Botanical Sciences 99(4): 955-975. 2021
DOI: 10.17129/botsci.2800

Recibido: 20 de noviembre de 2020, Aceptado: 29 de marzo de 2021
Primero en línea: 21 de agosto de 2021

Variación en la morfología foliar, floral y frutal de *Magnolia mexicana* (DC.) G. Don (Sección *Talauma*, Magnoliaceae) en México

Foliar, floral and fruit morphology variation in *Magnolia mexicana* (DC.) G. Don (*Talauma* Section, Magnoliaceae) in Mexico

Marisol Gutiérrez-Lozano[1], José Antonio Vázquez-García[2], José Luis Reyes Ortiz[1], Pablo Octavio Aguilar[1], Dulce María Galván Hernández[1], Arturo Sánchez-González[1]*

[1] Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México.
[2] Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Botánica y Zoología, Herbario IBUG, Universidad de Guadalajara, Zapopán, Jalisco, México.
*Autor para la correspondencia: arturosg@uaeh.edu.mx

Resumen

Antecedentes: Con base en caracteres morfológicos de hojas, flores y frutos se han segregado nuevas especies del complejo *Magnolia mexicana* en México. Por su importancia evolutiva, ecológica y de uso medicinal es relevante analizar la variación morfológica y conocer el estado actual de sus poblaciones en su área de distribución.

Preguntas: ¿Existe diferenciación en la morfología de hojas, flores y frutos en las poblaciones de *M. mexicana*? ¿Cuál es el estado actual de las poblaciones de *M. mexicana*?

Especie de estudio: *Magnolia mexicana* (DC.) G. Don (Magnoliaceae).

Sitios y años de estudio: El estudio se realizó en seis poblaciones de *M. mexicana* en la Sierra Madre Oriental, entre mayo y octubre de 2019 y 2020.

Métodos: Se analizaron 480 hojas, 240 flores y 84 frutos mediante análisis univariados y multivariados.

Resultados: Los primeros componentes principales explicaron 85, 69 y 68 % de la variación foliar, floral y frutal, respectivamente; y las primeras 2 funciones discriminantes 82, 66 y 94 % de dicha variación. Los caracteres morfológicos con mayor variación fueron: diámetro del peciolo y vena media, número de estambres, ancho de carpelos, y largo y ancho de semillas.

Conclusiones: El rango de variación en las características morfológicas de *M. mexicana* fue más amplio que el documentado en la descripción original de la especie. Las poblaciones están aisladas y presentan baja densidad y alta diferenciación morfológica entre sí, en particular en flores y frutos, por lo que su identidad taxonómica requiere ser corroborada a nivel genético.

Palabras clave: Complejo de especies, Especie amenazada, Magnoliaceae, Sierra Madre Oriental, Variación morfológica.

Abstract

Background: Based on morphological characters of leaves, flowers and fruits, new species of the *Magnolia mexicana* complex have been segregated in Mexico. Due to its evolutionary, ecological and medicinal use importance, it is relevant to analyze the morphological variation and to know the current status of the *M. mexicana* populations in its area of distribution.

Questions: Is there differentiation in the morphology of the leaves, flowers and fruits in the populations of *M. mexicana*? What is the current status of the *M. mexicana* populations?

Studied species: *Magnolia mexicana* (DC.) G. Don (Magnoliaceae).

Study site and dates: The study was carried out in six populations of *M. mexicana* in the Sierra Madre Oriental, between May and October 2019 and 2020.

Methods: 480 leaves, 240 flowers and 84 fruits were analyzed by univariate and multivariate analyzes.

Results: The first main components explained 85, 69 and 68 % of the foliar, floral and fruit variation, respectively; and the first 2 discriminant functions 82, 66 and 94 % of said variation. The morphological characters with the greatest variation were: petiole and middle vein diameter, stamens number, carpel width, and seed length and width.

Conclusions: The variation range in *M. mexicana* morphological characteristics was wider than that documented in the original description of the species. The populations are isolated and present low density, and high morphological differentiation among themselves; particularly in flowers and fruits, so their taxonomic identity requires to be corroborated at the genetic level.

Keywords: Endangered species, Magnoliaceae, Morphological variation, Sierra Madre Oriental, Species complex.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional.
https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Desde tiempos prehispánicos *Magnolia mexicana* (DC.) G. Don es una especie relevante, denominada en náhuatl "Yoloxóchitl" (flor de corazón). Según el códice Durán, siglo XVI (Durán 1581), fue muy apreciada por el emperador Moctezuma, por sus atribuidas propiedades cardiotónicas, belleza y fragancia de sus flores, quien ordenó traerla de tierras tropicales al altiplano (Lozoya 1994). Aunque la especie fue descrita e ilustrada durante la Primera Expedición a la Nueva España (México) (Hernández 1649), fue hasta más de dos siglos después que fue reconocida formalmente (de Candolle 1818) y tipificada con base en una de las acuarelas hechas por indígenas y que ahora forma parte de la colección Torner de Sessé Mociño (White *et al.* 1998). Esta especie es arbórea, perennifolia y puede alcanzar hasta 30 m de altura y 1.30 m de diámetro. Presenta flores solitarias con numerosos estambres y un ovario súpero compuesto por carpelos en disposición helicoidal, las hojas son simples y dispuestas en espiral (de Candolle 1818).

Durante más de siglo y medio (1831-2000) se consideró a *M. mexicana* como la única especie del género *Talauma* en el norte de Mesoamérica (México, Guatemala y Honduras) (Standley 1920, Standley & Steyermark 1946, Lozano-Contreras 1994, Vázquez-García 1994). Sin embargo, estudios recientes han permitido segregar de *M. mexicana* 16 especies alopátricas, 12 de México y cuatro de Centroamérica (Vázquez-García *et al.* 2012a, b, 2013a, b), las cuales en apego a la clasificación más reciente forman parte del género *Magnolia*, sección *Talauma* (Wang *et al.* 2020). Los estudios antes mencionados, indican que *M. mexicana* es endémica del oriente de México, se distribuye en la transición entre bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque tropical perennifolio (BTP, Palacios 2006), en climas cálidos y sub-cálidos húmedos, en un intervalo altitudinal de entre 450 y 1,500 m (Sánchez-Cuahua 2016). La presencia de individuos silvestres de esta especie se ha confirmado solo de Oaxaca, Puebla y Veracruz, aunque falta evaluar el estado actual y la densidad de sus poblaciones.

Con respecto a la fenología de *M. mexicana,* la producción de botones florales y flores comprende el periodo de marzo a mayo y la fructificación inicia en los meses de julio y agosto (Palacios 2006, Sánchez-Cuahua 2016), culminando en febrero o abril del siguiente año (Arteaga-Ríos *et al.* 2020). Los individuos de esta especie tienen diversos usos tradicionales: las flores y corteza para tratar afecciones cardiacas (Hernández 1649, Durán 1581, Waisel-Bucay 2002). La infusión de la corteza se usa en medicina tradicional contra la hipertensión arterial, mientras que las flores se emplean como antiespasmódicas para aromatizar el chocolate, y las semillas contra la parálisis. También se usa con fines rituales, como planta de ornato en patios, parques y jardines, por su follaje exuberante y por la belleza y aroma de sus flores (Pennington & Sarukhán 1998, Sánchez-Cuahua 2016).

Los análisis morfométricos son una técnica empleada en múltiples áreas de la biología vegetal que van desde ecología (Gómez *et al.* 2016), evolución (Rose *et al.* 2016) y genética (Leiboff *et al.* 2015). La morfometría tradicional implica medir múltiples caracteres cuantitativos en un conjunto de individuos y el uso de estadística inferencial (por ejemplo, ANOVA y estadística multivariada) para identificar discontinuidades que delimiten grupos y/o especies (Bateman & Rudall 2006, Marhold 2011, Klein *et al.* 2017, Jiménez-Mejías *et al.* 2017, Pérez-Atilano *et al.* 2018).

Existen pocos estudios que han tenido como objetivo determinar la variación de los caracteres morfológicos en el género *Magnolia*, entre ellos destaca el realizado por Yang *et al.* (2015) donde evaluaron 31 caracteres morfológicos de *M. sprengeri* en dos poblaciones de China. Los resultados revelaron una amplia variación morfológica foliar y floral dentro y entre poblaciones, lo que los autores atribuyeron a la plasticidad fenotípica de la especie. Así mismo, Vite (2016) realizó un estudio morfo-anatómico de *M. schiedeana* analizando seis variables foliares y 14 florales, los resultados indicaron que los caracteres con mayor variación fueron el ancho máximo de la lámina (AML), diámetro del pedúnculo (DPD) y longitud del eje floral (LEF). Gutiérrez-Lozano *et al.* (2020) evaluaron la variación morfológica de *M. rzedowskiana* en la Sierra Madre Oriental de México; la alta variación en los 31 caracteres morfológicos analizados (hoja y flor), se atribuyó a la plasticidad fenotípica de la especie. Sin embargo, los autores resaltaron la importancia de abordar el estudio a nivel genético, para corroborar si la diferenciación morfológica entre poblaciones está relacionada con la variación genética. Recientemente Arteaga-Ríos *et al.* (2020) realizaron un estudio morfo-genético en el que evaluaron 12 individuos de *M. mexicana*, los resultados indican que dos especímenes corresponden a dos nuevas especies (cultivadas), aún inéditas de la Subsección Talauma.

La fragmentación del bosque (destrucción de su hábitat) por el cambio de uso de suelo, ha provocado el aislamiento y la reducción de las poblaciones de *M. mexicana* (Luna-Vega *et al.* 2006, Medrano-Hernández *et al.* 2017, Arteaga-Ríos *et al.* 2020), algunas existen sólo como remanentes o relictos asociados a cultivos, donde los árboles

son utilizados para proporcionar sombra, principalmente en cafetales (Palacios 2006, Medrano-Hernández *et al.* 2017). Por lo antes mencionado, la especie se considera como "amenazada" en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) y en "peligro de extinción" (EN) en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2012). El objetivo del presente estudio fue evaluar la variación morfológica foliar, floral y frutal de *M. mexicana* en la Sierra Madre Oriental de México. En particular se pretende responder a las siguientes preguntas: 1) ¿Existen diferencias en la morfología de las hojas, flores y frutos entre las poblaciones de *M. mexicana* de México? 2) ¿Cuál es el estado actual de las poblaciones de *M. mexicana*?

Materiales y métodos

Zona de estudio. Las poblaciones naturales de *M. mexicana* se distribuyen en la zona de transición de bosque tropical perennifolio (BTP) a bosque mesófilo de montaña (BMM), recientemente limitada al sur de la Sierra Madre Oriental en los estados de Puebla y Veracruz (Vázquez-García *et al.* 2013a, 2013b). El BTP se caracteriza por su alta densidad vegetal, tiene un clima A, precipitación total anual de entre 1,100 y 1,300 mm. La temperatura media anual varía entre los 22 y 26 °C, mientras que la temperatura más baja es de 18° y no presenta heladas (Pennington & Sarukhán 1998). Por otra parte, el BMM presenta un clima C(f), templado con lluvias todo el año (Rzedowski 2015), con presencia de neblinas por lo que el grado de humedad es alto, oscila entre 55 y 65 % (Hernández-Cerda & Carrasco-Anaya 2004). La precipitación total anual varía entre 1,048 y 2,385 mm y la temperatura promedio anual entre 17.1 y 20.7 °C. El intervalo de distribución altitudinal del BMM fluctúa entre 600 y 2,500 m (Villaseñor 2010, Ruiz-Jiménez *et al.* 2012). Las localidades de estudio fueron las siguientes: 1. El Cajón (Xicotepec de Juárez), 2. Las Margaritas (Hueytamalco), 3. La Tuza (Tuzamapan de Galena), 4. Duraznillo (Quimixtlan), en Puebla; 5. Vista Hermosa (Cosautlán de Carvajal) y 6. Zapotla (Zongolica) en Veracruz (Figura 1, Tabla 1).

