy útiles (Willis et al., 2003).

### Riqueza de especies y área de distribución

Aunque no son las mismas, en Oaxaca e Hidalgo crecen 12 especies de *Dahlia* (Cuadro 1). Oaxaca es el estado con la mayor diversidad florística del país (Cevallos-Ferriz y Ramírez, 2004; García-Mendoza et al., 2004; Villaseñor, 2016). Para éste se han citado 266 familias, 1946 géneros y 10,229 especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2016). La familia Asteraceae es ejemplo de esta diversidad; Villaseñor et al. (2004) registraron la presencia de 897 especies agrupadas en 188 géneros, cifra que le da el mayor grado de riqueza en el estado. El endemismo también es importante. Suárez-Mota y Villaseñor (2011) encontraron que 133 especies de Asteraceae son endémicas de Oaxaca. Villaseñor et al.

(2004) citan para el estado a *D. apiculata*, *D. australis*, *D. coccinea*, *D. imperialis*, *D. macdougallii*, *D. merckii*, *D. pinnata*, *D. pteropoda*, *D. tenuicaulis* y *D. tenuis*. En el presente trabajo se registran: *D. campanulata*, *D. rudis* y *D. sorensenii*. *Dahlia campanulata* fue descrita por Saar et al. (2003b) como endémica de Oaxaca y ha sido citada previamente por Castro-Castro et al. (2012). *Dahlia pinnata* no fue incluida en el análisis por ser cultivada y se cree es un híbrido entre *D. coccinea* y *D. sorensenii* (Mera et al., 2008).

Con base en antecedentes florísticos, la riqueza de *Dahlia* en Hidalgo se podría prever, en su territorio crecen 4734 especies de plantas vasculares que representan 20% de las especies de México (Villavicencio et al., 2002; Villaseñor, 2016). Luna-Vega et al. (2000) realizaron un análisis de trazos en el bosque mesófilo de montaña, con base en 967 especies de plantas vasculares integradas en 496 géneros y 145 familias; la familia Asteraceae tuvo el mayor número de especies. En el trabajo de Ponce-Vargas et al. (2006) encontraron que Asteraceae contiene el mayor número de géneros y especies en el bosque mesófilo de montaña del municipio Lolotla. Los resultados del presente estudio tienen la misma tendencia. Castro-Castro et al. (2012) mencionaron 12 especies de *Dahlia* pero Mera et al. (2008) citaron 13. Castro-Castro et al. (2012) admitieron la presencia de *D. scapigera* y omitieron *D. australis* y *D. rudis*. En contraste, Mera et al. (2008) reconocieron la existencia de *D. australis* y *D. rudis* pero excluyeron *D. scapigera*. Nuestros resultados no apoyan la presencia de *D. rudis* ni *D. scapigera*, aunque confirman la existencia de *D. atropurpurea*. Errores en la determinación taxonómica explican la diferencia en los resultados.

En los estados de Aguascalientes, Colima, Sinaloa y Sonora solo se registró *Dahlia coccinea* (Cuadro 1). Villaseñor (2016) reporta la presencia de *D. rupicola* en Sinaloa, *D. sherffii* en Sinaloa y Sonora, *D. sorensenii* en Sonora y *D. tenuicaulis* en Colima; en este trabajo no se encontraron registros de estas especies en los estados mencionados. En estos casos, es necesario revisar herbarios locales y utilizar modelos de distribución potencial, para evaluar si se trata de un patrón natural o si existe un sesgo debido a la intensidad de exploración botánica.

El mayor número de especies de *Dahlia* crece en la Zona de Transición Mexicana. La región comprende las pro-

vincias biogeográficas asociadas a las cadenas montañosas de México. Las secciones *Pseudodendron* y *Epiphytum* tienen un patrón de distribución similar. En contraste, la sección *Dahlia* no muestra un patrón definido, se encuentra principalmente en la Zona de Transición Mexicana, pero también en las regiones Neártica y Neotropical. Por su parte, la sección *Entemophyllum* agrupa especies de hábitats más áridos que crecen en la región Neártica, en el extremo sur del Desierto Chihuahuense, entre la Sierra Madre Oriental y el Eje Volcánico Transmexicano. La zona incluye las partes áridas de los estados de Guanajuato, Querétaro e Hidalgo cubiertas por matorral xerófilo, con manchones de bosque espinoso y bosque de coníferas y encino.