Trabajo de campo. El trabajo de campo se llevó a cabo en la temporada de floración y fructificación en el periodo de

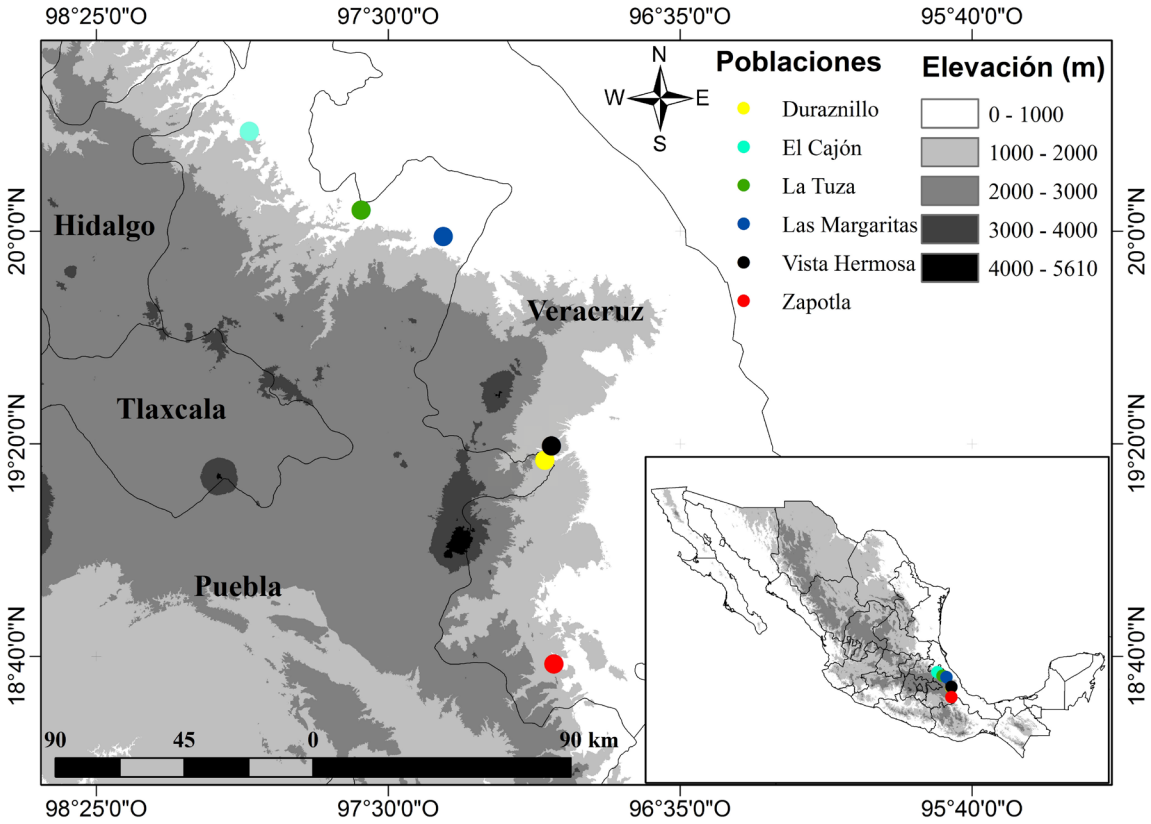

Figura 1. Localización geográfica de las poblaciones de *Magnolia mexicana* en la Sierra Madre Oriental, México.

Tabla 1. Características generales de las localidades de recolección y muestreo de *Magnolia mexicana*.

Municipio	Localidad	Individuos analizados	Latitud	Longitud	Altitud (m)	TPA (°C)	PTA (mm)
Xicotepec de Juárez, Pue.	El Cajón*	10	20° 18' 48.0"	97° 56' 11.1"	826	25	2,300
Tuzamapan de Galena, Pue.	La Tuza*	5	20° 03' 58.9"	97° 34' 66.6"	626	26	3,000
Hueytamalco, Pue.	Las Margaritas	7	19° 59' 0.18"	97° 18' 96.4"	614	26	2,500
Quimixtlán, Pue.	Duraznillo*	10	19° 16' 53.5"	97° 00' 27.7"	1205	20	1,700
Cosautlán de Carvajal, Ver.	Vista Hermosa*	7	19° 19' 35.3"	96° 59' 14.4"	1236	22	2,000
Zongolica, Ver.	Zapotla	9	18° 38' 34.59"	98° 58' 44.60"	1141	26	2,700

*Poblaciones nuevas de *Magnolia mexicana*. Temperatura promedio anual (TPA), precipitación total anual (PTA).

abril a septiembre de los años 2019 y 2020, se realizó la exploración y recolecta de material vegetativo de distintas localidades de los estados de Puebla y Veracruz en donde existían registros de geo-referencias (Vázquez-García *et al.* 2013a, b), con base en especímenes de los herbarios (BIGU, ENCB, F, IBUG, IEB, MO, NY, US, XAL, WIS, ZEA). Además, se realizaron recorridos en zonas aledañas, con el objetivo de encontrar poblaciones naturales, pero en varios municipios del estado de Veracruz con o sin registros previos (Magdalena, Misantla y Yecuatla, sólo se encontraron individuos aislados en sitios perturbados, en huertos y en patios de casas.

Variables morfológicas. En cada una de las seis localidades se seleccionaron al azar 10 individuos de *M. mexicana* o la totalidad de árboles presentes cuando la densidad fue menor (Tabla 1); por cada árbol se recolectaron 10 hojas maduras, cinco flores en antesis y tres frutos; en total se obtuvieron 480 hojas, 240 flores y 84 frutos de las seis poblaciones. Después de la recolección, las muestras se colocaron en bolsas de plástico que contenían un poco de agua corriente, para evitar que se deshidrataran durante el transporte a un sitio adecuado (cerrado), para tomar las imágenes fotográficas de las diferentes estructuras, con una escala de referencia (cm).

La selección de los caracteres foliares, florales y frutales analizados fue con base en estudios previos realizados con distintas especies de *Magnolia* (Jiménez-Ramírez *et al.* 2007, Zhang & Xia 2007, Yang *et al.* 2015, Vite 2016, Gutiérrez-Lozano *et al.* 2020). En el Tabla 1 se muestran los 32 caracteres morfológicos de la hoja, flor y fruto, analizados (Figura 2A-C). Los valores cuantitativos (medidas) de las características morfológicas se obtuvieron a partir de las imágenes fotográficas, con el programa tpsDig ver. 2.16 (Rohlf 2005).

Análisis estadístico. La variación en las características morfológicas de *M. mexicana* dentro y entre poblaciones se estimó por medio de estadísticos descriptivos: medidas de tendencia central (promedio) y de dispersión (desviación estándar y rango). La multinormalidad de la distribución de los valores de las características morfológicas se comprobó mediante la prueba de Mardia y la homecedasticidad por la prueba de Omnibus y Doornik Hansen (Canabos 1988), incluidas en el programa de cálculo Past (Hammer *et al.* 2001).

La variación de las características fenotípicas dentro de cada población (plasticidad fenotípica) se estimó a partir del coeficiente de variación (CV), con la formula CV = DE/X, donde DE es el valor de la desviación estándar y X el promedio aritmético de cada variable (Valladares *et al.* 2006, Yang *et al.* 2015, Gutiérrez-Lozano *et al.* 2020).

Se utilizaron técnicas de análisis multivariado para definir la variación morfológica, pero las variables foliares, florales y del fruto se analizaron por separado, porque el número de flores y frutos recolectados fue diferente y menor al de las hojas, para evitar algún impacto en la viabilidad de las poblaciones al recolectar estructuras reproductivas. Se usaron tres matrices con datos cuantitativos, la primera de 480 hojas de 48 individuos y seis poblaciones por ocho caracteres foliares; la segunda de 240 flores de 48 individuos y seis poblaciones por 16 caracteres florales y la ultima de 84 frutos de 30 individuos de las seis poblaciones por ocho caracteres frutales.

La semejanza morfológica entre poblaciones se estimó por medio de análisis de agrupamiento (AA), empleando como medida la distancia euclidiana, como algoritmo de ligamiento el método de Ward y el grafico de amalgamiento para determinar el punto de corte y la formación de los grupos (Ludwig & Reynolds 1988). Además, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), en una

matriz de correlación para reducir el número de variables originales en un conjunto menor de variables independientes, denominadas componentes principales (CP), y para identificar los caracteres que contribuyeron a explicar el porcentaje más alto de variación morfológica.

El criterio de selección del número de CP fue que explicaran al menos el 75 % de la varianza acumulada y que los valores de las raíces características fueran mayores de 1.0 (Johnson 2000, McCune & Grace 2002). Las variables con mayor contribución a la variación explicada por los primeros CP fueron seleccionadas para realizar el análisis de funciones discriminantes (AFD; Hernández-Hernández *et al.* 2009, Pérez-Atilano *et al.* 2018, Gutiérrez-Lozano *et al.* 2020), el cual fue utilizado para examinar los patrones de variación e identificar las variables morfológicas foliares, florales y frutales que maximizaran las diferencias entre poblaciones. La existencia de diferencias significativas en la morfología foliar, floral y frutal entre poblaciones, fue evaluada con los valores de las distancias de Mahalanobis (D2) y con una prueba de F (Hair *et al.* 1999, Johnson 2000, McCune & Grace 2002). Finalmente, se realizaron análisis de varianza de una vía (ANOVA) para estimar e ilustrar la variación de los caracteres que discriminaban entre poblaciones, seguido del método de comparaciones múltiples con la prueba de Tukey. Todos los análisis multivariados se realizaron con el programa STATISTICA, Versión 7 (Hilbe 2007).

Resultados

Variación de la morfología foliar, floral y frutal. El valor promedio del CV para todas las características morfológicas de los frutos de las seis poblaciones en conjunto fue de 12.72 %, valor similar al obtenido para el total de los caracteres de la flor (13.94 %) y de la hoja: 14.07 % (Tabla 2 y 3). Los valores promedio más altos del CV, para las características foliares, florales y frutales fueron los de las poblaciones de La Tuza, Vista Hermosa y Las Margaritas con 14.91, 16.40 y 16.23 % respectivamente (Tabla 3). Por otra parte, las variables con valor de CV más alto considerando todas las poblaciones, fueron A_{EST} (40.91 %) para la flor, N_S (24.90 %) para el fruto y L_L-A_{ML} (16.72 %) para la hoja.