Saar et al. (2003a) generaron una hipótesis filogenética de *Dahlia*, en la cual *Dahlia* sección *Entemophyllum* es el primer grupo divergente. Entonces, podría inferirse que *Dahlia* inició su diversificación al colonizar ecosistemas xerófilos. Sin embargo, su diversidad es mayor en ambientes templados y fríos de México.

La Sierra Madre del Sur concentra el mayor número de especies de *Dahlia*. Su compleja historia geológica, fisiográfica y la variación climática han favorecido la diversidad biológica, pues se estima que en ella se encuentra 30% de la biodiversidad de México (Santiago-Alvarado et al., 2016). Espinosa et al. (2016) registraron 6467 especies de angiospermas, *Dahlia* representa 0.3% de esa diversidad. Al respecto, Turner y Nesom (1998) notificaron la presencia de 356 especies endémicas de Asteraceae dentro de la Sierra Madre del Sur, 179 de ellas forman parte de la tribu Heliantheae donde se agrupaba *Dahlia*.

En México se han analizado los patrones de riqueza en diferentes grupos de plantas (Cruz-Cárdenas et al. 2013; Vargas-Amado et al., 2013; Munguía-Lino et al., 2015; Sosa y Loera, 2017; Anguiano-Constante et al., 2018). Los resultados muestran que la riqueza de especies se concentra en el Eje Volcánico Transmexicano. *Dahlia* tiene un patrón de riqueza distinto, la Sierra Madre del Sur alberga la mayor riqueza seguida por la Sierra Madre Oriental (Cuadro 2). Las tres provincias pertenecen a la Zona de Transición Mexicana.

*Dahlia* prospera en nueve tipos de vegetación, aunque el mayor número de especies lo encontramos en el bosque de coníferas y encino. Esta observación apoya la

afirmación de Rzedowski (1986), quien encontró que Asteraceae es la mejor representada en el encinar y el bosque de coníferas; en el encinar 15 a 20% de los géneros son de Asteraceae y a nivel de especie hay una gran cantidad de endemismos. Los ecosistemas asociados a climas templados contribuyen a la diversidad biológica de México; su historia biogeográfica se asocia a eventos muy antiguos que han originado una gran variedad de especies y ambientes (Sánchez et al., 2003). En contraste, ocho registros de *Dahlia* coincidieron con la vegetación acuática y subacuática; al encontrarse puntos de ocurrencia de *D. coccinea*, *D. merckii*, *D. neglecta*, *D. rudis* y *D. sorensenii* en estas áreas. *Dahlia* no es un género con especies de hábitos acuáticos; pueden estar asociadas a acantilados con cascadas, a la orilla de arroyos o encharcamientos temporales, pero no poseen estructuras que les permitan crecer en sitios saturados de agua. La capa de vegetación potencial utilizada en el análisis (Rzedowski, 1990) representa una aproximación de la distribución de los tipos de vegetación en México.

Treinta y seis especies de *Dahlia* crecen entre 2000 y 2500 m de elevación. Sørensen (1969) afirmó que *Dahlia* prospera entre 1500 y 4300 m. Castro-Castro et al. (2012) mencionaron la presencia de *Dahlia* en un intervalo de 1500 a 3700 m. Ambos trabajos registraron que *D. coccinea* crece cerca del nivel del mar. Los datos de Castro-Castro et al. (2012) son congruentes con los resultados del presente estudio, ya que *D. coccinea* tiene el rango de elevación más amplio (24 a 3033 m) y *D. scapigera* crece en la elevación máxima, a 3808 m. No se encontró ningún registro por encima de 4000 m como lo citó Sørensen (1969). En resumen, la mayoría de las especies de *Dahlia* prosperan entre 2000 y 2500 m, lo que representa una franja de elevación de 500 m. La latitud con la diversidad más alta de *Dahlia* es 19°N, esta franja coincide con el Eje Volcánico Transmexicano, mientras que la longitud que tiene el mayor número de especies (99°W) concuerda con la Sierra Madre Oriental, la porción este del Eje Volcánico Transmexicano y la Sierra Madre del Sur.