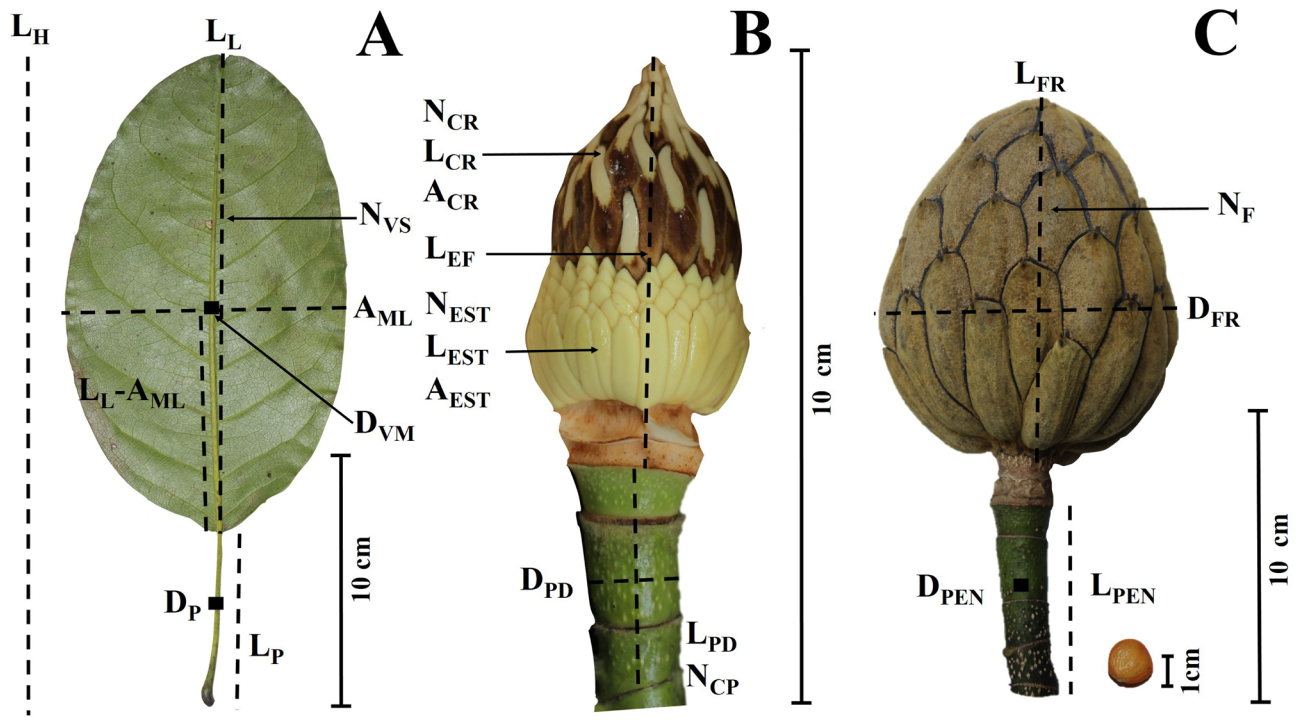

Figura 2. Variables morfológicas de *Magnolia mexicana*. A, L_H: longitud de la hoja, L_L: largo de la lámina, L_L-A_{ML}: Longitud de la lámina, desde la base hasta la parte más ancha, A_{ML}: ancho máxima de la lámina, N_{VS}: número de venas secundarias, D_{VM}: diámetro de la vena media, D_P: diámetro del pecíolo y L_P: largo del pecíolo; B, L_{EF}: longitud del eje floral, N_{CR}: número de carpelos, L_{CR}: largo de carpelos, A_{CR}: ancho de carpelos, N_{EST}: número de estambres, L_{EST}: largo de los estambres, A_{EST}: ancho de los estambres, L_{PD}: longitud del pedúnculo, D_{PD}: diámetro del pedúnculo y N_{CP}: número de cicatrices pedunculares; C, L_{FR}: longitud del fruto, D_{FR}: diámetro del fruto, N_F: número de folículos, L_{PEN}: longitud del pedúnculo, D_{PEN}: diámetro del pedúnculo.

Tabla 2. Características morfológicas foliares (1-8), florales (9-24) y frutales (25-32) analizadas en *Magnolia mexicana*.

Carácter	No.	Variable	Abreviatura
Foliar	1	Largo de la hoja (longitud de lámina y peciolo)	L_H
	2	Longitud de la lámina (base de la lámina hasta el ápice de la lámina)	L_L
	3	Ancho máximo de la lámina	A_{ML}
	4	Longitud del peciolo	L_P
	5	Diámetro del peciolo	D_P
	6	Diámetro de la vena media	D_{VM}
	7	Número de venas secundarias	N_{VS}
	8	Longitud de la lámina hasta la parte más ancha de lamina	L_L-A_{ML}
Floral			
	9	Largo del pedúnculo	L_{PD}
	10	Diámetro del pedúnculo	D_{PD}
	11	Número de cicatrices pedunculares	N_{CP}
	12	Longitud del eje floral	L_{EF}
	13	Largo de los sépalos	L_{SP}
	14	Ancho de los sépalos	A_{SP}
	15	Largo de los pétalos externos	L_{PEX}
	16	Ancho de los pétalos externos	A_{PEX}
	17	Largo de los pétalos internos	L_{PIN}
	18	Ancho de los pétalos internos	A_{PIN}
	19	Número de estambres	N_{EST}
	20	Largo de los estambres	L_{EST}
	21	Ancho de los estambres	A_{EST}
	22	Número de carpelos	N_{CR}
	23	Largo de los carpelos	L_{CR}
	24	Ancho de los carpelos	A_{CR}
	25	Longitud del fruto	L_{FR}
	26	Longitud del pedúnculo	L_{PEN}
	27	Ancho del pedúnculo	A_{PEN}
Frutal	28	Diámetro del fruto	D_{FR}
	29	Número de folículos	N_F
	30	Número de semillas	N_S
	31	Largo de semillas	L_{SE}
	32	Ancho de semillas	A_{SE}

Tabla 3. Coeficientes de variación (CV) de las características morfológicas foliares (1-8), florales (9-24) y frutales (25-32) analizadas en *Magnolia mexicana*.

No.	Variable	CV (%) por localidad						CV %
		El Cajón	La Tuza	Las Margaritas	Duraznillo	Vista Hermosa	Zapotla	Total
1	L_H	11.19	13.19	12.65	12.67	13.20	12.21	12.52
2	L_L	12.21	16.40	14.95	14.54	15.92	12.92	14.49
3	A_{ML}	11.08	10.65	13.45	12.14	12.09	13.95	12.23
4	L_P	17.04	13.86	10.11	14.77	16.44	15.56	14.63
5	D_P	12.32	14.93	11.78	13.04	13.79	12.36	13.04
6	D_{VM}	17.43	14.79	15.63	14.53	16.55	15.96	15.81
7	N_{VS}	11.88	14.31	13.12	14.93	11.45	13.55	13.21
8	L_L-A_{ML}	14.68	21.21	16.40	16.88	16.67	14.48	16.72*
	Promedio	13.47	14.91*	13.51	14.18	14.51	13.87	14.07
9	L_{PD}	20.27	19.46	25.51	17.99	18.23	25.12	21.10
10	D_{PD}	8.91	6.22	10.80	15.56	8.41	8.16	9.68
11	N_{CP}	21.31	17.52	15.61	12.80	14.41	15.64	16.22
12	L_{EF}	9.25	7.08	9.47	7.38	10.32	9.07	8.76
13	L_{SP}	10.07	10.56	14.22	11.63	13.12	6.63	11.04
14	A_{SP}	10.77	15.10	12.47	12.16	16.14	12.23	13.14
15	L_{PEX}	9.82	11.99	13.05	12.15	14.29	8.61	11.65
16	A_{PEX}	14.07	13.99	9.97	12.12	15.12	9.17	12.41
17	L_{PIN}	8.93	10.02	11.72	10.09	11.78	7.40	9.99
18	A_{PIN}	16.50	9.80	13.61	9.56	9.82	10.27	11.59
19	N_{EST}	16.72	9.64	12.16	12.28	11.52	8.74	11.84
20	L_{EST}	9.95	6.09	15.65	7.52	9.47	10.21	9.81
21	A_{EST}	7.60	9.54	48.00	48.29	74.63	57.46	40.92*
22	N_{CR}	21.39	11.62	12.26	17.03	11.17	13.24	14.45
23	L_{CR}	6.69	7.91	10.69	6.80	12.58	11.26	9.32
24	A_{CR}	9.75	12.99	10.76	10.35	11.57	11.86	11.21
	Promedio	12.62	11.22	15.37	13.98	16.40*	14.06	13.94
25	L_{FR}	4.96	15.28	22.62	13.12	5.49	6.97	11.41
26	L_{PEN}	16.66	27.12	30.81	23.02	17.81	23.70	23.19
27	A_{PEN}	11.20	10.78	17.39	15.52	7.46	17.09	13.24
28	D_{FR}	6.85	10.89	14.22	11.12	5.24	11.12	9.90
29	N_F	6.94	9.23	12.49	11.44	19.31	10.42	11.64
30	N_S	29.89	39.45	20.61	12.65	27.63	19.19	24.90*
31	L_{SE}	4.16	5.02	5.30	4.15	5.17	3.98	4.63
32	A_{SE}	5.86	6.17	6.51	2.66	7.46	5.45	5.69
	Promedio	10.38	15.13	16.23*	11.76	11.21	11.63	12.72

Semejanza en la morfología foliar, floral y frutal. En el AA de las características foliares se distinguieron cuatro grupos diferentes: el primero, segundo y tercer grupo están formados por una mezcla de individuos de todas las poblaciones de estudio los cuales son más semejantes morfológicamente entre sí que con respecto al cuarto grupo que está integrado en su mayoría por individuos de las poblaciones de Vista Hermosa y Zapotla, ambas en Veracruz (Figura 3A). En el dendrograma de las características florales, se definieron dos grupos: el primero está constituido por individuos de las poblaciones de Veracruz principalmente; en el segundo grupo la mayoría de los individuos corresponden a las poblaciones de Puebla: Duraznillo, El Cajón y Las Margaritas (Figura 3B). Con respecto a las variables del fruto, se formaron tres grupos: el primero integrado principalmente por las poblaciones de Duraznillo, El Cajón y La Tuza. El segundo grupo está constituido en su mayoría por individuos de la población de Las Margaritas y el tercero solo por individuos de la población de Vista Hermosa (Figura 3C).

Variación morfológica poblacional de M. mexicana. Las variables morfológicas foliares, florales y del fruto incluidas en el ACP presentaron distribución multinormal (Y_1 = 673.3, Y_2 = 866.1, Y_3 = 532.1; $P > 0.05$) y la prueba de homecedasticidad fue significativa (Ep = 137.6, $P = < 0.000$). Los primeros tres componentes principales (CP) explicaron 85.23 % de la variación total de las características morfológicas foliares (Tabla 3). Los caracteres con mayor contribución a la variación en el primer componente fueron: L_H, L_L, A_{ML}, D_{VM} y L_L-A_{ML}; en el segundo CP el carácter D_p y en el tercer CP, L_P.

Con respecto a las características de la flor, los tres primeros CP explicaron el 69.60 % de la variación total en los datos. Las variables con mayor contribución a la variación en el primer componente fueron: L_{EF}, L_{SP}, A_{SP}, L_{PEX}, A_{PEX}, L_{PIN}, A_{PIN}, L_{EST}, L_{CR} y A_{CR}; en el segundo componente fueron L_{PD} y $N_{EST,}$ y en el tercer CP el carácter N_{CP}.

En el análisis de las variables del fruto, los primeros tres componentes explicaron 68.19 % de la variación total. Las variables con mayor contribución en el primer CP

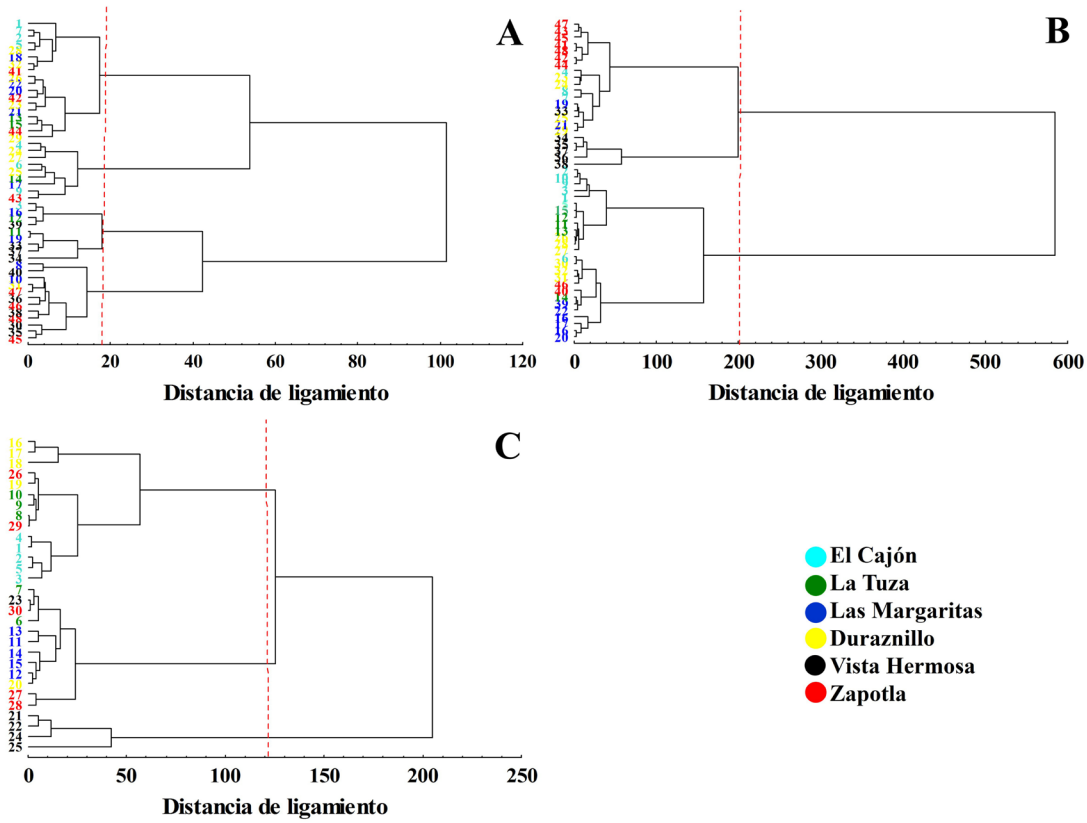

Figura 3. Dendrograma del AA que muestra las relaciones jerárquicas de Ward y la distancia euclidiana para la clasificación de los 48 individuos, con base en las características morfológicas foliar, floral y frutal evaluadas.

fueron: N_F, N_S, y A_{SE}; en el segundo CP fue la L_{SE} y con el tercer CP la variable D_{FR} (Tabla 4).

En el análisis discriminante (AFD), de las características morfológicas foliares seleccionadas con el ACP con datos de 48 individuos, las primeras dos funciones canónicas explicaron el 82.30 % de la variación total de los datos (Figura 4). Las variables más relacionadas con la primera función discriminante fueron: L_H, L_L, A_{ML}, A_{ML}, D_{VM}, L_L-A_{ML} y la característica más relacionada con la segunda función discriminante fue: D_P (Tabla 5, Figura 4A).

La prueba de F de los valores de las distancias de Mahalanobis indica que existen diferencias significativas en la morfológica foliar entre la mayoría de las poblaciones analizadas ($F_{6, 37}$; $P > 0.005$, Tabla 6), por lo que en el diagrama de ordenación se puede distinguir que los puntos que representan las características foliares de los individuos de la población de Vista Hermosa, están separados de los puntos que representan a las poblaciones del Duraznillo, El Cajón, La Tuza, Las Margaritas y Zapotla (Figura 4A).

En el AFD realizado con las variables morfológicas florales seleccionadas a partir de los resultados del ACP, las primeras dos funciones canónicas explicaron 66.77 % de la variación total en los datos (Figura 4B). La L_{PD}, L_{EF}, L_{SP}, L_{PEX}, N_{EST} y A_{CR} fueron las características más relacionadas con la primera función canónica; y el N_{CP}, A_{PEX} y L_{PIN} con la segunda función canónica.

Las distancias de Mahalanobis indicaron que la variación morfológica floral fue significativa entre las poblaciones analizadas ($F_{14, 29}$; $P > 0.005$). En el diagrama de ordenación se visualizan varios grupos, que corresponden a las poblaciones de *M. mexicana* analizadas. Las poblaciones de Zapotla y Vista Hermosa se observan separadas pues fueron las más disimiles entre sí, mientras que en el resto de las poblaciones los individuos se encuentran mezclados, lo que indica menor diferenciación morfológica (Tabla 6, Figura 4B).

Por último, en el AFD obtenido con las variables morfológicas frutales, las primeras dos funciones canónicas explicaron 94.92 % de la variación total en los datos (Figura 4C). La L_{SE} y A_{SE} fueron las características más relacionadas con la primera función canónica y la variable D_{FR} con la segunda función.

Las distancias de Mahalanobis indicaron que la variación morfológica frutal fue significativa entre las poblaciones analizadas ($F_{5, 20}$; $P > 0.005$). En el diagrama de ordenación se observaron con claridad cuatro grupos o variantes morfológicas, que corresponden a las poblaciones de *M. mexicana* analizadas. El primer grupo incluye a

Tabla 4. Características morfológicas foliares (1-8), florales (9-24) y frutales (25-32) analizadas en *Magnolia mexicana*, con resultados del ACP. Se incluyen los valores de los componentes principales (CP).

No.	Variable	CP		
		1	2	3
1	L_H	-0.96*	0.22	-0.00
2	L_L	-0.91*	0.37	-0.01
3	A_{ML}	-0.85*	-0.08	-0.12
4	L_P	-0.59	-0.42	0.62*
5	D_P	-0.63	-0.64*	0.01
6	D_{VM}	-0.71*	-0.23	-0.41
7	N_{VS}	-0.57	-0.06	0.05
8	L_L-A_{ML}	-0.82*	0.51	-0.05
-	Valor propio	4.93	1.10	0.78
-	Varianza acumulada (%)	61.62	75.43	85.23
9	L_{PD}	-0.44	-0.71*	-0.09
10	D_{PD}	-0.49	0.44	-0.29
11	N_{CP}	0.13	0.07	-0.61*
12	L_{EF}	-0.84*	0.35	0.16
13	L_{SP}	-0.89*	-0.29	-0.01
14	A_{SP}	-0.91*	-0.13	0.00
15	L_{PEX}	-0.89*	-0.26	-0.01
16	A_{PEX}	-0.87*	0.10	-0.11
17	L_{PIN}	-0.91*	-0.15	-0.01
18	A_{PIN}	-0.69*	0.20	-0.50
19	N_{EST}	0.27	0.62*	0.17
20	L_{EST}	-0.65*	0.29	0.13
21	A_{EST}	-0.24	0.23	0.59
22	N_{CR}	0.08	0.77	-0.23
23	L_{CR}	-0.85*	0.13	0.22
24	A_{CR}	-0.74*	0.27	0.06
-	Valor propio	7.54	2.30	1.28
-	Varianza acumulada (%)	47.15	61.55	69.60
25	L_{FR}	0.47	-0.47	0.51
26	L_{PEN}	-0.03	0.26	-0.57
27	A_{PEN}	-0.03	-0.51	-0.48
28	D_{FR}	0.47	-0.62	0.63*
29	N_F	0.80*	-0.06	-0.25
30	N_S	0.83*	0.20	-0.26
31	L_{SE}	-0.14	-0.63*	-0.49
32	A_{SE}	-0.67*	-0.61	0.04
-	Valor propio	2.44	1.77	1.23
-	Varianza acumulada (%)	30.55	52.79	68.19

El significado de las abreviaturas aparece en la Tabla 2. Las variables con valores más altos, o más relacionadas con los CP están señaladas con el símbolo *.

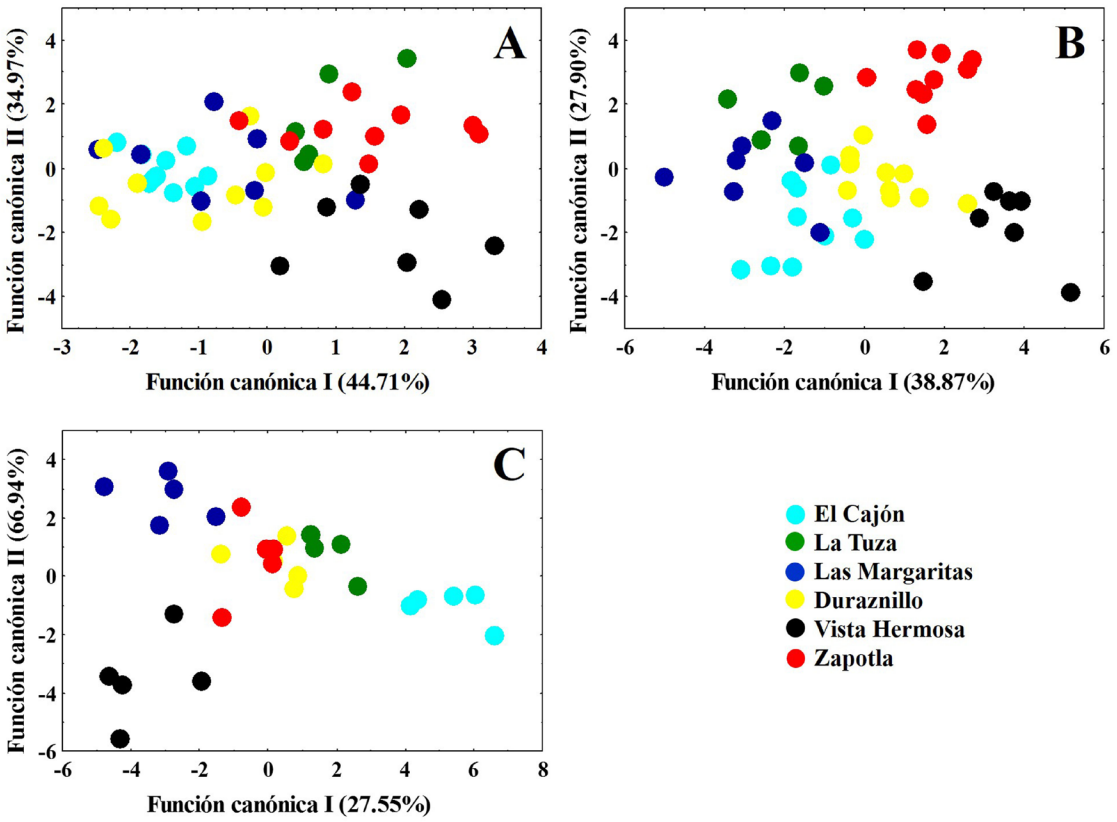

Figura 4. Diagrama de ordenación de las primeras dos funciones canónicas, para las características morfológicas de la hoja, flor y fruto de 48 individuos.

la población de Vista Hermosa, el segundo está formado por Las Margaritas, el tercer grupo representa una mezcla de individuos de las poblaciones de La Tuza, Duraznillo y Zapotla y el último grupo incluye a la población de El Cajón, de acuerdo con los valores de las distancias de Mahalanobis (Tabla 6, Figura 4C).

Estadísticos descriptivos. Las características morfológicas foliares que mostraron intervalos de variación (rango) más amplios en las seis poblaciones fueron: D_P y D_{VM}. Con respecto a la flor las características que presentaron mayor variación fue N_{EST} y $A_{CR,}$ y en los caracteres frutales fueron: A_{SE} y L_{SE} (Tabla 7, Figura 5).

Comparación de las especies del complejo M. mexicana. La revisión de distintos trabajos donde se describen nuevas especies segregadas del complejo de *M. mexicana*, permitió realizar un cuadro comparativo de algunas de las características morfológicas de las mismas (Tabla 8). Las características morfológicas foliares, florales y frutales de las poblaciones de *M. mexicana* analizadas muestran, en general, amplia variación; en la tabla 8 se observa que 11 de las 12 características morfológicas utilizadas en la comparación, presentaron un rango de variación amplio, que incluye los valores registrados en la descripción original de la especie. Con respecto al resto de las especies del complejo, el rango de valores en algunas características fue semejante y en otras difirió claramente. En el cuadro comparativo, resalta *M. decastroi* porque los valores de L_H, A_{ML} y L_P están incluidos dentro del intervalo de variación encontrado en *M. mexicana* (Tabla 8).

Discusión

Las especies de plantas tienen la capacidad de alterar sus rasgos morfológicos y fisiológicos en respuesta a cambios en las condiciones ambientales y ajustar la expresión de estos rasgos para adaptarse en múltiples entornos (Sultan 1995, McIntyre *et al.* 2009, Fritz *et al.* 2018). En el presente estudio se encontró que el rango de variación de las características morfológicas consideradas en la descripción original de la especie (de Candolle 1818, Palacios 2006): longitud de la hoja, número de venas secundarias, largo y ancho de pétalos, longitud de frutos y semillas,

Tabla 5. Análisis discriminante de la variación morfológica foliar (1-11), floral (12-27) y frutal (28-33) de las poblaciones analizadas.