En el análisis de riqueza por cuadrícula, la celda con mayor diversidad alberga nueve especies (Fig. 6A). Esta zona se ubica en la porción noreste del estado de Querétaro, pertenece a la Sierra Madre Oriental y está ubicada dentro de la Sierra Gorda. El área incluye las Reservas

de la Biosfera Sierra Gorda y Sierra Gorda de Guanajuato (CONANP, 2012). Hernández-Cerda y Carrasco-Anaya (2004) afirmaron que la diversidad climática presente en la Sierra Madre Oriental incluye 99% de los climas de México. Los ambientes varían desde muy áridos hasta cálidos-húmedos y como resultado hay una gran riqueza biológica; *Dahlia* es un ejemplo de ello.

Los tipos de vegetación en la Sierra Gorda son variados; se encuentran bosque de coníferas y encino, bosque tropical caducifolio, bosque tropical subcaducifolio, matorral xerófilo, bosque mesófilo de montaña y pastizal (Arreguín-Sánchez y Fernández-Nava, 2004). En todos se registraron especies de *Dahlia*; en general Asteraceae alberga a 74 géneros y 166 especies. En un estudio sobre la riqueza de Asteraceae en el Bajío, Villaseñor y Ortiz (2012) proponen en Querétaro diez celdas que representan áreas prioritarias para la protección de sus recursos, con base en la presencia de especies endémicas. La zona de alta diversidad de *Dahlia* aquí obtenida coincide con tres de las celdas propuestas y puede sumarse a otros trabajos que sustentan la protección de la Sierra Gorda.

La segunda zona de diversidad está sujeta a cierto grado de protección, comprende dos celdas ubicadas en el noroeste del estado de Oaxaca; una está próxima a la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, allí crecen nueve especies de *Dahlia*. Otros trabajos han obtenido resultados similares, Villaseñor et al. (2005) estimaron la riqueza de especies de las tribus Mutisieae, Senecioneae y Tageteae (Asteraceae), sus resultados muestran tres sitios de alta diversidad en Oaxaca, dos de ellos coinciden con las celdas más ricas encontradas en este trabajo. Estos resultados y los de Suárez-Mota et al. (2018) aportan información para justificar la incorporación de áreas nuevas a la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Finalmente, 23 especies de *Dahlia* están presentes en 36 ANP y las zonas de riqueza están dentro o muy cerca de tres Reservas de la Biosfera.

### Estado de conservación

El AOO y EOO son útiles para evaluar la categoría de riesgo de las especies según el criterio B de la Lista Roja (IUCN, 2012; Maes et al., 2015). En la categoría EN se encuentran los taxa que tengan AOO menores de 500 km<sup>2</sup> (Bachman et al., 2011; IUCN, 2012). *Dahlia* es un género nativo de Mé-

xico, es la flor nacional y representa un símbolo de la floricultura, lo que compromete un seguimiento para su protección. *Dahlia scapigera* y *D. tenuicaulis* están en la lista de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), con la categoría: "sujetas a protección especial". Siguiendo los criterios de la IUCN (2012), *D. congestifolia*, *D. hjertingii*, *D. purpusii*, *D. spectabilis* y *D. taulipana* se encuentran en CR, en estos casos, se sugiere evaluar su categoría de protección de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) e incluirse en la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2012).

### Contribución de autores

MCO, GVA y AR concibieron y diseñaron el estudio. GML y MCO realizaron los análisis. MCO, ACC, AR, GML y MH contribuyeron a la adquisición de datos. MCO, GML y AR realizaron la interpretación de datos y escribieron el manuscrito. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

### Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Proyecto número 80200) y el Laboratorio Nacional de Identificación y Caracterización Vegetal (Lani-Veg).

### Agradecimientos

Agradecemos al personal de los herbarios ANSM, BCMEX, CHAP, CHAPA, CIIDIR, COTECOCA, EBUM, ECOSUR, ENCB, FCME, FEZA, HCIB, HCIAD, HEM, HUAA, HUAP, HUAZ, HUMO, IBUG, IEB, INEGI, IZTA, JAL, JES, MEXU, OAX, QMEX, RSBG, SERO, SLPM, TAMP, UCAM, USON, XAL y ZEA por las facilidades otorgadas durante la revisión de ejemplares. Se agradece a Jesús González Gallegos, Juan Pablo Ortiz Brunel, Marco Anguiano Constante, Miguel Ángel García Martínez y Pilar Zamora Tavares su colaboración en el trabajo de campo. Nuestro agradecimiento a dos revisores anónimos.

### Literatura citada

Abraham, B., V. Kamala, N. Sivaraj, N. Sunil, S. R. Pandravada, M. Vanaja y K. S. Varaprasad. 2010. DIVA-GIS approaches for diversity assessment of pod characteristics in black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). Current Science 98(5): 616-619.

- Anguiano-Constante, M. A., G. Munguía-Lino, E. Ortiz, J. L. Villaseñor y A. Rodríguez. 2018. Riqueza, distribución geográfica y conservación de *Lycianthes* serie *Meizodonotae* (Solanaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89(2): 516-529. DOI: <https://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.2.2340>
- Arreguín-Sánchez, M. y R. Fernández-Nava. 2004. Flora de la Sierra Gorda, Querétaro. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. Pp. 193-214.
- Bachman, S., J. Moat, A. W. Hill, J. de la Torre y B. Scott. 2011. Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: geospatial conservation assessment tool. *ZooKeys* 150: 117-126. DOI: <https://doi.org/10.3897/zookeys.150.2109>
- Castro-Castro, A., A. Rodríguez, G. Vargas-Amado y M. Harker. 2012. Diversidad del género *Dahlia* (Asteraceae: Coriopsidae) en Jalisco, México y descripción de una especie nueva. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(2): 347-358.
- Castro-Castro, A., O. Zuno-Delgadillo, M. A. Carrasco-Ortiz, M. Harker y A. Rodríguez. 2015. Novedades en el género *Dahlia* (Asteraceae: Coreopsidae) en Nueva Galicia, México. *Botanical Sciences* 93(1): 41-51. DOI: <https://dx.doi.org/10.17129/botsci.239>
- Cevallos-Ferriz, S. R. S. y J. L. Ramírez. 2004. Bosquejo de la evolución florística. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. Cd. Mx., México. Pp. 87-104.
- CONABIO. 1998. Curvas de nivel para la República Mexicana. In: INEGI (ed.). *Modelo Digital del Terreno*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Cd. Mx., México.
- CONANP. 2012. Áreas naturales protegidas federales de México, agosto 2012. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Morelia, México.
- Cruz-Cárdenas, G., J. L. Villaseñor, L. López-Mata y E. Ortiz. 2013. Distribución espacial de la riqueza de especies de plantas vasculares en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(4): 1189-1199. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.31811>
- Espinosa, D., S. Ocegueda-Cruz e I. Luna-Vega. 2016. Introducción al estudio de la Biodiversidad de la Sierra Madre del Sur: un visión general. In: Luna-Vega, I., D. Espinosa y R. Contreras-Medina (eds.). *Biodiversidad de la Sierra Madre del Sur: una síntesis preliminar*. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. Pp. 23-36.
- ESRI. 1992-1998. ArcView 3.3. Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, USA.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1998. Geología de México: una sinopsis. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. Pp. 3-108.
- García, E. 1998. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. *Instituto de Geografía*; Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. 99 pp.
- García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas. 2004. *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wild Life Fund. Cd. Mx., México. 606 pp.
- Gatt, M., H. Ding, K. Hammett y B. Murray. 1998. Polyploidy and evolution in wild and cultivated *Dahlia* species. *Annals of Botany* 81(5): 647-656. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1998.0614>
- Gatt, M., K. Hammett y B. Murray. 2000. Molecular phylogeny of the genus *Dahlia* Cav. (Asteraceae, Heliantheae-Coreopsidinae) using sequences derived from the internal spacers of nuclear ribosomal DNA. *Botanical Journal of the Linnean Society* 133(2): 229-239. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2000.tb01544.x>
- Giannasi, D. E. 1975. The flavonoid systematics of the genus *Dahlia* (Compositae). *Memoirs of the New York Botanical Garden* 26: 1-125.
- Google. 2007. Google Earth Software, version 4.2. <http://www.google.com/earth/download/> (consultado febrero de 2018).
- Hansen, H. V. 2007. Simplified keys to four sections with 34 species in the genus *Dahlia* (Asteraceae-Coreopsidae). *Nordic Journal of Botany* 24(5): 549-553. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.2004.tb01639.x>
- Hansen, H. V. y J. P. Hjerting. 1996. Observations on chromosome numbers and biosystematics in *Dahlia* (Asteraceae, He-