No.	Variable	FC 1	FC 2	Lambda de Wilks	F
1	L_H	1.20*	1.35	1.00	-
2	L_L	-3.63*	-1.68	1.00	-
3	A_{ML}	-1.08*	0.58	0.75	3.95
4	L_P	0.00	0.00	1.00	-
5	D_P	-0.00	-1.35*	0.59	5.13*
6	D_{VM}	1.24*	0.65	0.51	6.97*
7	L_L-A_{ML}	2.32*	0.67	0.76	2.33
-	Valor propio	1.80	1.02	-	-
-	Varianza acumulada (%)	52.57	82.30	-	-
8	L_{PD}	-0.82*	-0.41	0.64	3.16
9	N_{CP}	0.04	0.62*	0.77	4.34
10	L_{EF}	-1.17*	0.75	0.65	3.04
11	L_{SP}	2.03*	0.26	0.69	3.90
12	A_{SP}	-0.50	0.01	0.67	2.84
13	L_{PEX}	-3.34*	1.24	0.73	4.94
14	A_{PEX}	0.54	0.91*	0.76	1.76
15	L_{PIN}	1.90	-2.50*	0.86	4.43
16	A_{PIN}	-0.31	-0.35	0.90	0.59
17	N_{EST}	0.83*	-0.67	0.50	5.62*
18	L_{EST}	0.14	-0.06	0.86	0.91
19	N_{CR}	-0.08	0.07	0.84	1.08
20	L_{CR}	0.17	-0.48	0.94	0.32
21	A_{CR}	0.85*	-0.49	0.59	3.90*
-	Valor propio	4.90	3.52	-	-
-	Varianza acumulada (%)	38.87	66.77	-	-
22	D_{FR}	-0.15	-0.433	0.60	2.56
23	N_F	-0.29	-0.18	0.79	1.05
24	N_S	-0.36	0.41	0.75	1.29
25	L_{SE}	-1.19	0.66	0.12	29.18*
26	A_{SE}	0.85	4.58	0.34	7.52*
-	Valor propio	10.98	4.58	-	-
-	Varianza acumulada (%)	66.94	94.49	-	-

El significado de las abreviaturas aparece en la Tabla 2. Función Canónica (FC). Los valores de F de las variables que presentaron asociación estadísticamente significativa, $P < 0.001$*.

Tabla 6. Matriz de distancias de Mahalanobis de las características morfológicas foliares y florales (diagonal superior) y frutales (diagonal inferior) entre pares de poblaciones analizadas.

	El Cajón (80/100)	**La Tuza** (80/100)	**Las Margaritas** (29/100)	**El Duraznillo** (80/100)	**Vista Hermosa** (71/100)	**Zapotla** (88/100)
El Cajón (100)	-	4.74*/4.15*	1.99/3.97*	5.36*/3.28*	8.43*/6.99*	7.45*/4.17*
La Tuza (80)	8.29*	-	1.93/2.68*	2.81*/4.55*	5.61*/7.01*	4.13*/1.88
Las Margaritas (100)	34.86*	10.46*	-	1.54/4.60*	4.82*/7.95*	6.83*/4.79*
Duraznillo (80)	12.32*	2.37	7.09*	-	4.17*/4.90*	3.80*/2.83*
Vista Hermosa (100)	35.68*	18.93*	16.28*	13.07*	-	6.33*/4.26*
Zapotla (60)	15.28*	3.64*	5.55*	0.68	12.32*	-

Los valores de las distancias de Mahalanobis estadísticamente significativas (P <0.01) para la hoja, flor y fruto con la prueba de F, se indican con un asterisco (*). Los números entre paréntesis indican el porcentaje de asignación del AD. La localidad de vista hermosa difiere de todas las demás en los tres órganos

número de estambres y número de carpelos; en todos los casos fue menor y que los valores están incluidos dentro del intervalo de variación registrado en las poblaciones analizadas en el presente estudio, por lo que con los datos obtenidos fue posible realizar una descripción cuantitativa más robusta de la especie, que implícitamente considera ya el efecto de la heterogeneidad ambiental sobre la variación morfológica en su área de distribución actual.

Con respecto a los rangos de variación en las características morfológicas foliares, florales y frutales de *M. mexicana*, fueron más amplios que los registrados en las especies segregadas del complejo *M. mexicana* (Vázquez-García *et al.* 2012a, b, 2013a, b), por lo que se podría suponer *a priori* que su plasticidad fenotípica es alta. El fuerte contraste en el rango de variación de las características morfológicas de la hoja, flor y fruto de *M. mexicana*, con respecto a las demás especies de la sección *Talauma* de México (Vázquez-García *et al.* 2012a, b, 2013a, b), sugiere que sería adecuado analizar un número representativo de ejemplares, que en la medida de lo posible se recolecten en el área de distribución conocida de cada una de las especies segregadas del complejo, para estimar su variación morfológica, realizar una descripción taxonómica más detallada que permita diferenciarlas entre sí con mayor claridad y elaborar una clave de identificación, previa confirmación de su identidad taxonómica a través de estudios complementarios a nivel genético (Gutiérrez-Lozano *et al.* 2020, Chávez-Cortázar *et al.* 2021).

Lo anterior podría tal vez conducir a cambios taxonómicos dentro del complejo, o al menos permitiría conocer con mayor detalle la plasticidad fenotípica de las especies en respuesta a los cambios en las condiciones ambientales, por ejemplo, al cambio climático (Gratani 2014, Arnold *et al.* 2019). Esto último adquiere relevancia particular en aquellas especies del complejo que presentan distribución más restringida y poblaciones más pequeñas, como por ejemplo *Magnolia decastroi* (Vázquez-García *et al.* 2013b), cuyos caracteres diagnósticos, tales como longitud del pecíolo, longitud total y ancho máximo de la lámina, son consistentes con la descripción de *M. mexicana*, aunque difiere de esta última en la forma de la hoja: obovada *versus* elíptica.

Es probable que no exista un patrón de diferenciación en la morfología de la hoja, flor y fruto entre las poblacio-

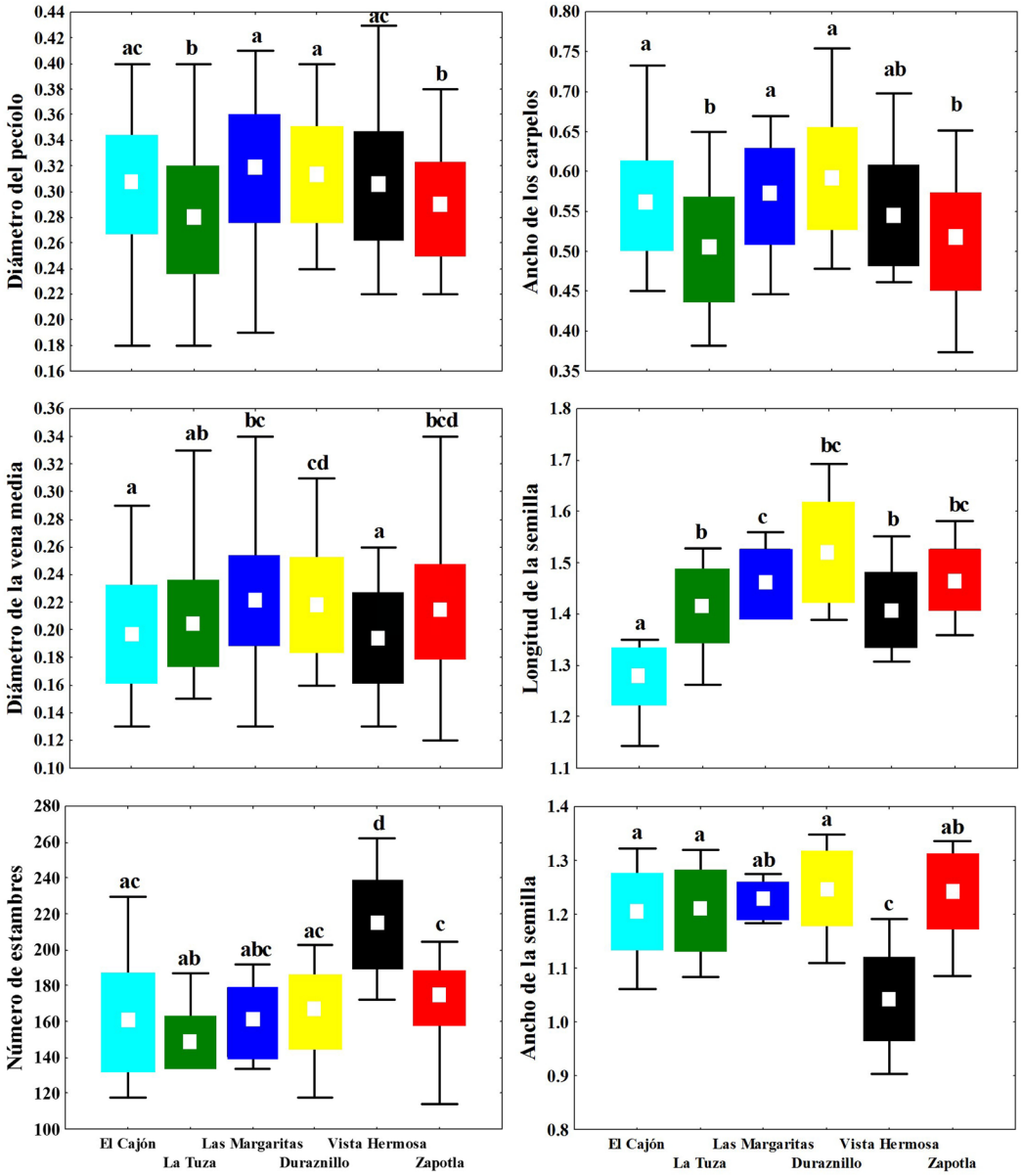

Figura 5. Análisis de varianza de las seis características morfológicas con mayor porcentaje de variación en el AFD (dos foliares, dos florales y dos frutales). Valor mínimo y máximo (bigotes), desviación estándar (cuadro grande) y promedio (cuadro pequeño). Letras distintas indican diferencias significativas en las características morfológicas entre poblaciones, con base en la prueba de Tukey.

nes de *M. mexicana*, asociado con la distancia geográfica o con la altitud, dado que la distribución de los puntos (individuos/poblaciones) en los diagramas de ordenación, no muestran alguna tendencia con respecto a alguno de estos factores; por lo que la variación encontrada podría estar relacionada con las condiciones ambientales locales, el tamaño poblacional, el grado de aislamiento de las poblaciones y su variabilidad genética, entre otros (Arteaga *et al.* 2015, Fritz *et al.* 2018, Chávez-Cortázar *et al.* 2021).

El patrón de diferenciación morfológica entre poblaciones fue más evidente en flores y frutos que en las hojas, lo cual puede estar relacionado con la función de este órgano vegetal. Se ha documentado ampliamente que la variabilidad morfológica foliar de las especies está relacionada con factores ambientales (Valladares *et al.* 2006, Yang *et al.* 2015); debido a que las hojas son órganos que realizan funciones esenciales para la planta, como la fotosíntesis y la transpiración, su morfología y anatomía están asociadas

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de las características morfológicas con mayor rango de variación. Se indica el promedio ± desviación estándar y en paréntesis el valor mínimo y máximo de cada población.