- liantheae) with an account on the identity of *D. pinnata*, *D. rosea* and *D. coccinea*. *Nordic Journal of Botany* 16(4): 445-455. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1996.tb00256.x>
- Hansen, H. V. y P. D. Sørensen. 2003. A new species of *Dahlia* (Asteraceae-Coreoideae) from Hidalgo State, Mexico. *Rhodora* 105(922): 101-105.
- Hernández-Cerda, M. y G. Carrasco-Anaya. 2004. Climatología. In: Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. Pp. 63-108.
- Hijmans, R. J. y D. M. Spooner. 2001. Geographic distribution of wild potato species. *American Journal of Botany* 88(11): 2101-2112. DOI: <https://doi.org/10.2307/3558435>
- Hijmans, R. J., M. Schreuder, J. De la Cruz y L. Guarino. 1999. Using GIS to check co-ordinates of germplasm accessions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46(3): 291-296.
- Hijmans, R. J., L. Guarino, C. Bussink, P. Mathur, M. Cruz, I. Berrantes y E. Rojas. 2004. DIVA-GIS versión 4. Un Sistema de Información Geográfica para el análisis de distribución de especies. Manual. Centro Internacional de la Papa; Instituto Internacional de Recursos Genéticos Vegetales. Lima, Perú. 84 pp.
- IUCN. 2012. Guidelines for Application of IUCN Red List Criteria at Regional and National Levels: Version 4.0. IUCN Species Survival Commission, International Union for the Conservation of Nature. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. iii + 41 pp.
- Luna-Vega, I., O. Alcántara, J. J. Morrone y O. D. Espinosa. 2000. Track analysis and conservation priorities in the cloud forest of Hidalgo, Mexico. *Diversity and Distributions* 6(3): 136-143. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00079.x>
- Maes, D., N. J. B. Isaac, C. A. Harrower, B. Collen, A. J. van Strien y D. B. Roy. 2015. The use of opportunistic data for IUCN Red List assessments. *Biological Journal of the Linnean Society* 115(3): 690-706. DOI: <https://doi.org/10.1111/bij.12530>
- McVaugh, R. 1984. Asteraceae. In: Anderson, W. R. (ed.). *Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of western Mexico* Vol. 12. University of Michigan Press. Ann Arbor, USA. Pp. 1-1157.
- McVaugh, R. 2000. Botanical results of the Sessé & Mociño expedition (1787-1803) VII. A guide to relevant scientific names of plants. Hunt Institute for Botanical Documentation. Pittsburgh, USA. 626 pp.
- Mera, O. L. y R. Bye. 2006. La *Dahlia* una belleza originaria de México. *Revista Digital Universitaria* 7(11): 1-11.
- Mera, O. L., M. J. Mejía, R. Bye, C. A. Laguna, F. A. Espinosa y G. Treviño. 2008. Diversidad de dalias cultivadas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Publicación de difusión 3: 1-49.
- Morrone, J. J. 2017. Biogeographic regionalization of the Sierra Madre del Sur province, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(3): 710-714. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2017.07.012>
- Morrone, J. J., T. Escalante y G. Rodríguez-Tapia. 2017. Mexican biogeographic provinces: map and shapefiles. *ZooTaxa* 4277(2): 277-279. DOI: <https://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>
- Munguía-Lino, G., G. Vargas-Amado, L. M. Vázquez-García y A. Rodríguez. 2015. Riqueza y distribución geográfica de la tribu Tigridieae (Iridaceae) en Norteamérica. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86(1): 80-98. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.44083>
- Olson, D. M., E. Dinerstein, E. D. Wikramanayake, N. D. Burgess, V. N. Powell, E. C. Underwood, J. A. D'Amico, I. Itoua, H. E. Strand, J. C. Morrison, C. J. Loucks, T. F. Allnutt, T. H. Rickerts, Y. Kura, J. F. Lamoreux, W. W. Wettengel, P. Hedao y K. R. Kassem. 2001. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *Bioscience* 51(11): 933-938. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051%5B0933:TEOTWA%5D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051%5B0933:TEOTWA%5D2.0.CO;2)
- Parthasarathy, U., K. V. Saji, K. Jayarajan y V. A. Parthasarathy. 2006. Biodiversity of *Piper* in South India - application of GIS and cluster analysis. *Current Science* 91(5): 652-658.
- Ponce-Vargas, A., I. Luna-Vega, O. Alcántara-Ayala y C. A. Ruiz-Jiménez. 2006. Florística del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande, Lolotla, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77(2): 177-190.
- Powney, G. D. y N. J. B. Isaac. 2015. Beyond maps: a review of the applications of biological records. *Biological Journal of the Linnean Society* 115(3): 532-542. DOI: <https://doi.org/10.1111/bij.12517>
- Reyes-Santiago, J., M. A. Islas-Luna, R. G. Macías-Flores y A. Castro-Castro. 2018. *Dahlia tamaulipana* (Asteraceae, Coreoideae), a new species from the Sierra Madre Oriental bio-