Variable/ localidad	El Cajón	La Tuza	Las Margaritas	Duraznillo	Vista Hermosa	Zapotla
D_P	0.30 ± 0.03 (0.18-0.40)	0.27 ± 0.04 (0.18-0.40)	0.31 ± 0.03 (0.24-0.40)	0.31 ± 0.04 (0.19-0.41)	0.30 ± 0.04 (0.22-0.43)	0.28 ± 0.03 (0.22-0.38)
D_{VM}	0.19 ±0.03 (0.13-0.29)	0.20 ± 0.03 (0.15-0.33)	0.21 ± 0.03 (0.16-0.31)	0.22 ± 0.03 (0.13-0.34)	0.19 ± 0.03 (0.13-0.26)	0.21 ± 0.03 (0.12-0.34)
N_{EST}	160.26 ± 26.79 (118-230)	148.80 ± 14.34 (135-187)	159.54 ± 19.40 (134-192)	165.70 ± 20.34 (118-203)	213.94 ± 24.63 172-262	173.15 ± 15.13 (114-205)
A_{CR}	0.55 ± 0.05 (0.45-0.73)	0.50 ± 0.06 (0.38-0.65)	0.59 ± 0.06 (0.47-0.75)	0.56 ± 0.05 (0.44-0.67)	0.54 ± 0.06 (0.46-0.69)	0.51 ± 0.06 (0.37-0.65)
L_{SE}	1.28 ± 0.05 (1.14-1.35)	1.41 ± 0.07 (1.26-1.52)	1.57 ± 0.08 (1.44-1.69)	4.17 ± 0.06 (1.39-1.56)	1.40 ± 0.07 (1.30-1.55)	1.46 ± 0.05 (1.36-1.58)
A_{SE}	1.20 ± 0.07 (1.06-1.32)	1.20 ± 0.07 (1.08-1.32)	1.26 ± 0.08 (1.11-1.35)	1.22 ± 0.06 (1.18-1.27)	1.04 ± 0.07 (0.90-1.19)	1.24 ± 0.05 (1.08-1.33)

El significado de las abreviaturas aparece en la Tabla 2. Los valores de ancho y largo de las estructuras son en cm.

con condiciones micro climáticas tales como temperatura, incidencia solar y humedad (Adams & Terashima 2018, Tsukaya 2018). Las hojas en diferentes estratos del árbol absorben, interceptan y reflejan la luz de manera diferente, lo que también influye en los procesos fisiológicos (Ellsworth & Reich 1993). Acorde con los antes mencionado, dentro de los caracteres foliares analizados, el diámetro del pecíolo y de la vena media fueron los que más contribuyeron en la diferenciación de las poblaciones de *M. mexicana*, ambas características cumplen funciones relevantes porque son una continuación de la estructura vascular del tallo, además influyen en la determinación del balance hídrico de la planta, en el intercambio gaseoso, en el soporte físico de la hoja y pueden ser afectados por la incidencia de la luz: un pecíolo más pequeño ofrece una mayor superposición de las hojas y menor absorción de la luz (González-Rodríguez & Oyama 2005, Maya-García *et al.* 2019). La variación foliar observada en *M. sprengeri* (Yang *et al.* 2015) y *M. rzedowskiana* (Gutiérrez-Lozano *et al.* 2020), ha sido atribuida a altos niveles de plasticidad fenotípica. El patrón de diferenciación en la morfología foliar de las poblaciones de *M. mexicana*, puede ser en gran medida, resultado de la expresión de la plasticidad fenotípica a causa de las condiciones micro ambientales experimentadas por cada árbol, pero también puede estar relacionado con las diferencias genotípicas entre individuos (Zúñiga *et al.* 2009, Gratani 2014, Fritz *et al.* 2018).

En el caso de las flores, se esperaría que la selección natural tienda a reducir al mínimo la variación fenotípica, para evitar cambios en características funcionalmente importantes que afecten el éxito reproductivo de los individuos (Canché-Delgado *et al.* 2011, Gómez *et al.* 2020), por lo que la plasticidad se expresaría con menor frecuencia en las flores que en otros órganos vegetales. Sin embargo, se ha encontrado amplia variación en las características florales entre poblaciones en diferentes especies (Arteaga *et al.* 2015, Gómez *et al.* 2020). En Magnoliaceae dicha variación se ha asociado con una plasticidad fenotípica

Tabla 8. Comparaciones morfológicas de las especies segregadas de *Magnolia mexicana* en México.

Var.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
L_H	18.8-51.3	12.0-22.4	16-44	17.8-23.5	16-30	16-29	27-28.5	12.0-22.4	24-25	35-45	18-36	18.0-22.5	12.3-20.2
A_{ML}	7.1-18.8	7.1-10.4	13-14	9.5-14.3	5-12.5	11-13	10-10.5	7.1-10.4	11.9-12.6	23-29	8-23	7.0-11.0	6-9.1
N_{VS}	5.0-13.0	10-12	18-19	-	12-14	8-14	-	10-12	8-11	-	-	10-11	13-14
L_P	4.3-12.8	5.2-7.8	-	8-12.5	-	5.4-8.9	6.5-7.5	-	5.5-7.5	9.5-12	-	6.0-7.5	-
L_{SP}	5.8-12.5	9-10	3-4	4-7.9	-	3-5.2	-	7.0-8.5	3-10	5.8-6	-	3.4-5.8	7.5-7.7
A_{SP}	3.4-8.5	6	2	3-7.6	-	2.9-3.8	-	4.0-5.5	5.8	4-4.2	-	3.7-5.0	5.5-5.6
L_{PEX}	5.6-11.1	9-10	2.9-3	5.9-8.6	-	5.8	-	6.9-8.3	9-9.2	7-7.5	-	6-6.2	7.5-7.7
A_{PEX}	3.5-7.2	6	1.9-2	2.2-4.2	-	2.2	-	4.0-5.5	4.5-5.3	4.5	-	2.7-3.2	5.5-5.6
N_{EST}	114-262	120-178	71	175	71-112	70-90	-	200	168-178	-	-	98-248	166-175
N_{CR}	27-85	38-40	19-28	89-92	20-28	33-35	-	46-56	47-58	37-44	-	61-70	36-41
L_{FR}	8.5-15.2	10-12	-	10.4-14.8	5.4	8.1	-	8.5-9.0	9.5	13-14.5	-	11.5-15.0	5.4-10
L_{SE}	1.1-1.6	1.4-1.7	-	1.0-1.3	1-2.8	1.0-1.3	-	1.2	1.2-1.3	1.5-1.6	-	1.0-1.2	0.9-1.3
F_F	OE	OE	-	E	S	O	-	ES	O	OP	-	O	OS
Región	Pue. y Ver.	Zongolica Ver.	Hidal-gotitlán, Ver.	Berrioza-bal, Chis.	Ver.	Tuxtlas, Ver.	San Pedro Ixcatlán, Oax.	Tuxtlas Ver.	Minatitlán, Jal.	Talpa de Allende, Jal.	Oaxaca	Usumacin-ta, Chis.	Sierra Norte, Oax.

El significado de las abreviaturas aparece en la Tabla 2.

1.- *Magnolia mexicana* (Presente estudio), 2.- *M. mexicana* (descripción original), 3.- *M. wendtii,* 4.- *M. perezfarrera,* 5.- *M. sinacacolinii,* 6.- *M. lopezobradorii*, 7.- *M. decastroi,* 8.- *M. zoquepopotocae* 9.- *M. jaliscana,* 10.- *M. ofeliae,* 11.- *M. macrocarpa,* 12.- *M. lacandonica* 13.- *M. yajlachhi.* *FF = Forma del fruto, OE = Ovoide a elipsoidal, E = Elipsoidal, S = Subgloboso O = Ovoide, OS = Ovoide a subgloboso, ES = Esferoidal, OP = Ovoide a piriforme. Los valores de ancho y largo de las estructuras son en cm.

moderada, en general en caracteres como el color, tamaño y número de pétalos en *Magnolia schiedeana* (Vite 2016), *M. sprengeri* (Kang & Ejder 2011, Yang *et al.* 2015) y *M. wufengensis* (Wang *et al.* 2017); y en el número y longitud de carpelos y estambres en *M. rzedowskiana* (Gutiérrez-Lozano *et al.* 2020). En *Magnolia mexicana*, las características morfológicas más importantes que permitieron la diferenciación de las poblaciones analizadas están relacionadas también con el tamaño de los pétalos (largo y ancho), de los carpelos (ancho) y el número de los estambres.

De cualquier forma, las diferencias en la morfología floral (y de frutos y hojas) entre las poblaciones de *M. mexicana*, pueden ser el resultado de la variación genética y/o de la plasticidad fenotípica a causa de cambios en las condiciones ambientales (Gratani 2014, Fritz *et al.* 2018, Chávez-Cortázar *et al.* 2021). De acuerdo con Gómez *et al.* (2020), bajo condiciones ambientales de estrés (*v.gr*. temperatura y humedad), una estrategia común en las plantas es la expresión de plasticidad en características esenciales para el funcionamiento fisiológico y ecológico. Acorde con lo anterior, las poblaciones de *M. mexicana* se distribuyen en diferente altitud y en condiciones ambientales contrastantes y severas: los árboles son utilizados como sombra en cafetales, por lo que están expuestos a la radiación solar directa; en las poblaciones de Las Margaritas, La Tuza y Vista Hermosa los individuos son escasos (< 10 en cada una) y están aislados entre sí. Aun cuando en las tres poblaciones restantes la densidad fue mayor (entre 30 y 100 individuos), el disturbio es constante debido a las actividades humanas. Si bien la información sobre el ambiente local es general y cualitativa, da cuenta de la heterogeneidad de condiciones y factores ambientales que podrían estar influyendo en la variación morfológica de las flores, frutos y hojas en las poblaciones de *M. mexicana* analizadas (Arteaga *et al.* 2015, Gómez *et al.* 2020).

En esta investigación se encontró que la variación morfológica de los frutos (largo y ancho de las semillas) fue más alta entre poblaciones, en comparación con la de las hojas y flores, lo cual puede estar asociado con distintas causas, que incluyen desde un desfase de cerca de un mes en la colecta de frutos en la población de Zapotla, hasta otras posibles causas ya mencionadas en párrafos anteriores con referencia a las hojas y flores: tamaño poblacional y aspectos genéticos. Es importante señalar que, durante la medición de los frutos en laboratorio, se observó que varios de ellos no contenían semillas viables, lo cual podría estar relacionado con la escases o inexistencia de polinizadores específicos, con la reducción en la polinización cruzada por la baja densidad de individuos cercanos entre sí, y/o con autoincompatibilidad, tal como se ha documentado en otras especies de *Magnolia* (Ishida *et al.* 2003, Kang & Ejder 2011, Arteaga-Ríos *et al.* 2020). Aunque no existen estudios sobre polinizadores en *M. mexicana*, es probable que sean escarabajos del género *Cyclocephala*, como en otras especies de *Magnolia* que se distribuyen en México (Dieringer & Espinosa 1994).

En poblaciones pequeñas, fragmentadas y con pocos individuos la autocompatibilidad puede ser una ventaja para garantizar la producción de frutos y semillas, aunque algunos autores sugieren que puede contribuir a la extinción de especies, dado que incrementa la tasa de depresión endogámica (Povilus *et al.* 2014). En *M. mexicana*, la presencia de semillas inviables puede ser un problema por la distribución restringida, baja densidad de sus poblaciones y especificidad de hábitat en que se desarrolla. Aunado a ello, el efecto de las actividades humanas (recolección de flores, frutos y madera) en particular en las localidades Duraznillo, Las Margaritas, La Tuza y Vista Hermosa, están reduciendo y fragmentando aún más su hábitat.

El conocimiento detallado de la variación morfológica de las poblaciones de *M. mexicana* bajo condiciones ambientales heterogéneas a lo largo de su área de distribución será de utilidad para definir con mayor precisión su identidad taxonómica y para plantear, desde una perspectiva integral, estrategias para el manejo y conservación de sus poblaciones. Las poblaciones de El Cajón y Vista Hermosa presentaron mayor diferenciación morfológica con respecto a las demás, lo cual fue más contrastante en las características de las flores y los frutos; dado el alto grado de aislamiento y baja densidad de las poblaciones analizadas, seria de interés y utilidad realizar análisis a nivel molecular para confirmar su identidad taxonómica.

Agradecimientos

Este trabajo formó parte del proyecto de investigación Conacyt, CB-2016/284484: “Efecto del cambio climático sobre poblaciones relictas de árboles; integrando dendrocronología y genética de poblaciones”. Los autores agradecen al Sr Arnulfo, Sr. Francisco, Biól. Guillermo, Sr. Lorenzo (Puebla), Diego y Sr. Joaquín (Veracruz) por su amabilidad, disposición y apoyo durante el trabajo de campo.

Literatura citada

Adams WW, Terashima I . 2018. The leaf: a platform for performing photosynthesis. Cham: Springer Interna-

tional Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93594-2

Arnold PA, Kruuk LEB, Nicotra AB. 2019. How to analyse plant phenotypic plasticity in response to a changing climate. *New Phytologist* **222**: 1235-1241. DOI: https://doi.org/10.1111/nph.15656

Arteaga CM, Bello-Bedoy R, León de la Luz JL, Delgadillo J, Domínguez R. 2015. Phenotypic variation of flowering and vegetative morphological traits along the distribution for the endemic species *Yucca capiens* (Agavaceae). *Botanical Sciences* **93**: 765-770. DOI: https://doi.org/10.17129/botsci.214

Arteaga-Ríos LD, Mejía-Carranza J, Piña-Escutia JL, González-Díaz JG, Rivera-Colín A. 2020. Comparación molecular y morfológica entre ejemplares de *Magnolia mexicana* "Yoloxóchitl" (Magnoliaceae) del estado de México y Veracruz. *Polibotánica* **49**: 107-124. DOI: https://doi.org/10.18387/polibotanica.49.7

Bateman RM, Rudall PJ. 2006. Evolutionary and morphometric implications of morphological variation among flowers within an inflorescence: A case-study using European orchids. *Annals of Botany* **98**: 975-993. DOI: https://doi.org/10.1093/aob/mcl191

Canabos GC. 1988. *Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos*. Estado de México, México: McGraw-Hill/Interamericana de México, SA de CV. ISBN 858-451-856-0

Canché-Delgado A, García-Jain SE, Vaca-Sánchez MS, Cuevas-Reyes P. 2011. Cambios en la morfología floral y foliar en *Crataegus tracyi*: importancia de la asimetría fluctuante como indicador de estrés ambiental. *Biológicas* **13**: 44-49.

Chávez-Cortázar A, Oyama K, Ochoa-Zavala M, Mata-Rosas M, Veltjen E, Samain M-E, Quesada M. 2021. Conservation genetics of relict tropical species of *Magnolia* (section *Macrophylla*). *Conservation Genetics* **22**: 259-273. DOI: https://doi.org/10.1007/s10592-021-01334-5

de Candolle AP. 1818. *Regni vegetabilis Systema naturale: Sive ordines, genera et species. Sistens Prolegomena et Ordines quinque nempè Ranunculaceas, Dilleniaceas, Magnoliaceas, Anonaceas, et Menispermeas*. 1. Treuttel et Würtz.

Dieringer G, Espinosa SJE. 1994. Reproductive ecology of *Magnolia schiedeana* (Magnoliaceae), a threatened cloud forest tree species in Veracruz, Mexico. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* **121**: 154-159. DOI: https://doi.org/10.2307/2997167

Durán D. 1581. Historia de las Indias de Nueva España e Islas de tierra firme. Alicante: Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. http://bdh-rd.bne.es/viewer.vm?id=0000169486&page=1 (accessed February 20, 2020).

Ellsworth DS, Reich PB. 1993. Canopy structure and vertical patterns of photosynthesis and related leaf traits in a deciduous forest. *Oecologia* **96**: 169-178. DOI: https://doi.org/10.1007/BF00317729

Fritz MA, Rosa E, Sicard A. 2018. Mechanisms underlying the environmentally induced plasticity of leaf morphology. *Frontiers in Genetics* **9**: 478. DOI: https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00478

Gómez JM, Torices R, Lorite J, Klingenberg CP, Perfectti F. 2016. The role of pollinators in the evolution of corolla shape variation, disparity and integration in a highly diversified plant family with a conserved floral bauplan. *Annals of Botany* **117**: 889-904. DOI: https://doi.org/10.1093/aob/mcv194

Gómez JM, Perfectti F, Armas C, Narbona E, González-Megías A, Navarro L, DeSoto L, Torices, R. 2020. Within-individual phenotypic plasticity in flowers fosters pollination niche shift. *Nature Communications* **11**: 4019. DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-020-17875-1

González-Rodríguez A, Oyama K. 2005. Leaf morphometric variation in *Quercus affinis* and *Q. laurina* (Fagaceae), two hybridizing Mexican red oaks. *Botanical Journal of the Linnean Society* **147**: 427-435. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2004.00394.x

Gratani L. 2014. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany* **2014**: 1-17. DOI: http://dx.doi.org/10.1155/2014/208747

Gutiérrez-Lozano M, Sánchez-González A, Vázquez-García JA, López-Mata L, Octavio-Aguilar P. 2020. Diferenciación morfológica poblacional de *Magnolia rzedowskiana* (Magnoliaceae): especie endémica en peligro de extinción de la Sierra Madre Oriental, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **91**: 2007-8706. DOI: https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3101

Hair JF, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. 1999. *Análisis multivariante*. Madrid, España: Prentice Hall Iberia. ISBN 84-8322-035-0.

Hammer Ø, Harper DA, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica* **4**: 9.

Hernández F. 1649. *Rerum medicarum Novae Hispaniae thesaurus: seu, Plantarum, animalium, mineralium mexicanarum, historia*. ex typographeio

Vitalis Mascardi. https://archive.org/details/bub_gb_49ShIlvGAF4C/page/n67/mode/2up (accessed February 20, 2020).

Hernández-Cerda M, Carrasco-Anaya G. 2004. Climatología. *In*: Luna-Vega I, Morrone J, Espinosa D, eds. *Biodiversidad de la Sierra Madre Oriental*. México, DF: Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 63-108. ISBN 970-32-1526-2

Hernández-Hernández V, Terrazas T, Delgadillo MC. 2009. The *Dryopteris patula* complex (Dryopteridaceae) in México: morphometric analysis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **85**: 103-112. DOI: https://doi.org/10.17129/botsci.2308

Hilbe JM. 2007. STATISTICA 7: An Overwiew. *The American Statistician* **61**: 91-94, DOI: https://doi.org/10.1198/000313007X172998

Ishida K, Yoshimaru H, Ito H. 2003. Effects of Geitonogamy on the Seed Set of *Magnolia obovata* Thunb. (Magnoliaceae). *International Journal of Plant Sciences* **164**: 729-735. DOI: https://doi.org/10.1086/376812

Jiménez-Mejías P, Cohen JI, Naczi RF. 2017. The study of online digitized specimens revalidates *Andersonglossum boreale* as a species different from *A. virginianum* (Boraginaceae). *Phytotaxa* **295**: 22-34. DOI: https://doi.org/10.11646/phytotaxa.295.1.2

Jiménez-Ramírez JK, Vega-Flores R, Cruz-Durán C, Vázquez-García JA. 2007. *Magnolia guerrerensis* (Magnoliaceae), una especie nueva del bosque mesófilo de montaña del estado de Guerrero, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **80**: 73-76. DOI: https://doi.org/10.17129/botsci.1746

Johnson DE. 2000. *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. México: International Thomson Editores, ISBN: 968-7529-90-3

Kang Y, Ejder E. 2011. *Magnolia sprengeri* Pamp.: Morphological variation and geographical distribution. *Plant Biosystems* **145**: 906-923. DOI: https://doi.org/10.1080/11263504.2011.633352

Klein LL, Caito M, Chapnick C, Kitchen C, Hanlon RO, Chitwood DH, Miller AJ. 2017. Digital morphometrics of two North American grapevines (*Vitis*: Vitaceae) quantifies leaf variation between species, within species, and among individuals. *Frontiers in Plant Science* **8**: 373. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00373

Leiboff S, Li X, Hu HC, Todt N, Yang J, Li X, Yu X, Muehlbauer GJ, Timmermans CPM, Yu J, Schnable PS, Scanlon MJ. 2015. Genetic control of morphometric diversity in the maize shoot apical meristem. *Nature Communications* **6**: 8974. DOI: https://doi.org/10.1038/ncomms9974

Lozano-Contreras G. 1994. *Dugandiodendron y Talauma (Magnoliaceae) en el Neotropico*. Santafé de Bogotá, DC, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. pp: 1-147. ISBN 958-9205-00-3

Lozoya LX. 1994. *Plantas, medicina y poder: breve historia de la herbolaria mexicana.* México, DF: Editorial Pax México, Librería Carlos Césarman, S.A., pp. 176-196. ISBN 968-860-490-9

Ludwig JA, Reynolds JF. 1988. *Statistical ecology*. New York: John Wiley and Sons. ISBN 0-471-83235-9.

Luna-Vega I, Alcántara-Ayala O, Contreras-Medina R, Ponce-Vargas A. 2006. Biogeography, current knowledge and conservation of threatened vascular plants characteristic of Mexican temperate forests. *Biodiversity and Conservation* 15: 3773-3799. DOI: https://doi.org/10.1007/s10531-005-5401-1

Marhold K. 2011. Multivariate morphometrics and its application to monography at specific and infraspecific levels. *In:* Stuessy TF, Lack HW, eds. *Monographic at specific and infraspecific assessment of plant biodiversity.* Gantner Verlag, Ruggell, Liechtenstein, pp. 73-99. ISBN 9783906166988

Maya-García R, Torres-Miranda A, Cuevas-Reyes P, Oyama K. 2019. Diferenciación morfológica entre poblaciones de *Quercus elliptica* Née (Fagaceae) a lo largo de un gradiente ambiental en México y América Central. *Botanical Sciences* **98**: 50-65. DOI: https://doi.org/10.17129/botsci.2395

McCune B, Grace JB. 2002. *Analysis of ecological communities*. Gleneden Beach, Oregon: MjM Software Design. ISBN-13: 978-0972129008

McIntyre S, Lavorel S, Landsberg J, Forbes TDA. 2009. Disturbance response in vegetation–towards a global perspective on functional traits. *Journal of Vegetation Science* **10**: 621-630. DOI: https://doi.org/10.2307/3237077

Medrano-Hernández J, Rodríguez de la O JL, Reyes-Trejo B, Peña-Ortega G. 2017. Molecular characterization using ISSR primers of *Magnolia mexicana* DC. from two regions in Zongolica, Veracruz, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* **23**: 427-436. DOI: https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.03.019

Palacios E. 2006. *Ficha técnica de Magnolia mexicana. Cuarenta y ocho especies de la flora de Chiapas incluidas en el PROY-NOM-059-ECOL-2000*. México, DF: Instituto de Historia Natural y Ecología. Bases de datos

SNIB-CONABIO. Proyecto No. W008. http://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-W008 (accessed February 20, 2020).

Pennington T, Sarukhán J. 1998. *Arboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. México: Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. ISBN 9683664288

Pérez-Atilano Y, Sánchez-González A, Terrazas T, Vasco A. 2018. Análisis morfológico y anatómico del complejo *Myriopteris lendigera* (Pteridaceae) en México. *Brittonia* **70**: 40-59. DOI: https://doi.org/10.1007/s12228-017-9496-y

Povilus RA, Losada JM, Friedman WE. 2014. Floral biology and ovule and seed ontogeny of *Nymphaeathermarum*, a water lily at the brink of extinction with potential as a model system for basal angiosperms. *Annals of Botany* **115**: 211-226. DOI: https://doi.org/10.1093/aob/mcu235

Rohlf FJ. 2005. Geometric morphometrics simplified. *Trends in Ecology and Evolution* **20**: 13-14.