- geographic province in Mexico. *Phytotaxa* 349(3): 214-224. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.349.3.2>
- Rodríguez, A. 2015. Riqueza de papas silvestres (*Solanum* sección *Petota*) y patrones de distribución geográfica en México. *Agroproductividad* 8(1): 3-8.
- Rzedowski, J. 1986. Vegetación de México. Limusa. Cd. Mx., México. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1990. Vegetación potencial. Mapa escala 1: 4,000,000. In: Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (eds.). Atlas Nacional de México, Tomo II, Sección IV.8.2. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México.
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 2008. Compositae: tribu Heliantheae. II. Flora del Bajío y de regiones adyacentes 157: 1-166.
- Saar, D. E. 2002. *Dahlia neglecta* (Asteraceae, Coreopsidae), a new species from Sierra Madre Oriental, Mexico. *Sida* 20(2): 593-596.
- Saar, D. E. y P. D. Sørensen. 2000. *Dahlia parvibracteata* (Asteraceae, Coreopsidae), a new species from Guerrero, Mexico. *Novon* 10(4): 407-410. DOI: <https://doi.org/10.2307/3392997>
- Saar, D. E. y P. D. Sørensen. 2005. *Dahlia subalignosa* (Asteraceae): A new species in its own right. *Sida* 21(4): 2161-2167.
- Saar, D. E. y P. D. Sørensen. 2006. Validation of the name *Dahlia subalignosa* (Asteraceae). *Sida* 22(1): 545.
- Saar, D. E., P. D. Sørensen y J. P. Hjerting. 2002. *Dahlia spectabilis* (Asteraceae, Coreopsidae), a new species from San Luis Potosí, Mexico. *Brittonia* 54(2): 116-119. DOI: [https://doi.org/10.1663/0007-196X\(2002\)054%5B0116:DSACAN%5D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0007-196X(2002)054%5B0116:DSACAN%5D2.0.CO;2)
- Saar D. E., N. O. Polans y P. D. Sørensen. 2003a. A phylogenetic analysis of the genus *Dahlia* (Asteraceae) based on internal and external transcribed spacer regions of nuclear ribosomal DNA. *Systematic Botany* 28(3): 627-639.
- Saar, D. E., P. D. Sørensen y J. P. Hjerting. 2003b. *Dahlia campanulata* and *D. cuspidata* (Asteraceae, Coreopsidae): two new species from Mexico. *Acta Botanica Mexicana* 64: 19-24. DOI: <https://dx.doi.org/10.21829/abm64.2003.924>
- Sánchez, O., E. Vega, E. Peters y O. Monrroy-Vilchis. 2003. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Instituto Nacional de Ecología (INE)-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Cd. Mx., México. 315 pp.
- Santiago-Alvarado, M., G. Montañón-Arias y D. Espinosa. 2016. Áreas de endemismo de la Sierra Madre del Sur. In: Luna-Vega, I., D. Espinosa y R. Contreras-Medina (eds.). Biodiversidad de la Sierra Madre del Sur: una síntesis preliminar. Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. Pp. 431-448.
- Scheldeman, X., L. Willems, G. Coppens d'Eeckenbrugge, E. Ro-meijn-Peeters, M. T. Restrepo, J. R. Motoche, D. Jiménez, M. Lobo, C. I. Medina, C. Reyes, D. Rodríguez, J. A. Ocampo, P. Van Damme y P. Goetghebeur. 2007. Distribution, diversity and environmental adaptation of highland papayas (*Vas-concellea* spp.) in tropical and subtropical America. *Biodiversity and Conservation* 16(6): 1867-1884. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9086-x>
- SEMARNAT. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. [http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM\\_059\\_SEMARNAT\\_2010.pdf](http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf).
- Sherff, E. E. 1947. New or otherwise noteworthy Compositae. *American Journal of Botany* 34(3): 138-158. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1947.tb12969.x>
- Sherff, E. E. 1951a. Miscellaneous notes on new or otherwise noteworthy dicotyledonous plants. *American Journal of Botany* 38(1): 54-73. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1951.tb14247.x>
- Sherff, E. E. 1951b. *Dahlia moorei*, a new dahlia (fam. Compositae) from northwestern Hidalgo. *Botanical Leaflets* 5: 22-24.
- Sørensen, P. D. 1969. Revision of the genus *Dahlia* (Compositae, Heliantheae-Coreopsidinae). *Rhodora* 71(787): 367-416.
- Sørensen, P. D. 1980. New taxa in the genus *Dahlia* (Asteraceae, Heliantheae-Coreopsidinae). *Rhodora* 82(830): 354-360.
- Sørensen, P. D. 1987. *Dahlia congestifolia*, section *Entemophyllon* (Asteraceae: Heliantheae, Coreopsidinae), new from Hidalgo, Mexico. *Rhodora* 89(858): 197-203.
- Sosa, V. e I. Loera. 2017. Influence of current climate, historical climate stability and topography on species richness and endemism in Mesoamerican geophyte plants. *PeerJ* 5: e3932. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.3932>