Rose JP, Kriebel R, Sytsma KJ. 2016. Shape analysis of moss (Bryophyta) sporophytes: insights into land plant evolution. *American Journal of Botany* **103**: 652-662. DOI: https://doi.org/10.3732/ajb.1500394

Ruiz-Jiménez CA, Téllez-Valdés O, Luna-Vega I. 2012. Clasificación de los bosques Mesófilos de montaña de México; afinidades de la flora. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **83**: 1110-1144. DOI: https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2012.4.1012

Rzedowski J. 2015. Catálogo preliminar de las especies de árboles silvestres de la Sierra Madre Oriental. *Flora del Bajío y de regiones adyacentes*. **30 (**fascículo complementario**)**: 1-14.

Sánchez-Cuahua R. 2016. *La Magnolia mexicana (DC) G. Don, en la Sierra de Zongolica, Ver: estudio poblacional y conocimiento tradicional*. BSc Thesis . Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.

SEMARNAT [Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales]. 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. *Diario Oficial de la Federación*. 2da Sección, 30 de diciembre de 2010.

Standley PC. 1920. Trees and Shrubs of Mexico. Washington, Govt. Printing Office, pp. 1920-1926. https://www.biodiversitylibrary.org/item/53162#page/2/mode/1up (accessed February 20, 2020).

Standley PC, Steyermark JA. 1946. *Flora of Guatemala*, Fieldiana, Botany 24. Chicago: Chicago Natural History Museum, pp. 266-269. https://www.biodiversitylibrary.org/item/19662#page/7/mode/1up (accessed April 29, 2020).

Sultan SE. 1995. Phenotypic plasticity and plant adaptation. *Acta Botanica Neerlandica* **44**: 363-383. DOI: http://natuurtijdschriften.nl/record/541017

Tsukaya H. 2018. A consideration of leaf shape evolution in the context of the primary function of the leaf as a photosynthetic organ. *In*: Adams WW, Terashima I, eds. *The leaf: a platform for performing photosynthesis*. Cham: Springer, pp. 1-26. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93594-2_1

UICN. [Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza]. 2012. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1, Segunda edición*. Gland, Suiza y Cambridge, UK: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. ISBN: 978-2-8317-1539-1

Valladares F, Sánchez-Gómez D, Zavala MA. 2006. Quantitative estimation of phenotypic plasticity: bridging the gap between the evolutionary concept and its ecological applications. *Journal of Ecology* **94**: 1103-1116. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2006.01176.x

Vázquez-García JA. 1994. Magnolia (Magnoliaceae) in Mexico and Central America: A Synopsis. *Brittonia* **46**: 1-23. DOI: https://doi.org/10.2307/2807454

Vázquez-García JA, De Castro-Arce E, Muñiz-Castro MA, Cházaro-Basáñez MJ. 2012a. *Magnolia zoque-popolucae* (subsection *Talauma*, Magnoliaceae), a new species from Sierra de Santa Marta, Veracruz, México *Phytotaxa* **57**: 51-55. DOI: https://doi.org/10.11646/phytotaxa.57.1.7

Vázquez-García JA, Gómez-Domínguez H, López-Cruz A, Espinosa-Jiménez JA, Sahagún-Godínez E, Muñiz-Castro MA. 2013a. *Magnolia perezfarrerae* a new species and a key to Mexican species of *Magnolia* section *Talauma* subsection *Talauma* (Magnoliaceae) *Botanical Sciences* **91**: 1-9. DOI: https://doi.org/10.17129/botsci.421

Vázquez-García JA, Muñiz-Castro MÁ, Arroyo F, Pérez ÁJ, Serna M, Cuevas-Guzmán R, Gurrola-Díaz CM. 2013b. Novelties in neotropical *Magnolia* and an addendum proposal to the IUCN Red List of Magnoliaceae. *In*: Vázquez-García JA, Múñiz-Castro MÁ, Salcedo Pérez E, Hernández Álvarez E, Escoto García T, Díaz Echavarría N, eds. *Recursos Forestales en el Occidente de México: Diversidad, Manejo, Producción, Aprove-*

chamiento y Conservación. Guadalajara: Universidad de Guadalajara, pp. 461-496. ISBN 978-607-8072-73-6

Vázquez-García JA, Muñiz-Castro MA, De Castro-Arce E, Murguía-Araiza R, Nuño-Rubio AT, Cházaro BM. 2012b. Twenty new Neotropical tree species of *Magnolia* (Magnoliaceae). *In*: Salcedo-Pérez E, eds. *Recursos forestales del occidente de México: Diversidad, manejo, aprovechamiento y conservación*. Guadalajara, Jalisco: Serie Fronteras de Biodiversidad, Universidad de Guadalajara, pp. 1-131.

Villaseñor JL. 2010. *El bosque húmedo de montaña de México y sus plantas vasculares; catalogo florístico-taxonómico*. México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 978-607-02-1557-5

Vite A. 2016. *Estructura poblacional de Magnolia schiedeana Schltl. en dos ambientes contrastantes en el estado de Hidalgo, México*. MSc. Thesis. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Waizel-Bucay J. 2002. Uso tradicional e investigación científica de *Talauma mexicana* (D.C.) Don., o flor del corazón. *Revista Mexicana de Cardiología* **13**: 31-38.

Wang L, Xiao AH, Ma LY, Chen FJ, Sang ZY, Duan J. 2017. Identification of *Magnolia wufengensis* (Magnoliaceae) cultivars using phenotypic traits, SSR and SRAP markers: Insights into breeding and conservation. *Genetics and Molecular Research* **16**: 1-17. DOI: https://doi.org/10.4238/gmr16019473

Wang YB, Liu BB, Nie ZL, Chen HF, Chen FJ, Figlar RB, Wen J. 2020. Major clades and a revised classification of *Magnolia* and Magnoliaceae based on whole plastid genome sequences via genome skimming. *Journal Systematic Evolution* **58**: 673-695. https://doi.org/10.1111/jse.12588

White JJ, McVaugh R, Kiger RW, Reynolds FA, Sessé M, Moziño JM, Dios Vicente de la Cerda JD. 1998. Torner collection of Sessé and Mociño biological illustrations. Hunt Institute for

Botanical Documentation and The Universal Library. https://www.huntbotanical.org/databases/show.php?11 (accessed March, 2020).

Yang M, Shi SG, Liu W, Zhang M, Gou L, Kang YX, Liu JJ. 2015. Phenotypic variation and diversity of *Magnolia sprengeri* Pamp. in native habitat. *Genetic and Molecular Research* **14**: 6495-650. DOI: https://doi.org/10.4238/2015.June.12.2

Zhang XH, Xia NH. 2007. Leaf architecture of subtribe *Micheliinae* (Magnoliaceae) from China and its taxonomic significance. *Acta Phytotaxonomica Sinica* **45**: 167-19.

Zúñiga AE, Sánchez-González A, Granados-Sánchez D. 2009. Análisis de la variación morfológica foliar en *Quercus laeta* Liebm. en el Parque Nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15: 87-93.

Editor de sección: Monserrat Vázquez Sánchez

Contribuciones de los autores: MGL realizó el trabajo de campo, análisis de resultados y escritura del artículo, JAVG, proporcionó información sobre la poblaciones y apoyo en la discusión de resultados, JLRO, realizó trabajo de campo y colaboró en el análisis de resultados, POA revisó los datos y colaboró en el análisis estadístico, DMGH, colaboró en el análisis de resultados, ASG, realizó el trabajo de campo, escritura y discusión de resultados.

Apéndice 1

Descripción botánica de Magnolia mexicana (DC.) G. Don. Árboles.- perennifolios de copa amplia y redonda. Miden de 12 a 40 m de altura, con diámetro de hasta 1.35 m. Tronco erguido; corteza ligeramente fisurada, con coloración grisácea a pardo amarillenta en los individuos adultos. Presenta lenticelas blanquecinas glabras, café oscuro; peciolos 6.1-12.2 × 0.2-0.4 cm, glabros; láminas foliares elípticas a oblongo elípticas 18.2-37.1 × 9.5-16.3 cm, base aguda, ápice agudo a obtuso, a veces ligeramente emarginado, la base cuneada a truncada y el margen entero con 5-11 venas secundarias laterales por lado; pedúnculo glabro 6.1-12.2 × 0.2-0.4 cm con tres o cuatro cicatrices pedunculares, botones florales anchamente elipsoides con dos hipsófilos, con pubescencia verde-amarillenta; flor abierta, tres sépalos obovados truncados en la base, de ápice redondo, verdosos, glabros y a menudo glaucos de 6.3-10.2 × 4.0-7.2 cm, adaxialmente blanco crema, abaxialmente verdes; seis pétalos, en dos ciclos, los exteriores obovados 3.8-6.6 × 5.8-8.7 cm, de ápice redondo, blancos, ocasionalmente con una mancha color purpura en la base; tres pétalos internos obovados 5.8-8.7 × 2.9-4.9 cm; eje floral 4.9-7.0 cm de largo; estambres lineares 131-213 (-262), 1.2-1.8 × 0.2-1.0 cm, carnosos, amarillos, redondeados a obtusos en el ápice de color marrón oscuro; gineceo ovoide, de color blanco-crema, pubescente; carpelos aplanados 33-65 (-85), 2.2-3.2 × 0.4-0.6 cm, blancos en disposición helicoidal, estriados en la base, dorsalmente rugosos, con ápice ascendente; fruto cerrado ovoide 10.2-14.2 (-15) × 7.9-10.8 (-13) cm, pardo verdoso y ligeramente pubescente, compuesto de numerosos folículos leñosos. Dehiscencia circuncisa. Fruto abierto de 6.8-9.4 (-11) cm de diámetro, cada folículo contiene una o dos semillas lateralmente comprimidas, presenta de 26-81 (-86) semillas obovadas, rodeadas por una sarcotesta rojo-naranja, la cual se seca rápidamente adquiriendo coloración marrón. Debajo de la sarcotesta hay una cubierta castaña, crustácea y opaca que contiene abundante endospermo y un embrión diminuto cerca de la base.

Fenología y requerimientos ecológicos. La producción de botones florales y flores en *M. mexicana* inicia en el periodo de marzo a mayo, y la fructificación inicia en los meses de julio y agosto (Sánchez-Cuahua, 2016), culminando en marzo o abril del siguiente año. Sin embargo, se observó que la floración puede extenderse hasta el mes de octubre (localidad Vista Hermosa, Cosautlán de Carvajal). Las poblaciones de *M. mexicana* se desarrollan en zonas serranas de los estados de Oaxaca, Puebla y Veracruz, formando parte del bosque tropical perennifolio, brindando sombra a los cultivos de café y maíz; prosperan desde los 450 hasta los 1,500 m snm. Generalmente están constituidas por pocos individuos aislados; en las localidades La Tuza, Las Margaritas y Vista Hermosa, la densidad es de 5-7 árboles.

Importancia y usos. M. mexicana o también conocida como Yoloxóchitl que en lengua náhuatl significa flor de corazón, tiene una historia de aplicaciones medicinales que se remontan a la época prehispánica en México. Las flores y corteza se utilizan para tratar afecciones cardiacas (Waizel-Bucay 2002, Sánchez-Cuahua 2016), la infusión de la corteza se usa en medicina casera contra la hipertensión arterial, y las flores se emplean como antiespasmódicas para aromatizar el chocolate. También se usa con fines rituales, como planta de ornato en patios, parques y jardines, por su follaje exuberante y por la belleza y aroma de sus flores, como en el caso del municipio de Magdalena (Veracruz), donde solo se conservan dos o tres árboles en la plaza cívica. En la localidad de Zapotla (Zongolica, Veracruz), los frutos maduros son colectados para venderlos en pueblos aledaños, su precio oscila entre $15 y $20 pesos de acuerdo con el tamaño; las semillas son utilizadas para tratar parálisis.