- Suárez-Mota, M. E. y J. L. Villaseñor. 2011. Las Compuestas endémicas de Oaxaca, México: diversidad y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 88: 55-66. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsoci.308>
- Suárez-Mota, M. E., J. L. Villaseñor y M. B. Ramírez-Aguirre. 2018. Sitios prioritarios para la conservación de la riqueza florística y el endemismo de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Acta Botanica Mexicana* 124: 49-74. DOI: [10.21829/abm124.2018.1296](https://doi.org/10.21829/abm124.2018.1296)
- Sunil, N., N. Sivaraj, K. Anitha, B. Abraham, V. Kumar, E. Sudhir, M. Vanaja y K. S. Varaprasad. 2009. Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. germplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS). *Genetic Resources and Crop Evolution* 56(1): 115-119. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10722-008-9350-x>
- Thiers, B. 2018. Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/> (consultado febrero de 2018).
- Toledo, V. M. y M. J. Ordóñez. 1998. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biodiversidad Biológica de México*. Instituto de Biología; Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. Pp. 739-757.
- TROPICOS. 2017. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org> (consultado febrero de 2018).
- Turner, B. L. 2010. The comps of Mexico. A systematic account of the family Asteraceae (Chapter 10: subfamily Coreopsi-deae). Plant Resources Center, University of Austin Texas. Austin, USA. 224 pp.
- Turner, B. L. y G. L. Nesom. 1998. Biogeografía, diversidad y situación de peligro o amenaza de Asteraceae de México. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biodiversidad Biológica de México*. Instituto de Biología; Universidad Nacional Autónoma de México. Cd. Mx., México. Pp. 545-561.
- Vargas-Amado, G., A. Castro-Castro, M. Harker, J. L. Villaseñor, E. Ortiz y A. Rodríguez. 2013. Distribución geográfica y riqueza del género *Cosmos* (Asteraceae: Coreopsidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84(2): 536-555. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.31481>
- Villaseñor, J. L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28(3): 160-167.
- Villaseñor, J. L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87(3): 559-902. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2012. La familia Asteraceae en la flora del Bajío y de regiones adyacentes. *Acta Botanica Mexicana* 100: 259-291. DOI: <https://dx.doi.org/10.21829/abm100.2012.37>
- Villaseñor, J. L., E. Ortiz y V. Juárez. 2004. Asteráceas. In: García-Mendoza, A. J., M. J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. Cd. Mx., México. Pp. 177-192.
- Villaseñor, J. L., P. Maeda, J. Colín-López y E. Ortiz. 2005. Estimación de la riqueza de especies de Asteraceae mediante extrapolación a partir de datos de presencia-ausencia. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 5-18.
- Villavicencio, N. M., E. B. Pérez y A. A. Ramírez. 2002. Plantas útiles del estado de Hidalgo II. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. Pachuca, México. 247 pp.
- Willis, F., J. Moat y A. Paton. 2003. Defining a role for herbarium data in Red List assessments: a case study of *Plectranthus* from eastern and southern tropical Africa. *Biodiversity and Conservation* 12(7): 1537-1552. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1023679329093>
- Wodehouse, R. P. 1930. The origin of the six-furrowed configuration of *Dahlia* pollen grains. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 57(6): 371-380. DOI: <https://doi.org/10.2307/2480640>